



Neve e Valanghe

Meteorologia alpina, Glaciologia, Prevenzione e Sicurezza in montagna

anno 2023

SPECIALE QUARANTENNALE 1983-2023

97



Indirizzi e numeri telefonici dei Servizi Valanghe AINEVA

REGIONE PIEMONTE

ARPA Piemonte
Dipartimento Rischi naturali e ambientali
Via Pio VII 9 - 10135 Torino
Tel 011 19681340 - fax 011 19681341
<http://www.arpa.piemonte.it>
e-mail: dip.rischi.naturali.ambientali@arpa.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

PRESIDENZA DELLA REGIONE
Dipartimento Protezione civile e Vigili del fuoco
Centro Funzionale e Pianificazione
Loc. Amerique, 33 - 11020 QUART (AO)
e-mail: protezionecivile@pec.regione.vda.it
Tel. 0165-776604

REGIONE LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali
U.O. Centro Nivometeorologico
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio (SO)
Tel. 0342 914400
<http://www.arpalombardia.it>
e-mail: nivometeo@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Servizio prevenzione rischi
Ufficio previsioni e pianificazione
Via Vannetti 41 - 38122 Trento
Tel. 0461 494870 - Fax 0461 238305
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0461 238939
Self-fax 0461 237089
<http://www.meteotrentino.it>
e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Meteorologia e Prevenzione
Valanghe
Viale Druso, 116 - 39100 Bolzano
Tel.: +39 0471 416140
<https://valanghe.report>
<https://meteo.provincia.bz.it>
e-mail: meteovalanghe@provincia.bz.it
telefono info meteo:
0471 270555
0471 271177

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5 - 32020 Arabba (BL)
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319
<http://www.arpa.veneto.it>
e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Protezione civile della Regione
Nucleo Valutazione Rischio Valanghe
Servizio di Previsione e Prevenzione
Via Natisone 43
33057 PALMANOVA (UD)
Tel 0432 926111

REGIONE MARCHE

Servizio Protezione Civile
Centro Funzionale Multirischi
Via del Colle Ameno, 5 - 60126 Ancona
Tel. 071 8067743 - Fax 071 8067709
<http://protezionecivile.regione.marche.it>
e-mail: spc.centrofunzionale@regione.marche.it

Sede AINEVA

Vicolo dell'Adige, 27
38122 Trento
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225
<http://www.aineva.it>
e-mail: aineva@aineva.it

Gli utenti di "NEVE E VALANGHE"

- Sindaci dei Comuni Montani
- Comunità Montane
- Commissioni Locali Valanghe
- Prefetture montane
- Amministrazioni Province Montane
- Genii Civili
- Servizi Provinciali Agricoltura e Foreste
- Assessorati Reg./Provinciali Turismo
- APT delle località montane
- Sedi Regionali U.S.T.I.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- Ministero della Protezione Civile
- Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- Scuole di Sci
- Club Alpino Italiano
- Scuole di Scialpinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

Neve e Valanghe

n 97 anno 2023

Rivista dell'AINEVA
ISSN 1120 - 0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994

Direttore Responsabile
Valerio SEGOR
Regione Autonoma Valle d'Aosta

Comitato di redazione:
Erika SOLERO, Giovanna BURELLI,
Matteo FIOLETTI, Walter BEOZZO,
Paola DELLAVEDOVA, Mauro VALT, Stefano SOFIA,
Elena BARBERA, Igor CHIAMBRETTI

Coordinamento Redazionale:
Erika SOLERO

Comitato scientifico editoriale:
Alessio SALANDIN, Claudio GARLATTI
Paolo SANDRONI, Gianni MARIGO, Michela MUNARI,
Maria Luisa PASTORE, Valerio SEGOR, Mauro GADDO

Segreteria di Redazione:
ASSOCIAZIONE INTERREGIONALE
DI COORDINAMENTO E DOCUMENTAZIONE PER I
PROBLEMI INERENTI ALLA NEVE E ALLE VALANGHE
Vicolo dell'Adige, 27 - 38122 TRENTO
Tel. +39 0461 230305 - Fax +39 0461 232225
aineva@aineva.it - aineva@pec.aineva.it
www.aineva.it

Videoimpaginazione e grafica:
MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
www.mottarella.com
Cosio Valtellino (SO)

**Hanno collaborato
a questo numero:**
Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Preghenella, Elena Barbera.

Gli articoli e le note firmate esprimono
l'opinione dell'Autore e non impegnano l'AINEVA.

Referenze fotografiche:
Foto di copertina: Bagarolo Manuel - Unione
Valdostana Guide Alta Montagna

Massimo Farcoz e Paolo Bracco: 3
Estella Barbera: 5-6
Sarah Graf: 7
Andrea Debernardi: 27
Manuel Bagarolo: 31

Se non diversamente specificato in didascalia, le
foto contenute negli articoli sono degli autori.

Edizione cartacea speciale
stampata in occasione del quarantennale AINEVA.
La rivista dal numero 90 è consultabile
solo in versione digitale sul sito di AINEVA.

97

**SPECIALE
QUARANTENNALE
1983-2023**

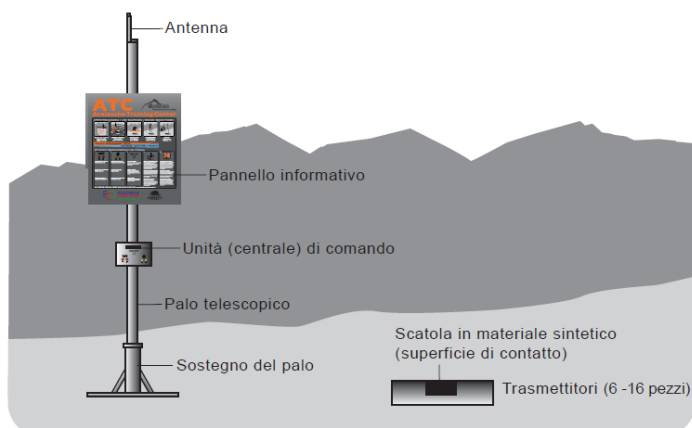
- 6 **AINEVA OGGI**
Come è strutturata AINEVA oggi
dopo 40 anni di storia
a cura degli Uffici delle regioni e province autonome afferenti ad AINEVA
- 14 **QUARANTA ANNI DI FORMAZIONE IN AINEVA**
di Igor Chiambretti
- 26 **IL RUOLO DI AINEVA IN EAWS**
di Anselmo Cagnati
- 30 **INCIDENTI DA VALANGA SULLE
ALPI MERIDIONALI**
40 anni di informazioni
di Mauro Valt
- 40 **40 ANNI DI CAMBIAMENTI
SOCIALI E TECNOLOGICI**
Evoluzione sociale, tecnica e scientifica
nel campo degli incidenti da valanga
di Stefano Pivot
- 46 **LA RISORSA NIVALE SWE SULLE ALPI
ORIENTALI**
Variazioni climatiche e ultimi inverni nelle
Dolomiti e Prealpi Venete
di Mauro Valt
- 54 **SCAVA VICINO, SCAVA VELOCE**
Uno studio sulle conseguenze della scelta del
punto di inizio scavo nell'autosoccorso in valanga
di Davide Rogora e Gianni Perelli Ercolini
- 62 **CRESTA DEL MONTE VIOZ 3645 m**
Monitoraggio dei processi morfogenetici connessi
alla degradazione del permafrost
di Matteo Zumiani, Roberto Seppi, Francesco Zucca,
Thomas Zanoner, Monica Tolotti, Luca Carturan
- 70 **SIMULARE VALANGHE DI NEVE DENSA**
Un confronto sistematico tra alcuni
modelli operativi 2D
di Negri Davide, Rosatti Giorgio, Bee Carlo, Zugliani Daniel,
Martinelli Michele

TRAINING

ATC AVALANCHE TRAINING CENTER

Avalanche Training Center ATC è un impianto fisso che ha lo scopo di esercitare la ricerca di sepolti in valanga con apparecchi a.r.t.va (Apparecchio Ricerca Travolti in Valanga) e con sonde (fase di localizzazione).

L'impianto può gestire un minimo di 6 fino a un massimo di 16 trasmettitori che saranno sepolti nel campo di ricerca e che trasmettono con le medesime frequenze degli a.r.t.va in commercio. I trasmettitori possono essere attivati a distanza da centrale di comando in modo casuale (modalità esercizio) oppure manualmente (modalità esperti). Queste possibilità permettono di simulare la ricerca con scenari di seppellimento semplici o complessi (con più sepolti). **Campi di applicazione:** stazioni sciistiche, rifugi, comunità montane, scuole di sci e alpinismo.



PREVENZIONE

CP2011 & CP2022 AVALANCHE CHECKPOINTS

Gli esclusivi e versatili CP2011 e CP2022 offrono sicurezza a scialpinisti e praticanti ambiente innevato rilevando l'a.r.t.va in modalità trasmissione. Entrambi i dispositivi segnalano anche il passaggio nel caso in cui l'apparecchio di ricerca in valanga è spento o in modalità di trasmissione non attiva. CP2011 consente inoltre di registrare ogni passaggio, diventando così un sistema di conteggio persone.

Aree di applicazione: Stazioni sciistiche, rifugi, comunità montane.
Campi di applicazione avanzati per CP2011: Via ferrata, piste ciclabili, sentieri escursionistici.

info e personalizzazione pannello: professional@outback.it

A.R.T.VA.CHECK POINT

A.R.T.VA. PALA E SONDA POSSONO
SALVARE LA TUA VITA
E QUELLA DEI TUOI AMICI
THIS GEAR COULD SAVE YOUR
FRIENDS AND YOUR LIFE!

www 5 ■ www
www 5 ■ www

PROVA QUI IL TUO A.R.T.VA.
INTERVALLI DI 5 METRI
TRA UNO E L'ALTRO

DO YOU BEEP? CHECK IT HERE.
5 METERS INTERVALS
BETWEEN EACH OTHER

A.R.T.VA.
CHECKPOINT

CONSULTA IL
BOLLETTINO
GIORNALIERO
DELLE VALANGHE

SCAN HERE
TO CHECK
THE DAILY
AVALANCHE
BULLETIN

MOLTO FORTE

FORTE

MARCATO

MODERATO

DEBOLE

SOSTENUTO DA

POWERED BY

DISTRIBUITO DA

Outback 97
Via Baioni 24 - 14123 Bergamo (BG) Italy
Tel. 035361103
info@outback.it - professional@outback.it - www.outback.it



40 Anni di AINEVA - Impegno e Passione dedicati alla Neve e alle Valanghe

Il 20 settembre 1983 venne istituita l'AINEVA.

I frequenti contatti e le collaborazioni fino ad allora tenuti tra i vari servizi valanghe regionali e provinciali soprattutto nei momenti di emergenza fecero nascere la comune necessità di darsi regole, tecniche e metodi comuni, di coordinare iniziative volte ad aumentare la sicurezza di chi vive e frequenta le nostre montagne.

In queste "prime" quattro decadi, AINEVA ha svolto un ruolo cruciale nell'educare professionisti della montagna, così come appassionati di questo sfidante ambiente. Oggi celebriamo il nostro quarantesimo anniversario e possiamo guardare con orgoglio ciò che abbiamo realizzato e prepararci per le sfide che il futuro ci riserverà in questa ancora giovane "scienza" che a tutt'oggi ha ancora tanti aspetti da comprendere.

AINEVA ha lavorato instancabilmente promuovendo programmi di formazione e collaborando con associazioni ed esperti, fuori dai confini nazionali, che avevano ed hanno i nostri stessi obiettivi.

In questi anni stiamo assistendo a cambiamenti significativi nel nostro ambiente naturale. I mutamenti climatici già influiscono sulle dinamiche delle valanghe, rendendo il nostro lavoro ancora più complesso e chiedendoci di ulteriormente investire negli studi e nella ricerca per comprendere il comportamento sinergico di tutte le "forzanti" che influiscono sulle caratteristiche del manto nevoso e sulla sua stabilità.

Ma AINEVA non è solo "ambito tecnico" o codificazione di procedure: è stata e sarà sempre passione, stima e rapporti di amicizia che legano i nostri previsori, i loro capi ufficio, il nostro responsabile tecnico e le nostre instancabili colleghe della Segreteria. La neve ha il potere di unire le persone e noi siamo grati di poter celebrare questa connessione attraverso il nostro lavoro.

I primi 40 anni sono passati. Il magico mondo della neve e delle valanghe continuerà a stimolare il nostro interesse.

Che i prossimi quaranta anni siano altrettanto emozionanti e ricchi di realizzazioni.

Buon compleanno AINEVA!

Valerio Segor
Direttore Responsabile

40



ANNI 1983-2023 di AINEVA



AINEVA OGGI

A cura di:
Uffici delle regioni
e province autonome
affidenti ad AINEVA

COME È STRUTTURATA AINEVA OGGI DOPO 40 ANNI DI STORIA

AINEVA TODAY

AINEVA, the interregional association for coordination and documentation of snow and avalanche related issues, was set up in September 1983 by the 8 regions and autonomous provinces of the alpine range (Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, the autonomous provinces of Trento and Bolzano, Veneto and Friuli Venezia Giulia) as a centre for coordination and standardisation, initially related to operational methodologies. Over 4 decades, AINEVA has turned into a more and more structured organization, there have been many changes at administrative level, as well as the advancements and projects the Association has carried out, thus becoming a benchmark in the sector, at European and national level as well. Today as then, though pursuing common and coordinated objectives, the several offices that are part of AINEVA are obviously very different from each other, belonging to different administrative structures, each of them with its own peculiarities dictated by the characteristics of the territory and the particular activities carried out in that specific area.

Nel settembre del 1983 nasce AINEVA, l'Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla NEve e alle VAlanghe, voluta e fondata dalle 8 Regioni e Province Autonome dell'Arco alpino (Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Provincia Autonoma di Trento e Provincia Autonoma di Bolzano, Veneto e Friuli Venezia Giulia) come centro di coordinamento e standardizzazione inizialmente legato alle metodologie operative. Nel corso dei 4 decenni successivi AINEVA è diventata una realtà sempre più strutturata, molti sono stati i cambiamenti a livello amministrativo, così come le innovazioni e i progetti che l'Associazione ha portato avanti divenendo sempre più un riferimento nel settore sia in ambito europeo che a livello nazionale.

Oggi come allora, pur continuando a perseguire obiettivi comuni e coordinati, gli Uffici che aderiscono ad AINEVA sono inevitabilmente molto diversi tra loro, inseriti in Strutture amministrative differenti, ognuna con peculiarità dettate dalle caratteristiche del territorio e delle particolari attività condotte in esso.



Rifugio L
Inn. Sen
Inn. sen. 101a
Rifugio Auron
Misurina

40 ANNI DI AINEVA

Dalla metà del secolo scorso, in seguito allo sviluppo turistico delle zone montane, assume sempre più interesse l'attività di prevenzione rispetto ai fenomeni valanghivi in relazione alla sicurezza dei centri abitati e dei comprensori sciistici. A partire dal 1970, in virtù di quanto stabilito dall'art. 117 della Costituzione, alcune Regioni e Province Autonome dell'Arco alpino italiano istituiscono appositi Servizi che si occupano della prevenzione nel campo delle valanghe assorbendo anche alcuni uffici nati, in maniera indipendente, a partire dalla fine degli anni '50.

Nel settembre del 1983 nasce AINEVA, l'Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla NEve e alle VALanghe, voluta e fondata dalle 8 Regioni e Province Autonome dell'Arco alpino (Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Provincia Autonoma di Trento e Provincia Autonoma di Bolzano, Veneto e Friuli Venezia Giulia) come centro di coordinamento e standardizzazione inizialmente legato alle metodologie operative.

Nei 4 decenni successivi AINEVA è diventata una realtà sempre più strutturata, assumendo, già nei primi anni, un ruolo importante in ambito europeo come

membro fondatore dell'EAWS (European Avalanches Warning Services).

Molti sono stati i cambiamenti a livello amministrativo, così come le innovazioni e i progetti che l'Associazione ha portato avanti divenendo sempre più un riferimento nel settore, sia a livello nazionale che internazionale.

Nel 1993 viene istituita a Trento la sede associativa, dove ad oggi è impiegato il personale che si occupa dei contatti con gli Uffici associati e con l'utenza esterna, dell'organizzazione dei corsi e dell'attività amministrativa connessa a tutte le attività messe in campo dall'Ente.

Nel corso del tempo è emersa inoltre la necessità di acquisire un responsabile tecnico che fungesse da supporto all'attività del Gruppo Previsori e che assumesse la conduzione di alcuni progetti e della didattica che ormai, per la mole di tempo richiesto, non erano più interamente gestibili dalle risorse ordinarie interne agli Uffici valanghe.

Anche la composizione di AINEVA nel corso del tempo è cambiata: nel 1998 la Liguria ha abbandonato l'Associazione, trattandosi di un territorio che deve affrontare problematiche più legate alle alluvioni che non alle valanghe, mentre nel 2011

hanno aderito le Marche, prima Regione dell'Appennino in AINEVA.

I fondatori dell'Associazione hanno prestato subito molta attenzione all'aspetto divulgativo, istituendo nel 1984 la rivista quadrimestrale "Neve e Valanghe", distribuita in forma cartacea fino al 2017 ed ora accessibile sul sito internet dell'Associazione quale apprezzato organo di informazione ufficiale di AINEVA ed unica rivista in lingua italiana sulle tematiche di meteorologia alpina, nivologia, glaciologia, prevenzione e sicurezza in montagna. A partire dalla fine degli anni '80, l'Associazione ha iniziato ad occuparsi anche di formazione, dapprima rivolta perlopiù agli addetti ai lavori come gli osservatori nivologici e i membri delle commissioni locali valanghe. Ora AINEVA organizza corsi professionali riconosciuti a livello normativo che ne fanno il principale e autorevole ente di formazione del settore.

Oggi come allora, pur continuando a perseguire obiettivi comuni e coordinati, gli Uffici che aderiscono ad AINEVA sono inevitabilmente molto diversi tra loro, inseriti in Strutture amministrative differenti, ognuna con peculiarità dettate dalle caratteristiche del territorio e delle particolari attività condotte in esso. Di seguito presentiamo una breve descrizione di quello che è, oggi, l'Ufficio valanghe di ogni Regione/Provincia Autonoma.

PIEMONTE

Oggi l'ufficio neve e valanghe piemontese fa parte della Struttura Semplice "Monitoraggio e studi geologici" del Dipartimento rischi Naturali ed Ambientali di Arpa Piemonte e si occupa delle tematiche inerenti la previsione del pericolo e del rischio valanghe. Grazie alla rete di rilevamento costituita da 79 stazioni automatiche e 35 campi neve manuali per la compilazione del mod1 AINEVA, gestiti grazie alla collaborazione con enti esterni presenti sul territorio (parchi, gestori idroelettrici...), vengono quotidianamente raccolti i dati di altezza del manto nevoso e altre sue caratteristiche. Questi dati si sommano a ulteriori 5-15 rilievi stratigrafici itineranti a settimana, eseguiti dagli 8 tecnici dell'uf-

*Gruppo Previsori
AINEVA che si è svolto
sui Monti Sibillini nel
febbraio del 2023.*





Aggiornamento in aula dei previsori Valanghe di AINEVA.

ficio e/o da collaboratori esterni, durante i quali vengono effettuati anche test di stabilità a quote ed esposizioni diverse su pendii ritenuti rappresentativi. L'insieme delle informazioni vengono utilizzate dai tecnici previsori dell'ufficio per la redazione del bollettino valanghe e del bollettino di allertamento regionale, emesso quotidianamente dal Centro Funzionale di Arpa per scopi di protezione civile. Il bollettino valanghe, consultabile sia sul sito di AINEVA che su quello di Arpa Piemonte, si compone di 14 meteonivozone per una superficie totale di 9639 km².

Nell'ultimo decennio si è prestata particolare attenzione alla comunicazione verso il pubblico, realizzando in autonomia diversi nuovi prodotti, come ad esempio il video bollettino, prodotto dai nivologi dell'ufficio con il materiale raccolto in campo durante i rilievi settimanali, la mailing list e il blog settimanale.

Annualmente, viene organizzato da Arpa il convegno di presentazione del rendiconto nivometrico, in occasione del quale vengono anche trattati temi di particolare interesse o attualità riguardo la montagna. Negli ultimi anni il convegno è stato organizzato con la collaborazione dell'ufficio valanghe valdostano e seguito online da diverse centinaia di persone.

Durante la stagione invernale l'ufficio partecipa a giornate divulgative organizzate da terzi, come ad esempio le serate di formazione con il CAI o all'evento "Sicuri con la neve" organizzato dal Soccorso Alpino; inoltre contribuisce all'organizzazione dei corsi proposti da AINEVA, programmando annualmente moduli di formazione sul proprio territorio.

Infine, l'ufficio si occupa della gestione e dell'aggiornamento del catasto e della cartografia e valanghe; grazie ad uno specifico progetto, nel 2020 quest'ultima è stata completata per quanto le principali aree antropizzate. Ad oggi nella banca dati sono censiti e documentati 4123 siti valanghivi con più di 3400 documenti a corredo delle schede informative, consultabili sul geoportale di Arpa Piemonte <https://geoportale.arpa.piemonte.it/app/public/>.

VALLE D'AOSTA

L'Ufficio Neve e Valanghe della Regione Autonoma Valle d'Aosta è parte del Centro funzionale e pianificazione – Dipartimento protezione civile e vigili del fuoco della Presidenza della Regione. Dal 2009 è in essere una Convenzione con la Fondazione Montagna sicura per la gestione, implementazione e sviluppo di azioni di monitoraggio in materia di neve e valanghe e per la ge-

stione del rischio valanghivo.

Sono 5 i previsori che si occupano del Bollettino Neve e Valanghe, valido su tutto il territorio della Regione, pari ad una superficie di 3263 km². Per la sua realizzazione ci si avvale di dati forniti da 32 stazioni di rilevamento manuale AINEVA e da 102 stazioni automatiche nivometeorologiche; su n. 8 stazioni automatiche gira il modello di simulazione del manto nevoso "snowpack" anche in forecast. Inoltre durante la stagione invernale vengono settimanalmente effettuati dai 4 ai 7 rilievi itineranti in base alle condizioni in atto. Gli enti che collaborano nella raccolta dei dati sono: Commissioni locali valanghe, Guardaparco del Parco Nazionale del Gran Paradiso e Parco Regionale del Mt. Avic, Guardiani dighe CVA, Società degli impianti di risalita, Gestori rifugi alpini, Guardia di Finanza, Corpo Forestale della Valle d'Aosta, Guide Alpine, Soccorso Alpino valdostano e rilevatori regionali.

A corredo del Bollettino sono consultabili, sul sito istituzionale della Regione, le Condizioni nivometeorologiche degli ultimi 7 giorni, le mappe neve, i grafici delle serie storiche di temperatura e di altezza neve. A questi si affianca lo strumento Webgis denominato VDA Outdoor GIS. E' in essere la collaborazione con la Sede regionale



della Rai, con interventi sia al TG3 regionale, sia nella trasmissione Buongiorno Regione. L'ufficio si occupa dell'emissione giornaliera della parte valanghiva del Bollettino di criticità ai fini di protezione civile. Altra attività dei previsori è l'aggiornamento del database del Catasto regionale valanghe. Ad oggi i siti censiti sono 2.310 dei quali sono noti 12.040 eventi valanghivi. L'Ufficio è inoltre incaricato di formulare pareri ai fini dell'autorizzazione per la realizzazione di progetti in area valanghiva, ai sensi dell'art. 37 della L.R. 11/98.

Nel corso degli anni l'Ufficio si è occupato di divulgare la tematica valanghiva al largo pubblico, organizzato la docenza dei corsi AINEVA di livello 2 e 3 e curato l'aggiornamento annuale indirizzato ai membri delle 16 Commissioni locali valanghe. Dal 2005 pubblica il Rendiconto nivometeorologico. È attiva inoltre la partecipazione dell'Ufficio al Gruppo Previsori Europeo – EAWS e all'ICAR - International Commission for Alpine Rescue.

LOMBARDIA

Il Centro Nivometeorologico di Bormio (So) è una struttura facente parte del Servizio idro, Nivo, Meteo e Clima di ARPA Lombardia, afferente al Settore Rischi Naturali, Clima e Usi Sostenibili delle acque; costituito già nel 1956 è l'ufficio con la storia più lunga sulle Alpi italiane.

La regione Lombardia ha una superficie totale pari a 23869 km² con una porzione di territorio montuoso (alpino, prealpino e

appenninico) che ricopre una superficie di 9291 Km² che è stata suddivisa in 10 nivozone omogenee.

Durante gli anni il personale tecnico ha subito un progressivo ridimensionamento, e attualmente consta di 4 previsori attivi. La rete di stazioni nivometeorologiche automatiche dislocate capillarmente sul territorio regionale si compone di 47 unità, alle quali si aggiungono 27 stazioni manuali di rilevamento dati.

Per valutare la stabilità del manto nevoso sull'intero arco montuoso lombardo, i tecnici del CNM svolgono mediamente circa 130 rilievi itineranti, con dislivelli percorsi variabili dai 500 ai 1000 m.

Il Centro si avvale della collaborazione del collegio Guide alpine della Lombardia, del Soccorso Alpino della Guardia di Finanza, del personale tecnico di Enel e di svariati comprensori sciistici per integrare la raccolta dati.

Oltre al Bollettino di Pericolo Valanghe, emesso quotidianamente dal lunedì al sabato nel periodo 1 dicembre - 30 aprile, il CNM emette anche il Bollettino di Vigilanza Valanghe ai fini di protezione civile per l'elaborazione delle Allerte di Protezione civile per rischio valanghe, emesse dal Centro Funzionale Monitoraggio Rischi regionale.

Il Centro fa parte del Comitato di Indirizzo e Monitoraggio che presiede l'attività dei Nuclei Tecnici Operativi Valanghe per il monitoraggio del rischio valanghe e il supporto alle decisioni degli Enti Locali

nella fase di gestione dell'emergenza, coordinando l'attività di raccolta dati svolta dai nivologi, standardizzando l'attività di monitoraggio e di condivisione delle informazioni.

Presso il Centro Nivometeorologico vengono organizzati annualmente corsi ed attività didattica Aineva (modulo 2 a - Osservatore nivologico, e moduli 2 c e 2 d - Direttore delle operazioni e Responsabile della sicurezza).

La cartografia valanghe viene gestita direttamente dal CNM; i dati vengono pubblicati ed aggiornati annualmente sul Geoportale regionale <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>. I siti valanghivi censiti con scheda sull'intera montagna lombarda sono 9192.

Nei periodi primaverile ed estivo, il Centro svolge campagne di misura SWE (snow water equivalent) al fine di quantificare la riserva idrica disponibile, monitora svariati ghiacciai lombardi con lo scopo di quantificarne i bilanci di massa annuali e rilascia pareri tecnici in merito al pericolo di valanghe per gli impianti a fune adibiti al trasporto di persone.

VENETO

Per il territorio montano della Regione del Veneto, fin dal 1981, le competenze e la gestione delle tematiche relative a neve e valanghe sono affidate al Centro Valanghe di Arabba, che attualmente è strutturalmente inquadrato come Unità Organizzativa Neve, Valanghe e Stabilità dei Versanti, all'interno del Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio dell'A.R.P.A. Veneto.

Fra le principali attività istituzionali, oltre all'emissione del Bollettino di pericolo valanghe, ai fini di protezione civile e supporto ad enti pubblici, agenzie ed organismi di protezione civile nella gestione locale del rischio valanghe, partecipa al sistema di allertamento regionale, svolgendo le funzioni di competenza del Centro Funzionale Decentrato in materia di rischio valanghivo. Inoltre effettua studi e analisi e offre supporto tecnico sul tema della difesa dei versanti, del dissesto idrogeologico e dei relativi sistemi di monitoraggio e allarme.

Il monitoraggio dei ghiacciai, lo studio del permafrost e della risorsa idrica nivale anche attraverso il telerilevamento sono altri argomenti trattati in ambito istituzionale e come non mai osservati speciali di questi ultimi anni a causa del riscaldamento globale.

Fin dalla sua nascita il Centro Valanghe di Arabba riveste un ruolo importante nell'ambito della previsione valanghe e della nivologia, che ha permesso tra le altre cose, anche attraverso progetti europei e internazionali con università o altri enti, di partecipare al Programma Nazionale di Ricerca in Antartide e Artico (PNRAA).

La previsione valanghe, valida per il territorio montano regionale di competenza che conta circa 5400 Km² esteso fra le Dolomiti e le Prealpi venete, viene garantita da quattro previsori valanghe che si avvalgono di una rete di monitoraggio nivometeorologica composta da 23 stazioni automatiche e da 21 stazioni tradizionali che convogliano ogni anno oltre 200 rilievi del manto nevoso. Di fondamentale importanza risulta anche la previsione meteo che a tutt'oggi viene garantita da previsori meteo operativi presso la struttura di Arabba.

Oltre al personale interno specializzato di A.R.P.A. Veneto, la raccolta di dati, informazioni e documenti relativi alle condizioni

del manto nevoso, alla stabilità e ad eventi valanghivi viene garantita anche con il supporto del Soccorso Alpino e Speleologico del Veneto, del Soccorso Alpino della Guardia di Finanza, dalle Guide Alpine del Veneto e dal servizio Meteomont dei Carabinieri Forestali.

Ampio spazio viene dedicato alla formazione in ambito ambientale, in particolare nei corsi organizzati e gestiti dall'AINEVA, nel settore della neve, delle valanghe e della meteorologia alpina specie a favore di tutte quelle figure professionali pubbliche e/o private che operano nel settore della montagna invernale.

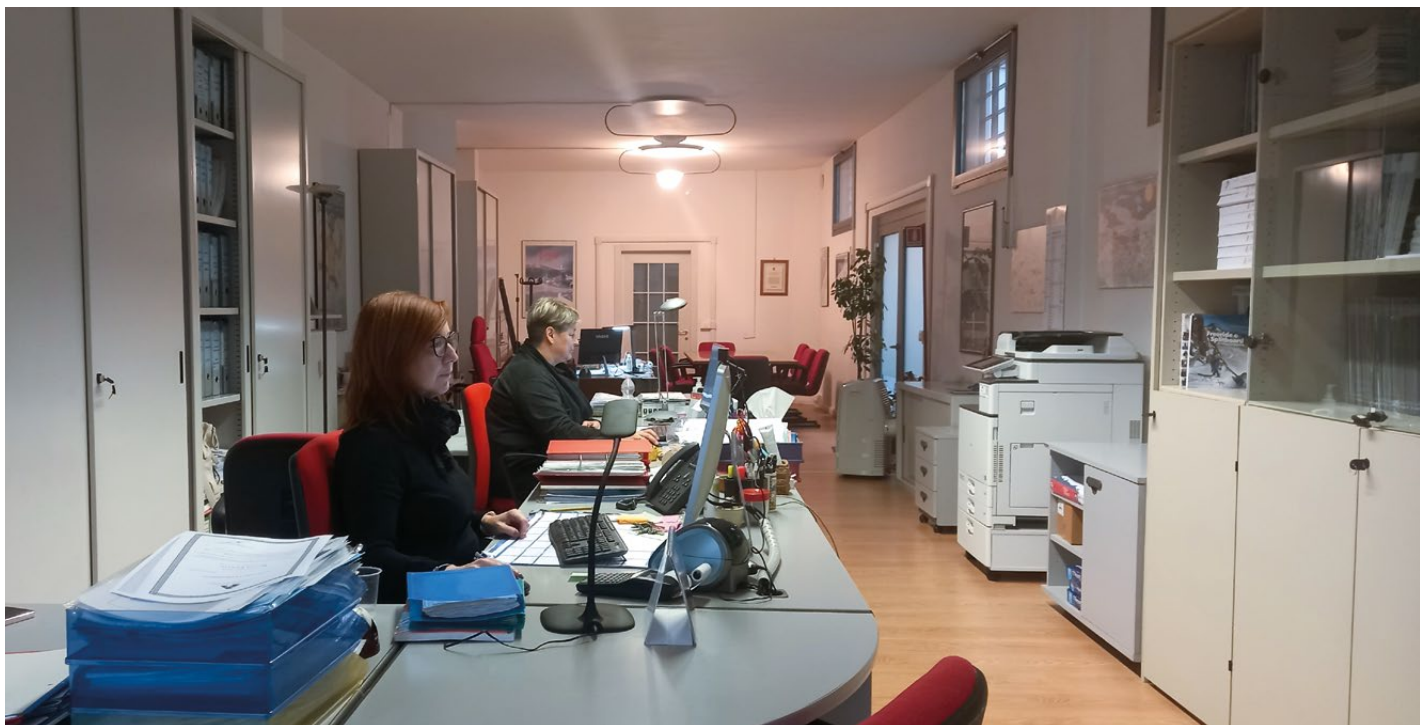
Per quanto riguarda il catasto delle valanghe è stata ultimata l'informatizzazione della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.) cui gradualmente sono stati aggiunti altri tematismi relativi alle problematiche legate al pericolo valanghe. In questo portale cartografico del sistema informativo valanghe del Veneto (Web-Gis Valanghe), attivo dal 2021, sono censiti 17.451 siti valanghivi, 320 opere di difesa dalle valanghe, 2025 eventi valanghivi osservati nel corso degli anni, 1500 documenti relativi a perizie, relazioni, studi e perimetrazioni delle zone esposte al pericolo di valanghe (P.Z.E.V.), nonché 139 siti a potenziale rischio valanghivo provocati dalla tempesta VAIA dell'ottobre 2018.

Il Web-Gis Valanghe del Veneto è consultabile all'indirizzo www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/neve/webgis-valanghe.

Il Centro di Arabba inoltre, ai sensi della L.R. 21/08, redige le dichiarazioni sulla situazione valanghiva ed effettua le verifiche sulle opere di difesa relative a impianti e piste.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

L'Ufficio Previsioni e Pianificazione è una struttura incardinata nel Servizio Prevenzione Rischi e CUE del Dipartimento Protezione Civile, Foreste e Fauna della Provincia autonoma di Trento.



40 ANNI DI AINEVA

L'origine risale agli anni '80 come Ufficio Neve e Valanghe, trasformato poi in Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia - Meteotrentino nel 1997: da allora si è via via occupato di meteorologia, nivologia e glaciologia.

Attualmente lavorano nella struttura 12 previsori, tecnici e informatici che si occupano di redigere i bollettini previsionali, gestire la rete di rilevamento nivometeorologica (114 stazioni automatiche e 35 campi neve manuali), curare le attività in campo nivologico e glaciologico e aggiornare il tematismo valanghe, formulando anche pareri tecnici, nell'ambito della Carta della pericolosità della Provincia di Trento (3060 siti valanghivi censiti e classificati su una superficie di 6207 km²).

L'Ufficio è uno dei fondatori dell'Associazione AINEVA, con cui organizza corsi di formazione e prodotti divulgativi, e realizza il bollettino valanghe (valanghe.report) sul territorio dell'Euregio (Tirolo, Alto Adige e Trentino), collaborando con numerose altre strutture di livello regionale, nazionale e internazionale aventi finalità analoghe.

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Oggi l'ufficio Meteorologia e Prevenzione Valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano, che nasce nel 1978 acquisendo dapprima la competenza relativa alla prevenzione valanghe e nel 1996 quella sulla meteorologia, è parte dell'Agenzia per la Protezione civile. Nel suo insieme l'Agenzia per la Protezione Civile pone l'attenzione non solo sull'emissione dei bollettini valanghe per cittadini e commissioni locali valanghe, ma si occupa anche delle opere per la prevenzione e la protezione dalle valanghe nelle zone antropizzate (strade-centri abitati).

Durante la stagione invernale tre previsori elaborano quotidianamente, sette giorni su sette, il bollettino valanghe (valanghe report), in stretta collaborazione con il servizio valanghe del Trentino e quello del Tirolo (AT). Il territorio di competenza della Provincia Autonoma di Bolzano si estende su una superficie di 7.400 kmq

ed è coperto da una rete di monitoraggio composta da 60 stazioni meteorologiche automatiche e di 36 stazioni neve (campi neve e vento in quota). Per ottenere quanti più dati possibili direttamente dal campo, il servizio prevenzione valanghe dell'Alto Adige collabora con forestali, guide alpine, ma anche con osservatori privati. Durante la stagione invernale vengono raccolte in questo modo in media 6 osservazioni giornaliere e 20 profili stratigrafici settimanali; inoltre i previsori dell'ufficio valanghe escono due volte a settimana per verificare la situazione sul terreno.

Oltre al bollettino valanghe viene pubblicato un blog settimanale che contiene informazioni dettagliate sulla situazione valanghiva, sugli incidenti e su argomenti interessanti riguardanti la neve e le valanghe, notizie che vengono diffuse anche attraverso i social media come Facebook. Il servizio prevenzione valanghe organizza e tiene corsi di formazione e di perfezionamento per forestali, commissioni locali valanghe, guide alpine, accompagnatori escursionistici, soccorso alpino e maestri di sci oltre a numerosi incontri con club alpini (AVS, CAI) e scuole; opera inoltre a livello internazionale partecipando attivamente a gruppi di lavoro EAWS (European Avalanche Warning Services) e a regolari videoconferenze durante la stagione invernale tra previsori delle regioni limitrofe di Italia, Austria e Svizzera.

La cartografia valanghe si compone di oltre 2300 siti valanghivi censiti sul territorio della Provincia Autonoma di Bolzano ed è gestita dall'ufficio centro funzionale, anch'esso parte dell'agenzia per la protezione civile, che si occupa inoltre della gestione dei piani comunali delle zone di pericolo.

FRIULI VENEZIA GIULIA

La Regione Friuli Venezia Giulia ha un'estensione di circa 7.862 Km².

La gestione del pericolo e del rischio valanghe è demandata al Centro Funzionale della Protezione Civile Regionale che provvede all'assegnazione dei livelli di allerta relativamente al rischio e che, tramite il

Nucleo Valutazione Rischio Valanghe, redige i bollettini di pericolo su sette meteo-nivovozone regionali.

Queste attività a loro volta si basano sulle procedure di allertamento attraverso la definizione preventiva degli scenari di evento e l'individuazione delle zone di allerta (che per il territorio montano sono 3).

Il Nucleo Valutazione Rischio Valanghe attualmente è formato da due previsori e due tecnici, uno dei quali ha la qualifica di previsore valanghe a seguito dei requisiti stabiliti da AINEVA; uno di essi per conto di AINEVA partecipa da un anno circa al gruppo di lavoro EAWS "Risk Communication". Oltre alle attività istituzionali per la Protezione Civile Regionale il Nucleo Valutazione Rischio Valanghe organizza e partecipa all'organizzazione dei corsi per Osservatore Nivologico (2A) sia per i moduli formativi in aula che per i moduli in campo; a ciò si aggiungono le attività di divulgazione all'interno della Protezione Civile Regionale, con il CAI, il CNSAS, Promoturismo (comprensori sciistici) e associazioni varie. Per le attività di previsione e monitoraggio ci si avvale di 56 stazioni automatiche dotate di nivometri, su 10 delle quali è attiva la catena operativa di Snowpack (solo due stazioni hanno la dotazione completa), 12 stazioni manuali di Modello 1 AINEVA giornaliero e di circa 14 profili settimanali del manto nevoso in campi fissi e 5 rilievi itineranti alla settimana.

Le attività di rilievo nei campi fissi sono demandate al Corpo Forestale Regionale e al personale di qualche comprensorio sciistico di Promoturismo.

I rilievi itineranti sono svolti dal personale del Nucleo Valutazione Rischio Valanghe, dalle Guide Alpine che collaborano con la Protezione Civile Regionale e dal Corpo Forestale Regionale.

Le informazioni per l'analisi del pericolo e del rischio valanghe vengono reperite anche dal personale dei comprensori sciistici, di Metomont e del CNSAS.

La Struttura stabile centrale per l'attività di monitoraggio del manto nevoso e del rilievo dei fenomeni valanghivi, afferente al Corpo Forestale Regionale, con sede a Udine, ha realizzato e gestisce l'aggiorna-

mento della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (formata da un totale di 4098 siti censiti, rilevati con l'Inchiesta sul terreno e 3256 individuati con la tecnica della Fotointerpretazione).

MARCHE

La Regione Marche ha un'estensione di circa 9.300 Km², di cui meno di un terzo al di sopra dei 1000m.

La gestione del pericolo e del rischio valanghe è demandata al Centro Funzionale della Direzione Protezione Civile e Sicurezza del Territorio della Regione Marche tramite l'area Neve & Valanghe, che redige i bollettini di pericolo e, relativamente al rischio, provvede alla gestione dei livelli di allerta. Queste attività a loro volta si basano sulle procedure di allertamento attraverso la definizione preventiva degli scenari di evento e l'individuazione delle zone di allerta (che sono 4, interessano 29 comuni e coprono una superficie totale di circa 2.330 Km² del territorio marchigiano).

Sempre a livello istituzionale l'area Neve

& Valanghe ha realizzato e gestisce l'aggiornamento della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (formata da un totale di 902 siti censiti, includendo in questa cifra sia quelli individuati con la tecnica della Fotointerpretazione che quelli rilevati con l'Inchiesta sul terreno).

La CLPV riguarda tutto l'arco appenninico Marchigiano ed in particolare i seguenti comprensori:

- Monte Carpegna
- Monte Nerone
- Sistema Catria-Acuto
- Appennino Centrale
- Monti Sibillini

Il costante aggiornamento della CLPV è condotto con il reperimento e la catalogazione di tutto il materiale storico e di tutti gli eventi valanghivi che avvengono in tempo reale.

L'area Neve & Valanghe è formata da 4 previsori (due dei quali appartengono anche all'area meteo, uno all'area idrogeologica e uno all'area tecnica); tre di essi hanno la qualifica di previsore valanghe

a seguito dei requisiti stabiliti da AINEVA; uno di essi per conto di AINEVA partecipa da oltre tre anni al gruppo di lavoro EAWS "Scala e matrice".

Oltre alle attività istituzionali per la Regione Marche l'Area Neve & Valanghe partecipa attivamente all'organizzazione dei corsi per Osservatore Nivologico (2A) sia per i moduli formativi in aula che per i moduli in campo; a ciò si aggiungono le attività di divulgazione prevalentemente con il CAI. Per le attività giornaliere ci si avvale degli osservatori nivologici interni al Centro Funzionale stesso e della collaborazione con il CNSAS, mentre per la movimentazione in condizioni difficili ci si avvale del Collegio delle Guide Alpine. A ciò si aggiunge un protocollo d'intesa con i Carabinieri Forestali.

Oltre ai dati di 8 stazioni automatiche complete, che sono inserite all'interno della catena operativa di Snowpack, i previsori possono contare su 2/4 stratigrafie settimanali e sui dati dei campetti neve gestiti dai Carabinieri Forestali stessi.



Confronto in campo dei previsori valanghe.

QUARANTA ANNI di FORMAZIONE in AINEVA

Igor Chiambretti
responsabile tecnico AINEVA
igor.chiambretti@aineva.it

FORTY YEARS OF TRAINING IN AINEVA

Since the foundation of AINEVA, the Association has set as one of its statutory tasks to take care of the training, updating and information of technicians in the sector. During the forty years of activity of the Association, this statutory task has become one of the elements that most characterise the image and role of AINEVA both at the national and international levels.

The numbers achieved and the quality of training provided bear witness to this and the value attributed by national and regional/provincial regulations to these professional figures titled by AINEVA.

Sin dalla fondazione di AINEVA, l'Associazione si propone tra i compiti statutari di curare la formazione, l'aggiornamento e la informazione dei tecnici del settore. Durante i quaranta anni di attività dell'Associazione, questo compito statutario è diventato uno tra gli elementi che più caratterizzano l'immagine ed il ruolo di AINEVA sia a livello nazionale sia a livello internazionale. I numeri raggiunti e la qualità della formazione erogata lo testimoniano così come il valore attribuito dalle norme nazionali e regionali/provinciali a queste figure professionali titolate da AINEVA.



GLI ESORDI

Nei primi sei anni di vita, seminari ed incontri-dibattito furono organizzati su vari argomenti, seppure in maniera poco strutturata, cercando di uniformare il livello di formazione ed esperienza del personale dei neonati uffici regionali/provinciali. Nelle docenze si alternarono, i tecnici degli uffici, quelli del Servizio Valanghe Italiano del CAI e del Comando Truppe Alpine – Servizio Meteomont, alcuni docenti universitari e stranieri. Tra gli argomenti trattati spiccavano: nivologia e meteorologia alpina per previsori, cartografia valanghe, opere di difesa attiva.

Dopo questa prima fase, AINEVA iniziò a destinare i propri corsi al personale esterno agli uffici e tra il 1987 ed il 1989 vennero organizzati numerosi corsi di aggiornamento per gli osservatori nivologici e membri delle commissioni locali valanghe già presenti sul territorio. I corsi si svolsero all'Aprica (SO), al Passo del Tonale (TN), a Bormio (SO), a Maso Corto – Val Senales (BZ), al Bondone (TN) e a Schilpario (BG). Contemporaneamente ed in collaborazione con il Servizio Valanghe Italiano del CAI, vennero organizzati i primi corsi nazionali per osservatori e rilevatori neve e valanghe allo scopo di irrobustire la rete di rilevamento dati di cui gli uffici avevano bisogno. Nel 1989 ad Arabba (BL) venne organizzato il primo corso dedicato alla prevenzione e difesa dalle valanghe per gli addetti alla sicurezza dei comprensori scistici. Nel Marzo del 1991, a Pozza di Fassa (TN), venne organizzato in collaborazione con i tecnici dello SVI-CAI, il primo corso per Istruttori Neve e Valanghe (INV) dello SVI-CAI mentre, nel mese di Marzo del 1992, a Passo Rolle (TN), venne organizzato in cooperazione con il Soccorso Alpino della Guardia di Finanza (SAGF) il primo corso di Soccorso in valanga.

Dopo questa prima fase pionieristica in cui il numero di persone formate e di titolati non appare ricostruibile con certezza, il 13 giugno del 1993 l'Associazione stabilì definitivamente la sua sede a Trento (TN) e consolidò i programmi formativi ed i relativi albi dei titolati mutuando ed adattando alla realtà italiana un approccio già

sperimentato nei paesi confinanti (Svizzera, Francia, Austria) e dallo SVI-CAI.

IL CONSOLIDAMENTO DELLA FORMAZIONE

In un apposito documento del 2005 (poi aggiornato nel 2007), il Comitato Tecnico Direttivo di AINEVA consolidò, definì ed organizzò il programma formativo e di aggiornamento tecnico-scientifico, sperimentato con successo nei primi venti anni di attività formativa, su 3 distinti livelli. I corsi di **Livello 1** vennero rivolti principalmente al mondo degli appassionati della montagna e a quanti, per motivi di studio o interesse personale, intendessero acquisire competenze di base nel settore della nivologia e della meteorologia di montagna. Si trattava, prevalentemente, di attività divulgative e di sensibilizzazione sui temi trattati dall'Associazione rivolte al largo pubblico degli appassionati della montagna, delle scolaresche ed in generale dell'utenza non professionale. Volutamente, la strutturazione e durata di questi corsi fu lasciata flessibile in funzione delle diverse esigenze formative. Generalmente questi corsi non richiedevano il superamento di un esame finale e non rilasciavano un titolo professionale ma solo, eventualmente, un attestato di partecipazione.

I corsi di **Livello 2** rappresentavano e rappresentano tutt'ora il cuore dell'offerta formativa di AINEVA ed, inizialmente, vennero suddivisi in 4 moduli distinti concatenati denominati tradizionalmente: 2a; 2b; 2c e 2d. I corsi di tale livello erano destinati a fornire le competenze tecnico-professionali necessarie all'esecuzione di osservazioni e misure sulla neve e a gestire piani o procedure tecnico-organizzative complesse, finalizzate a garantire, in sicurezza, l'uso di infrastrutture o lo svolgimento di specifiche attività sul terreno montano innevato. I tecnici e gli operatori così formati venivano solitamente impiegati nella gestione dei comprensori per gli sport invernali, della viabilità montana, o di altre particolari infrastrutture quali, ad esempio, le dighe e le centrali idroelettriche in montagna. Parallelamente a questo percorso

didattico di Livello 2, ne venne creato un secondo (2a; 2pc) finalizzato alla formazione del personale operante nel settore della Protezione Civile (Commissioni Locali Valanghe).

Ciascun modulo formativo prevedeva il superamento di un esame finale composto da un esame scritto, un colloquio ed una o più prove pratiche al termine del quale veniva rilasciato un titolo professionale (riconosciuto sia dalle normative nazionali sia dalle normative regionali/provinciali) e si otteneva l'inserimento in un albo nazionale. I criteri di selezione dei titolati, in considerazione della delicatezza dei ruoli e dei profili di responsabilità connessi, sono sempre stati molto stringenti. Per essere considerati idonei, i candidati dovevano e devono tutt'ora obbligatoriamente ottenere almeno 21/30 nello scritto ed almeno 7/10 nel colloquio e nelle prove pratiche. I titoli rilasciati erano:

Livello 2 modulo 2a "Osservatore nivologico" – si tratta del corso di base, comune a tutti i percorsi formativi di secondo livello, ed era ed è rimasto uno tra i moduli più selettivi e impegnativi (32 ore con frequenza obbligatoria di cui 24 ore di teoria e 8 ore di pratica; in media 79,3% candidati giudicati idonei e 20,7% candidati giudicati non idonei). Il Corso fornisce le conoscenze di base sulle tematiche della neve e delle valanghe, con particolare riferimento alle tecniche di rilevazione dei dati nivometeorologici e di classificazione delle valanghe.

Livello 2 modulo 2b "Operatore e assistente del distacco artificiale di valanghe" - il corso fornisce ai titolati 2a le conoscenze utili per la gestione delle operazioni di distacco artificiale delle valanghe mediante l'uso di esplosivi (per i titolati 2a già in possesso del patentino da fochino) o sistemi a gas. Anche questo era ed è rimasto un modulo impegnativo ma la selettività è già più ridotta perché gli utenti, solitamente, sono tutti molto motivati e già dotati di una buona professionalità (33 ore con frequenza obbligatoria di cui 23 ore di teoria e 10 ore di pratica; in media 90,7% candidati giudicati idonei e 9,3% candidati giudicati non idonei).

Livello 2 modulo 2c "Direttore delle ope-



razioni – il corso fornisce ai titolari 2b, in possesso di diploma di scuola media inferiore, le conoscenze utili a garantire la gestione delle procedure e dei piani di difesa dal pericolo delle valanghe in contesti territoriali caratterizzati da livelli non elevati di complessità. Come per il corso 2b, anche questo era ed è rimasto un modulo molto impegnativo ma la selettività è già più ridotta perché gli utenti, solitamente, sono tutti molto motivati e già dotati di una buona professionalità (52 ore con frequenza obbligatoria di cui 42 ore di teoria e 10 ore di pratica; in media 93,5% candidati giudicati idonei e 6,5% candidati giudicati non idonei).

Livello 2 modulo 2d “Responsabile della sicurezza” – il corso conclude l’iter formativo del Livello 2 e fornisce ai titolari 2b, in possesso di diploma di scuola media superiore o laurea, le conoscenze utili a garantire la gestione delle procedure e dei piani di difesa dal pericolo delle va-

langhe in contesti territoriali caratterizzati da livelli elevati di complessità. Inoltre, il corso approfondisce i temi utili alla verifica tecnica sull’efficacia dei piani e al controllo sull’efficienza degli strumenti e delle opere finalizzati alla difesa dalle valanghe. L’attestato rilasciato da AINEVA relativamente al superamento dell’esame per “Responsabile della sicurezza” assorbita ed assorbe tutt’ora anche la qualifica di “Direttore delle operazioni”. Come per il corso 2b, anche questo era ed è rimasto tutt’ora un modulo molto impegnativo ma la selettività è già più ridotta perché gli utenti, solitamente, sono tutti molto motivati e già dotati di una buona professionalità (60 ore con frequenza obbligatoria di cui 50 ore di teoria e 10 ore di pratica; in media 91,3% candidati giudicati idonei e 8,7% candidati giudicati non idonei).

Livello 2 modulo 2pc “Gestione delle problematiche valanghive di protezione civile” – il corso fornisce ai titolari 2a

le conoscenze utili per la gestione delle procedure e dei piani di protezione civile finalizzati a fronteggiare il rischio valanghivo e concludeva l’iter formativo previsto per il percorso di protezione civile del livello 2 (ciò non impedisce, comunque, ai titolari 2pc di proseguire anche verso i titoli 2b, 2c e 2d). Il Corso si rivolge ai componenti delle Commissioni Locali Valanghe, ai tecnici dei Centri Funzionali e degli Enti Locali ed in generale al personale impegnato in attività di protezione civile ed era ed è rimasto tutt’ora il modulo più selettivo e impegnativo in assoluto (32 ore con frequenza obbligatoria di cui 24 ore di teoria e 8 ore di pratica; in media 73,9% candidati giudicati idonei e 26,1% candidati giudicati non idonei).

Per tutti i moduli formativi del Livello 2 AINEVA, il regolamento corsi già prevedeva sin dall’inizio la possibilità di organizzare periodici corsi di aggiornamento rivolti ai titolari.

Immagine 1 - Momento di formazione in campo sull’uso della DaisyBell durante un corso 2b.



Immagine 2 - Corso di formazione agli allievi del SAGF con cui AINEVA ha ormai da anni una solida convenzione.

I corsi di **Livello 3** rappresentavano e rappresentano tutt'ora l'eccellenza dell'offerta formativa di AINEVA e si tratta di moduli rivolti, principalmente, al settore delle libere professioni e dei tecnici e funzionari delle Pubbliche Amministrazioni, del mondo accademico e della ricerca scientifica. Scopo di questi corsi era ed è quello di approfondire i temi della pianificazione dell'uso del territorio esposto a valanga, della progettazione di opere e sistemi di gestione della sicurezza, della meteorologia e della climatologia montana, della nivologia e dell'ambiente, dei contenuti giuridico-normativi e, in generale, dello studio scientifico e degli aspetti applicativi nei diversi settori tecnico-scientifici di interesse per l'Associazione. Si tratta, quindi, di corsi di aggiornamento ed alta specializzazione che, almeno inizialmente, presentavano programmi e durate variabili in funzione delle diverse esigenze formative e che spesso ricorrevano e ricorrono tutt'ora a docenze esterne anche estere. Non tutti i corsi prevedono il superamento di un esame finale.

Sia per i corsi di Livello 2 sia per quelli di Livello 3, i docenti utilizzati per l'erogazione della formazione (teorica e pratica) vengono preferenzialmente selezionati tra i nominativi presenti in un apposito "Registro degli insegnanti per i corsi di

formazione professionale" mantenuto da AINEVA. Il personale docente, soprattutto dopo la prima fase sperimentale dei corsi, venne principalmente individuato tra i tecnici degli uffici di previsione valanghe regionali/provinciali afferenti ad AINEVA senza per questo escludere il contributo di docenti universitari e liberi professionisti, nazionali e stranieri, di comprovata esperienza ed elevate capacità didattiche. Tale scelta assicurava ed assicura ancora sia la massima qualità dei corsi sia il giusto mix di teoria ed esperienza pratica necessario a mantenere gli standard formativi più elevati possibili.

Nei decenni, AINEVA organizzò attività formative e di aggiornamento tecnico-scientifico in collaborazione e mediante accordi operativi e convenzioni con altri enti ed istituzioni operanti nei settori d'interesse. Gli enti principali sono stati e sono tutt'ora: il Servizio Valanghe Italiano dei CAI, il Servizio Meteomont del Comando Truppe Alpine, il Soccorso Alpino della Guardia di Finanza, la Fondazione Montagna Sicura e la Fondazione Courmayeur di Courmayeur (AO), il Formont della Regione Piemonte, il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile ed il WSL - Istituto federale svizzero per lo studio della neve e delle valanghe SLF. Con il Soccorso Alpino della Guardia di Finanza, mediante apposite convenzioni,

AINEVA si è incaricata di formare, sul tema neve e valanghe, gli allievi soccorritori del SAGF durante il loro anno di formazione presso la Scuola Alpina di Predazzo (TN) e la Caserma di Passo Rolle (TN).

In cambio, AINEVA può utilizzare la Caserma di Passo Rolle come sede di molti corsi, ottiene la collaborazione dei docenti istruttori del SAGF per l'erogazione di alcuni moduli formativi e una stretta collaborazione tra il personale delle stazioni SAGF e gli uffici regionali/provinciali per l'esecuzione congiunta di rilievi nivologici ed eventuali perizie in caso d'incidenti in valanga.

Oltre a questo programma di formazione, AINEVA ha mantenuto la prassi di organizzare periodici momenti di formazione ed aggiornamento per i tecnici nivologi degli uffici afferenti all'Associazione anche con la partecipazione dei previsori del Servizio Meteomont del Comando Truppe Alpine (nell'ambito delle attività previste dal protocollo d'intesa) e con tecnici nivologi di servizi di previsione di altri paesi (Svizzera, Austria, Francia).

LA RISTRUTTURAZIONE DELLA DIDATTICA

Dopo trentaquattro anni di esperienza nel campo della formazione e di fronte alle mutate esigenze dell'utenza, nel 2017 il Comitato Tecnico Direttivo ha approvato un nuovo documento sulla riorganizzazione dell'attività di AINEVA nel campo della formazione e dell'aggiornamento tecnico-scientifico ed il relativo regolamento per la gestione dell'attività formativa. La riforma venne elaborata da un apposito gruppo di lavoro formatosi negli anni precedenti che analizzò i punti di forza e le criticità della formazione AINEVA.

I punti di forza: L'AINEVA in questo lungo periodo si è affermata quale il principale e più autorevole ente di formazione specialistica del settore, nel panorama nazionale, i cui corsi sono riconosciuti per legge e la cui competenza tecnico-scientifica e qualità della formazione sono indiscutibili e riconosciute da tutti. Altri enti formatori quali Fondazione Montagna Sicura e Formont collaborano ormai in piena sinergia con

AINEVA in virtù di apposite convenzioni. I docenti che AINEVA utilizza per le attività di formazione sono, in buona parte, afferenti agli Enti associati e presentano tutti una lunga esperienza nella formazione degli adulti e buone capacità di adattamento a diverse tipologie d'utenza.

Le criticità: negli ultimi dieci – quindici anni le esigenze di formazione delle categorie di utenti sono radicalmente mutate e si sono diversificate a fronte di una notevole crescita del numero di persone che intendono formarsi. Alla luce di questa mutazione, l'offerta formativa di AINEVA appariva eccessivamente rigida e scarsamente modulabile sulle diverse esigenze (es. allievi aspiranti Guide Alpine, Impiantisti, appassionati) che lamentano un calendario ed una durata dei singoli corsi che confligge con gl'impegni lavorativi, una durata eccessiva per taluni moduli e una difficoltà a seguire le lezioni teoriche. Inoltre, la progressiva riduzione della pianta organica di molti uffici regionali/provinciali afferenti all'Associazione e l'aumento delle competenze e del carico di lavoro per il personale tecnico rendono talvolta difficile soddisfare completamente le richieste di formazione che emergono dal territorio. AINEVA ha quindi individuato una serie di soluzioni per ovviare a queste mutate necessità:

- 1) Vengono separate le iniziative di sensibilizzazione/prevenzione/divulgazione dal livello formativo 1 mentre, per tale livello, i corsi verranno erogati da Guide Alpine specificatamente formate come formatori da AINEVA prendendo ispirazione dai corsi di ANENA (l'omologa associazione francese) e mutuando il materiale didattico opportunamente tradotto in italiano. In tal modo, i corsi di livello 1 assolvono al compito di fornire all'utenza sportivo-ricreativa una preparazione di base, eminentemente pratica, sui principali argomenti (meteorologia, nivologia, movimentazione in sicurezza su terreno innevato, procedure di auto-soccorso in valanga);
- 2) Per i corsi di Livello 2 AINEVA, molti dei moduli (specie il 2a) vengono suddivisi in sottomoduli, frequentabili separa-

tamente seppure in successione, svolgendo il più possibile le lezioni frontali di teoria anticipatamente rispetto al periodo invernale onde facilitarne la fruizione evitando interferenze con il periodo di massimo impegno lavorativo (sia per l'utenza sia per gli uffici afferenti ad AINEVA). I contenuti di tutti i corsi vengono ridefiniti, adottando per ciascuna materia la moderna concezione della didattica, in base alle competenze/abilità/qualifiche che gli utenti devono acquisire graduandole in progressione secondo sei distinti obiettivi didattici riconosciuti anche dallo schema del curriculum vitae Europass. Alcuni argomenti vengono accorpati e vengono eliminate alcune ripetizioni di contenuti tra i moduli. In tal modo, i moduli di teoria del modulo 2a hanno assorbito ed integrato alcuni argomenti di approfondimento di nivologia e meteorologia alpina che erano, tradizionalmente, svolti nei moduli 2b, 2c e 2d. Questa soluzione ha consentito un complessivo miglioramento della preparazione teorica dei titolati 2a ed al contempo ha liberato spazi didattici nei moduli 2b, 2c, 2d per un migliore sviluppo ed approfondimento di argomenti specialistici e qualificanti di tali moduli che, nella didattica tradizionale, risultavano particolarmente compressi e sacrificati. La suddivisione in sottomoduli consente, inoltre, anche la fruizione singola, per quegli utenti con sono interessati ad approfondire specifiche tematiche pur non volendo conseguire un titolo professionale. Infine, per i sottomoduli teorici si decide

di sperimentare la didattica online mediante il ricorso alla didattica a distanza. Complessivamente, i moduli del Livello 2 mantengono comunque una equivalenza di titolo con i corsi ed i contenuti del precedente regolamento fatto salvo l'introduzione di alcuni nuovi moduli.

- 3) Per gli Allievi Aspiranti Guide Alpine è stato progettato uno specifico e sintetico modulo formativo denominato 2ga – "Corso per Allievi Aspiranti Guide Alpine". Esso risulta, rispetto al tradizionale 2a, più adatto alle esigenze di questa categoria di futuri professionisti e meno oneroso in termini di costi e di tempo come da richieste pervenute da alcuni colleghi delle Guide Alpine.
- 4) Per i titolati 2a - Osservatore Nivologico è stato sviluppato un nuovo modulo di specializzazione ed approfondimento denominato modulo 2ri – "Corso di specializzazione in rilievi itineranti per Osservatore Nivologico". Questo nuovo modulo consente di migliorare ed ampliare le conoscenze e competenze dei titolati 2a con una formazione specifica e specialistica volta all'esecuzione dei rilievi itineranti. I rilievi itineranti lungo itinerari scialpinistici, in questi ultimi anni, sono diventati una fonte conoscitiva molto importante per le attività previsionali e per la messa in atto di misure gestionali preventive sia nelle aree sciabili gestite sia in Protezione Civile.
- 5) Per il modulo 2b vengono attivati due ulteriori moduli di specializzazione definiti: 2b1 – "Corso di specializzazione e aggiornamento per operatore del distacco artificiale di valanghe – abilitazio-



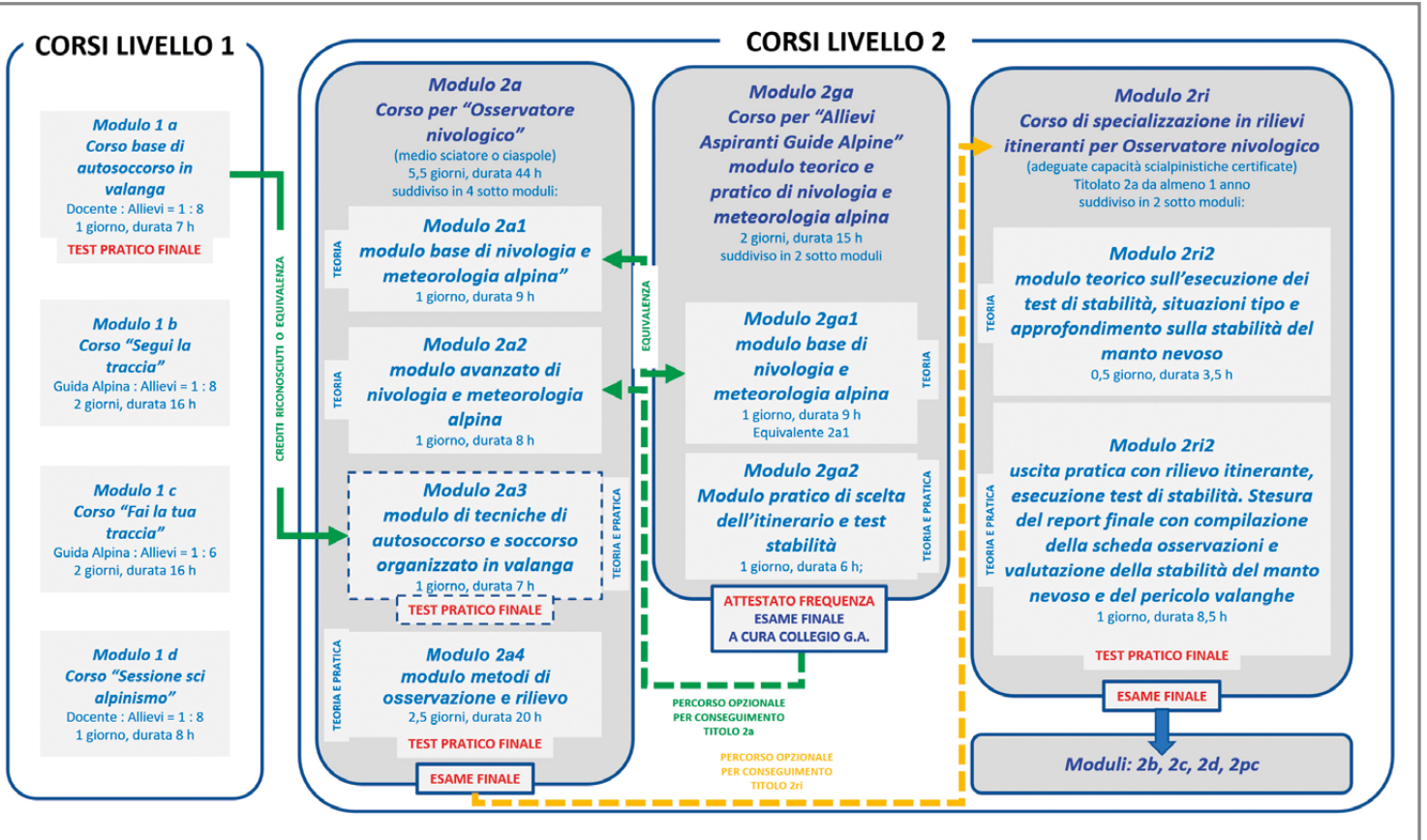


Immagine 3 - Schema semplificato della struttura dei moduli di Livello 1 e 2 AINEVA.

ne all'utilizzo di DaisyBell® e 2b2 – "Corso di specializzazione e aggiornamento per operatore del distacco artificiale di valanghe – modulo esplosivi e cariche pirotecniche".

- 6) Per il Livello 3: pur mantenendo la prevista flessibilità di contenuti e durata che caratterizza tali corsi, vengono confermati e strutturati i seguenti tre moduli:
- Corso di "Dinamica delle valanghe: modellizzazione e perizie di interferenza valanghiva (P.I.V.);"
 - Corso "Perizia Incidenti in Valanga";
 - Corso "Formatori AINEVA di Livello 1".

L'attuale offerta formativa di AINEVA è quindi così strutturata:

I corsi di **Livello 0** sono rivolti ad una utenza generica non professionale (grande pubblico, scolaresche) cui l'Associazione si rivolge per assolvere al mandato di realizzare attività di sensibilizzazione, divulgazione e diffusione delle conoscenze utili a prevenire l'esposizione al rischio neve e valanghe. Contenuti, durata e modalità di erogazione sono flessibili in funzione delle diverse esigenze formative e non vi sono prerequisiti di accesso.

I corsi di **Livello 1** sono rivolti ai tecnici ed operatori professionali che devono iniziare un percorso formativo professionalizzante e al mondo degli appassionati della montagna o a quanti, per motivi di studio o interesse personale, intendano acquisire competenze di base certificate nel settore della nivologia, della meteorologia di montagna e della movimentazione su terreno innevato seguendo i criteri base di gestione del rischio. I corsi di Livello 1, mutuati dal modello ANENA, sono suddivisi in quattro moduli concatenati con l'ultimo opzionale (immagine1).

Il modulo 1 a "Corso base di autosoccorso in valanga" fornisce conoscenze di base sui DPI e sulle procedure base di autosoccorso in valanga. Il modulo 1 b - "Segui la traccia" fornisce quelle nozioni pratiche di progettazione e conduzione di un'escursione che consentono di spostarsi in sicurezza sul terreno innevato, in gruppo, comprendendo ed applicando le consegne del leader ed anche utilizzando la lettura e l'interpretazione delle carte topografiche e del bollettino valanghe. Il modulo 1 c - "Fai la tua traccia" fornisce i criteri di analisi e quelle nozioni pratiche necessarie a progettare e

condurre una escursione su terreno innevato mediante l'individuazione preventiva delle condizioni nivo-meteorologiche e delle situazioni del terreno "critiche" mediante l'analisi approfondita e la corretta interpretazione delle basi topografiche, del bollettino valanghe e del terreno.

Vengono, inoltre, messi in pratica i processi decisionali volti ad evitare le trappole euristiche e sperimentate le corrette modalità di comunicazione, messa in atto delle decisioni e delle consegne da applicare all'interno del gruppo. Infine, vengono illustrate e messe in pratica le metodologie volte ad assicurare una progressione fluida e sicura effettuando una traccia sicura, confortevole, estetica e rispettosa dell'ambiente. Il modulo 1 d "Sessione sci alpinismo" fornisce le basi per la gestione del rischio valanghe nello scialpinismo (nivologia pratica e gestione del rischio sui pendii).

Per i corsi di **Livello 2** si mantiene la destinazione preferenzialmente ai tecnici ed operatori professionali che devono acquisire le competenze tecnico-professionali certificate necessarie alla gestione di piani o procedure tecnico-organizzative complesse, finalizzate a garantire, in sicurezza,

l'uso di infrastrutture o lo svolgimento di specifiche attività tecniche o gestionali su terreno innevato potenzialmente soggetto ad attività valanghiva.

In base alla riforma tali corsi vengono suddivisi in nove moduli principali eventualmente suddivisi in sottomoduli:

1) Modulo 2a – Corso per "Osservatore nivologico" suddiviso in 4 sottomoduli della durata complessiva di 44 ore (20 ore di teoria e 18 ore di pratica):

Modulo 2a1 – Corso per "Osservatore nivologico – modulo base di nivologia e meteorologia alpina" – modulo teorico di base di nivologia e meteorologia alpina – durata 9 ore;

Modulo 2a2 – Corso per "Osservatore nivologico – modulo avanzato di nivologia e meteorologia alpina" – modulo teorico avanzato di nivologia e meteorologia alpina – durata 8 ore;

Modulo 2a3 – Corso per "Osservatore nivologico – modulo di tecniche di autosoccorso e soccorso organizzato in valanga" – modulo teorico e pratico di tecniche di autosoccorso e soccorso organizzato in valanga – durata 7 ore;

Modulo 2a4 – Corso per "Osservatore nivologico – modulo metodi di osservazione e rilievo" – modulo teorico e pratico sui metodi di osservazione e rilievo – durata 20 h;

2) Modulo 2ga – Corso per "Allievi Aspiranti

Guide Alpine" – modulo teorico e pratico di nivologia e meteorologia alpina – suddiviso in 2 sotto moduli teorici e pratici della durata complessiva di 15 ore (9 ore di teoria e 6 ore di pratica):

3) Modulo 2ri – "Corso di specializzazione in rilievi itineranti per Osservatore nivologico" suddiviso in 2 sotto moduli teorici e pratici della durata complessiva di 12 ore (6 ore di teoria e 6 ore di pratica):

4) Modulo 2b – "Corso per Operatore e assistente al distacco artificiale di valanghe" – durata 17,5 ore (13 ore di teoria e 4,5 ore di pratica);

5) Modulo 2b1 – "Corso di specializzazione e aggiornamento per operatore del distacco artificiale di valanghe – abilitazione all'utilizzo di DaisyBell®" - durata 3 ore;

6) Modulo 2b2 – "Corso di specializzazione e aggiornamento per operatore del distacco artificiale di valanghe – modulo esplosivi e cariche pirotecniche" – modulo teorico e pratico di specializzazione sui sistemi di distacco mediante esplosivi e le cariche pirotecniche esclusivamente dedicato agli allievi già in possesso della licenza di mestiere di fochino (DPR 19/03/1956 n°. 302 – art. 27; DPR 09/04/1959 n°. 128 – art. 317) o della licenza di artificiere pirotecnico (art. 101 TULPS) – durata 7 ore;

7) Modulo 2c – "Corso per Direttore delle

operazioni" – durata 40 ore (30 ore teoria e 10 ore di pratica);

8) Modulo 2d – "Corso per Responsabile della sicurezza" – durata 54 ore (44 ore teoria e 10 ore di pratica);

9) Modulo 2pc – "Corso per la Gestione delle problematiche valanghive in protezione civile" – durata 34 ore (26 ore di teoria e 8 ore di pratica).



Immagine 4 - Prove pratiche eseguite dai corsisti durante un corso 2a.

40 ANNI DI AINEVA

I NUMERI DELLA FORMAZIONE AINEVA E LA DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Nel corso dei quarant'anni sia il numero di corsi attivati (339 corsi) sia il numero di titolati (immagine 2 e immagine 3) sono cresciuti costantemente ed in particolare modo negli ultimi quindici anni.

I numeri mostrano qualche incertezza perché, forse, nei primi cinque o sei anni di attività dell'Associazione non tutti i corsi sono stati correttamente censiti e sembrano mancare alcuni dati (almeno secondo quanto si può desumere sull'attivazione di corsi leggendo i primi numeri della Rivista Neve & Valanghe).

Il numero complessivo di persone che, nel corso dei quarant'anni, hanno partecipato ai moduli di formazione (immagine 3), aggiornamento ed informazione organizzati da AINEVA, anche in assenza di una ac-

quisizione del titolo, risulta superare almeno le 7.000 unità.

In totale, 4.217 persone si sono titolate tramite i corsi di Livello 1, 2 e 3 di cui 16 stranieri (Spagnoli, Tedeschi, Austriaci, Svizzeri e Belgi) e 4.201 italiani (immagine 4).

La distribuzione geografica, in base alla regione di residenza dichiarata, dei 4.201 titolati AINEVA italiani appare, intuitivamente, concentrata in larga parte nelle regioni e province autonome dell'Arco Alpino con la Regione Piemonte caratterizzata da una concentrazione particolarmente elevata. Tuttavia, anche l'Appennino centro-settentrionale mostra una interessante concentrazione di titolati AINEVA a testimonianza dell'importanza delle tematiche trattate dall'Associazione anche in queste aree montane. I titolati stranieri, inoltre, dimostrano come negli anni la formazione AINEVA sia riuscita a farsi apprezzare anche oltreconfine.

La distribuzione geografica, in base alla provincia di residenza dichiarata, dei 4.201 titolati AINEVA italiani offre un ulteriore spunto di analisi.

I titolati appaiono, infatti, concentrati prevalentemente nelle province caratterizzate da un maggiore sviluppo del turismo montano invernale. Spiccano, nei numeri, la Provincia Autonoma di Trento, la Regione Autonoma Valle d'Aosta, la Provincia di Torino e quella di Cuneo per il Piemonte, la Provincia di Sondrio in Lombardia, la Provincia di Belluno nel Veneto e la Provincia di Udine in Friuli-Venezia Giulia. La Provincia Autonoma di Bolzano appare sottorappresentata ma per il semplice fatto che la popolazione residente parla, in maggioranza, il tedesco e normalmente preferisce rivolgersi ai corsi tenuti nella propria lingua madre. Per quanto riguarda il settore appenninico, le province della Regione Marche, dell'Abruzzo, del Molise e una parte del Lazio presentano la massima concentrazione di titolati per questa cate-

goria montuosa in virtù anche del maggiore sviluppo del turismo montano invernale. In totale, 3.961 persone si sono titolate nei vari moduli AINEVA di Livello 2 di cui 14 stranieri (Svizzeri, Spagnoli, Austriaci, Tedeschi e Belgi) e 3.947 italiani (immagine 5). La distribuzione geografica, in base alla regione di residenza dichiarata, dei 3.947 titolati AINEVA di Livello 2 italiani appare del tutto simile a quella precedente.

Analizzando, invece, la distribuzione geografica, in base alla provincia di residenza dichiarata, dei 3.947 titolati AINEVA italiani emerge un quadro leggermente più omogeneo e diffuso rispetto a quello precedente pur mantenendo alcune aree di concentrazione nelle province caratterizzate da un maggiore sviluppo del turismo montano invernale. È quindi probabile che molti residenti nelle province a minore vocazione turistica invernale abbiano visto, nei titoli professionalizzanti di AINEVA, una opportunità di sviluppo e di possibile impiego nelle vicine aree montane.

Ben 2.719 persone hanno acquisito il titolo 2a di "Osservatore nivologico" di cui 9 stranieri (Svizzeri, Spagnoli, Austriaci, Tedeschi e Belgi) e 2.710 italiani. Come per

Immagine 5 - il grafico mostra il numero di corsi e moduli formativi attivati per ciascun anno solare nei quaranta anni di attività di AINEVA.

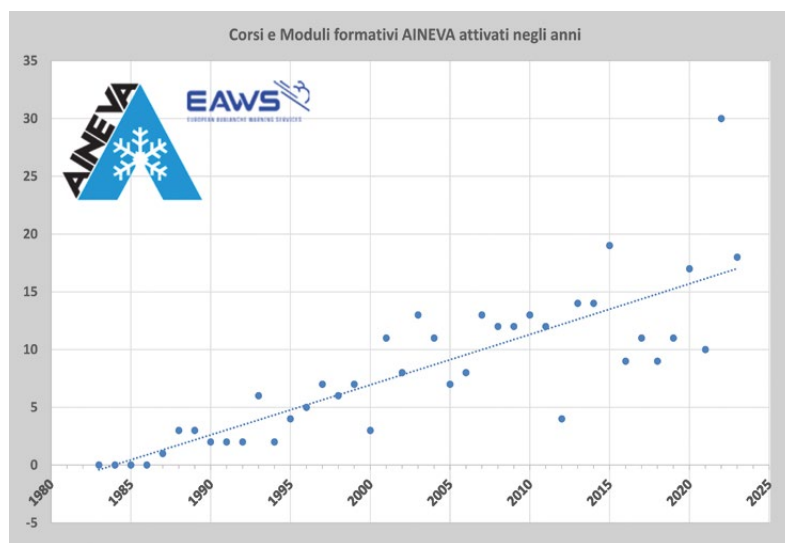
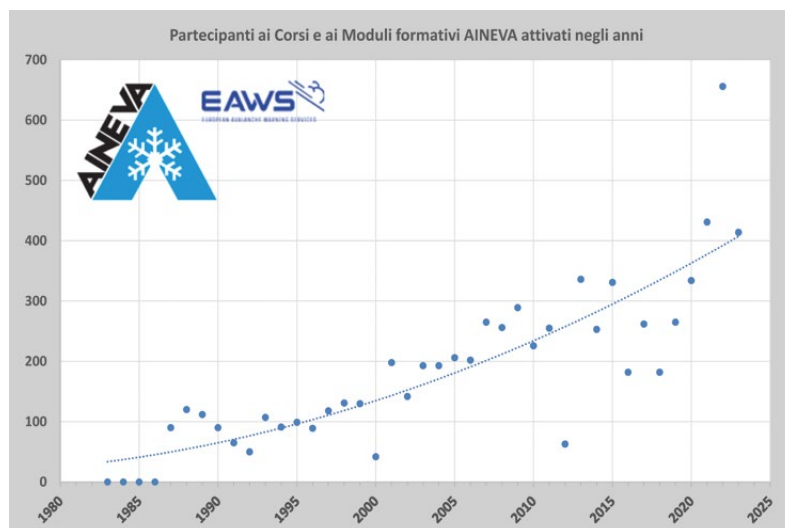


Immagine 6 - Il grafico mostra il numero di iscritti ai corsi e moduli formativi attivati per ciascun anno solare nei quaranta anni di attività di AINEVA.



i casi precedenti, la distribuzione geografica, in base alla regione ed alla provincia di residenza dichiarata, dei 2.710 titolati 2a AINEVA appare del tutto simile a quella precedente.

Il titolo 2b di "Operatore e assistente al distacco artificiale di valanghe" è stato acquisito da 683 persone di cui 3 stranieri (Spagnoli, Tedeschi e Austriaci) e 680 italiani. Come per i casi precedenti, la distribuzione geografica, in base alla regione di residenza dichiarata, dei 680 titolati 2b AINEVA appare del tutto simile a quella precedente seppure i numeri complessivi diventino più ridotti.

La necessità di ricorrere al distacco artificiale di valanghe al fine di ridurre la pericolosità degli eventi ed il rischio connesso è, evidentemente, maggiormente sentita in quelle realtà caratterizzate da una maggiore complessità orografica e dal grado di antropizzazione del territorio montano. Il titolo 2c di "Direttore delle operazioni" è stato acquisito da solo 141 persone (unicamente di cittadinanza italiana poiché è una figura professionale prevista specificamente dalla nostra normativa nazionale e regionale/provinciale). La distribuzione geografica, in base alla regione ed alla provincia di residenza dichiarata, dei 141 titolati 2c AINEVA appare prevalentemente concentrata nelle regioni ove siano presenti i comprensori sciistici.

A partire dai primi anni 2000 il numero di titolati 2c è progressivamente calato, in parte per la sostanziale saturazione dei posti di lavoro disponibili e forse anche perché i datori di lavoro hanno deciso di puntare su figure professionali ancora più specializzate quali i titolati 2d.

Il titolo 2d di "Responsabile della sicurezza" è stato acquisito da 286 persone di cui 2 stranieri (Spagnoli e Tedeschi) e 284 italiani. Anche in questo caso, la distribuzione geografica, in base alla regione ed alla provincia di residenza dichiarata, dei 284 titolati 2d AINEVA appare del tutto simile ai casi precedenti.

Come per i titolati 2c, anche il numero di "Responsabili della sicurezza" è progressivamente calato seppure in maniera decisamente più contenuta. A differenza

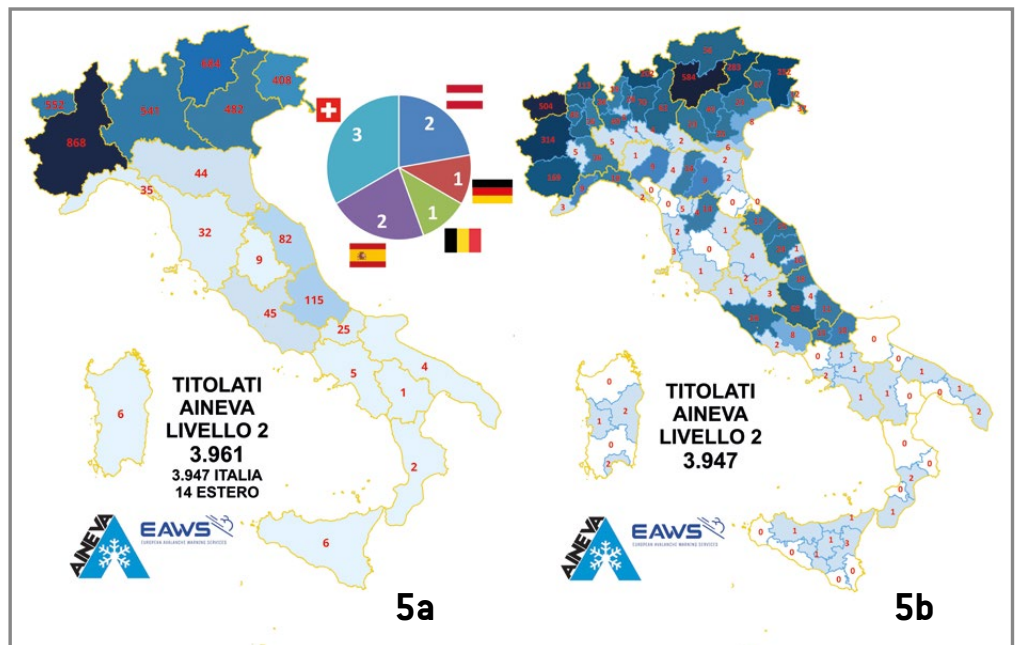
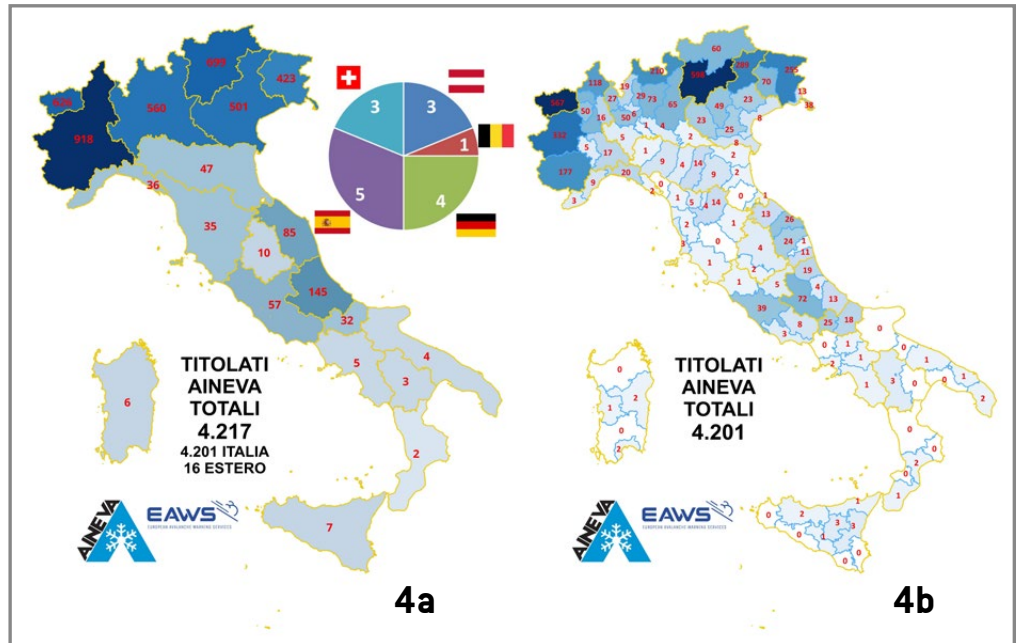


Immagine 7 - Le mappe mostrano la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione (4a) e della provincia (4b) di residenza dichiarata dei titolati AINEVA; il numero dei 16 titolati stranieri compare nel grafico a torta della mappa di sx accanto alla bandiera nazionale.

Immagine 8 - La mappa mostra la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione (5a) e alla provincia (5b) di residenza dichiarata, dei 3.961 titolati AINEVA di Livello 2. Il numero dei 14 titolati stranieri compare nel grafico a torta accanto alla bandiera nazionale (5a).

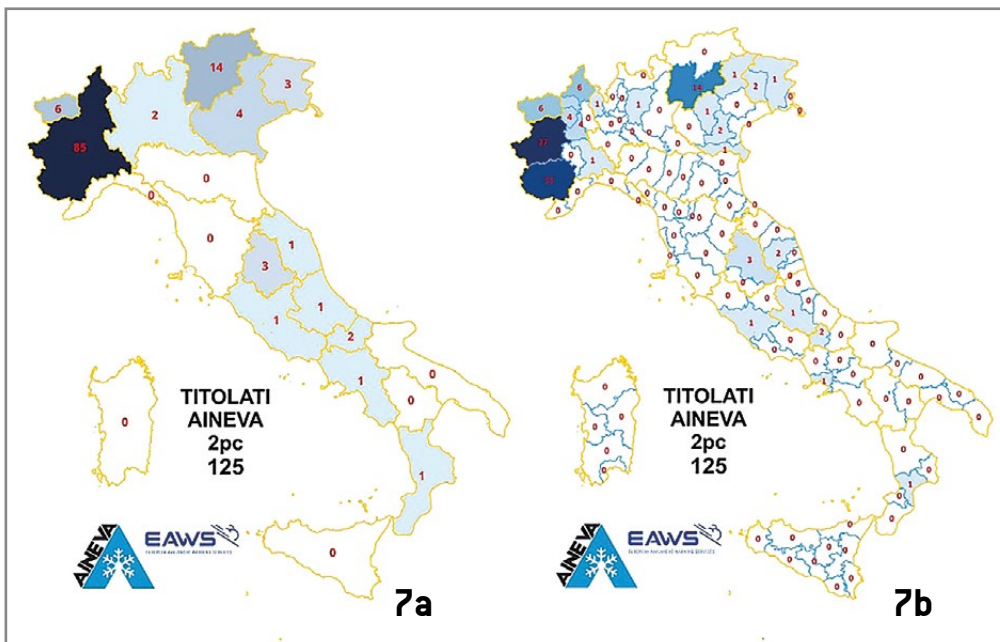
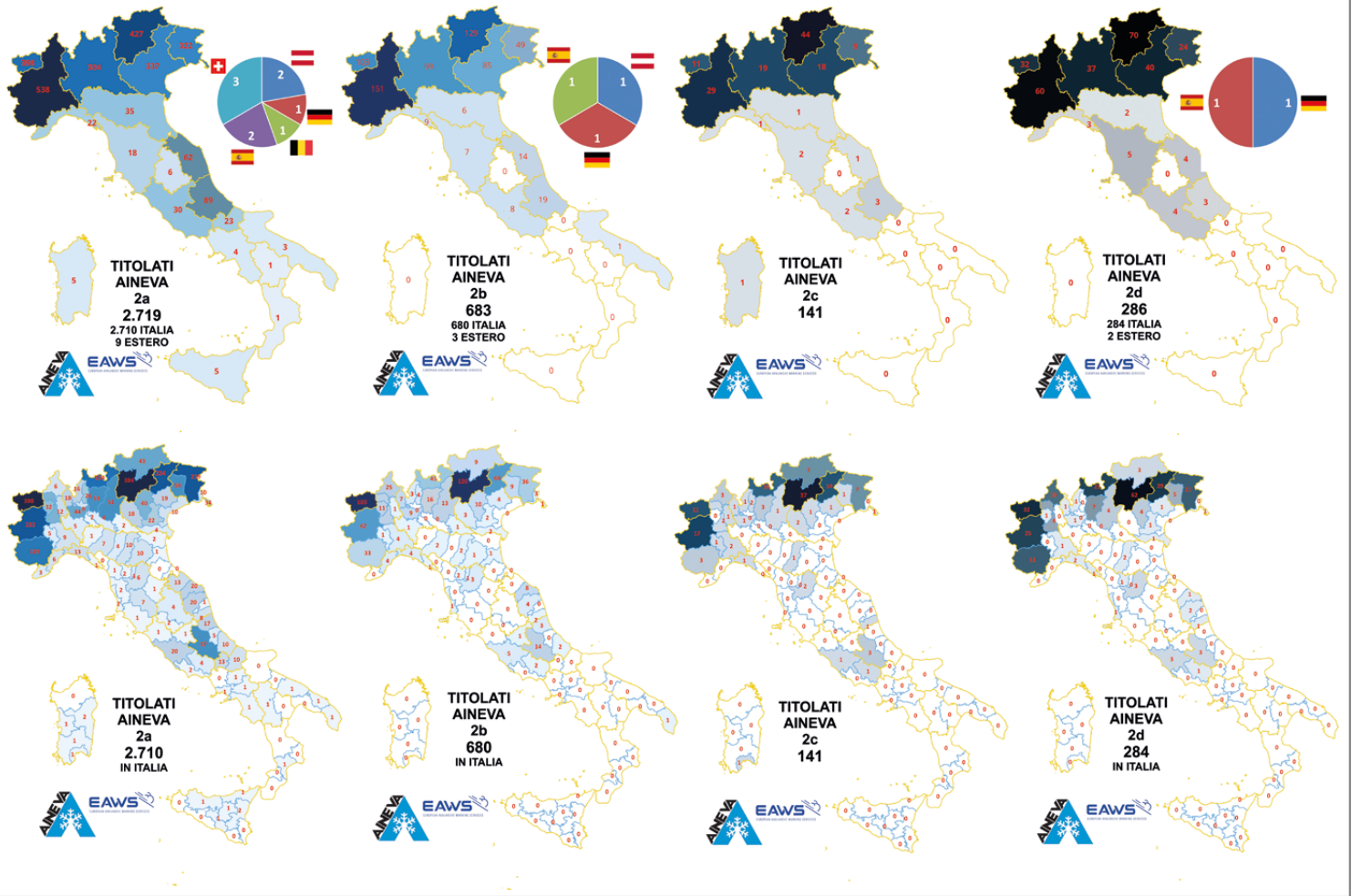


Immagine 9 - La mappa mostra la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione e alla provincia di residenza dichiarata, dei titolari AINEVA per i moduli 2a, 2b, 2c e 2d; dove presenti i titolari stranieri sono

Immagine 10 - La mappa mostra la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione (7a) e alla provincia (7b) di residenza dichiarata, dei 125 titolari AINEVA per il modulo 2pc "Gestione delle problematiche valanghive in protezione civile".

del titolo 2c, il titolo 2d viene conseguito non solo da tecnici intenzionati a lavorare nei comprensori sciistici con incarichi di elevata responsabilità gestionale ed organizzativa bensì anche liberi professionisti interessati ad acquisire maggiori nozioni

tecnico-pratiche necessarie a progettare impianti, opere e a realizzare piani di gestione o cartografie specialistiche.

Il modulo 2pc di "Gestione delle problematiche valanghive in protezione civile" è stato seguito da 125 persone di cui 86 hanno conseguito il titolo. La distribuzione geografica, in base alla regione e alla provincia di residenza dichiarata, dei 125 corsisti che hanno seguito il modulo 2pc AINEVA appare maggiormente concentrata nelle regioni che hanno il maggior numero di commissioni locali valanghe operative (Regione Piemonte, Regione Autonoma Valle d'Aosta, Provincia Autonoma di Trento), mentre nelle restanti regioni, i tecnici titolari appartengono tutti ai Centri Funzionali di Protezione Civile o ad altri enti coinvolti nella gestione della criticità valanghe in Protezione Civile.

Il modulo 2ri di "Corso di specializzazione in rilievi itineranti per Osservatore nivologico" è l'ultimo nato tra i corsi di specializzazione AINEVA. Nelle sue prime 2 edizioni

del 2023, tale titolo è stato acquisito da 9 persone. La distribuzione geografica, in base alla regione e alla provincia di residenza dichiarata, dei 9 corsisti che hanno seguito il modulo 2ri AINEVA appare distribuita in quattro regioni (Regione Piemonte, Regione Autonoma Valle d'Aosta, Regione Lombardia e Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia).

Per quanto riguarda i moduli AINEVA di livello 3, si sono titolate complessivamente 256 persone di cui 2 stranieri (Spagnoli e Tedeschi) e 254 italiani (immagine 9). La distribuzione geografica, in base alla regione di residenza dichiarata (immagine 9b), appare non troppo dissimile dalle distribuzioni precedenti tranne l'assenza di titolati in Regione Campania, Regione Puglia, Regione Calabria e Regione Autonoma Sardegna.

I titolati dei moduli AINEVA di Livello 3 sono spesso liberi professionisti interessati ad acquisire maggiori nozioni tecnico-pratiche necessarie a progettare impianti, opere, a realizzare piani di gestione o cartografie specialistiche o perizie tecniche, oltre a personale tecnico delle pubbliche amministrazioni impegnato ad esprimere pareri tecnici o a seguire istruttorie su queste tipologie di progetti/cartografie specialistiche.

LE PROSPETTIVE PER IL FUTURO

Se le prospettive di forte crescita della domanda di formazione rimarranno immutate, AINEVA dovrà affrontare la sfida di soddisfare questa richiesta a fronte, anche, di una richiesta di diversificazione dei corsi che proviene da categorie di utenti ormai molto diversificate e, in parte, frammentate. I cicli di pensionamento del personale tecnico degli uffici, non sempre bilanciati tempestivamente da nuove assunzioni, rischiano di veder aumentare il carico di lavoro per i tecnici che rimangono e di ridurre in tal modo il numero di docenti AINEVA rischiando, altresì, di disperdere anche un patrimonio di esperienze tecnico-scientifiche specialistiche e di alto livello che non ha uguali in Italia. Salvo rare eccezioni (con le quali AINEVA

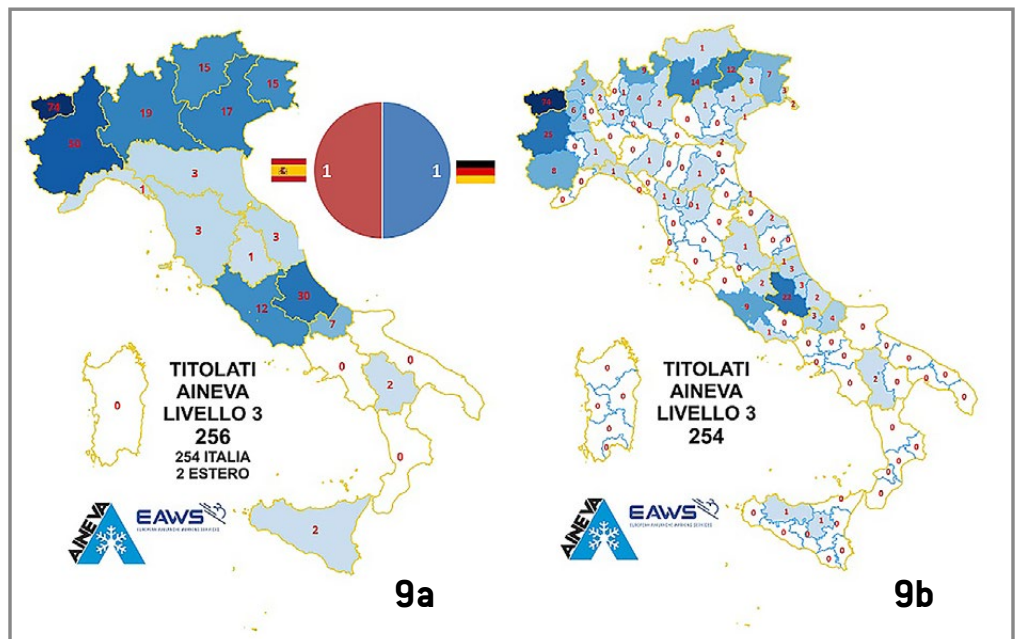
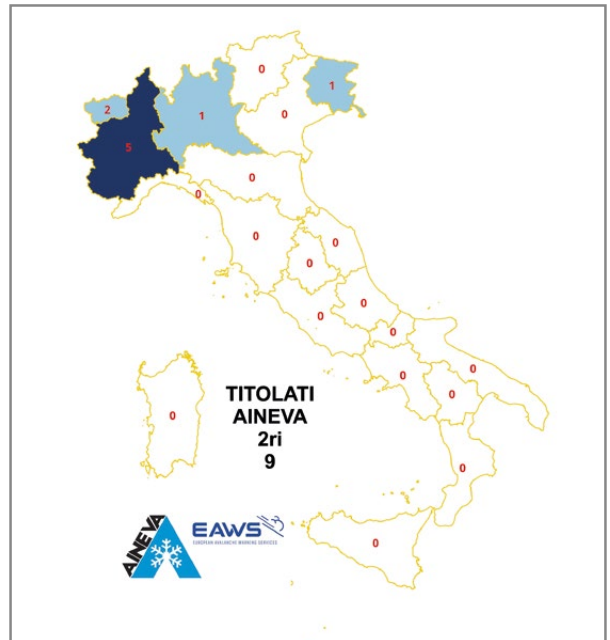
collabora), il panorama universitario italiano in questi quarant'anni si è dimostrato incapace di raccogliere la sfida e di attivare corsi di laurea che trattino l'affascinante mondo delle scienze criosferiche ed in particolare della nivologia e dello studio delle valanghe. Non è infrequente, infatti, che gli studenti universitari che vogliono approcciarsi a queste discipline finiscano per iscriversi ai corsi AINEVA per colmare le lacune della propria preparazione universitaria sul tema.

Per altre categorie d'utenti (in possesso del diploma di istruzione liceale, tecnica o professionale), le sessioni d'esame degli ultimi cinque o sei anni hanno iniziato ad

evidenziare carenze di preparazione dei candidati specie su alcune materie di base (fisica e matematica, scienze, logica) nonché una ridotta propensione alla lettura ed alla capacità di organizzare lo studio. Questa mutazione è forse frutto delle profonde trasformazioni tecnologiche, sociologiche e culturali a cui sta andando incontro il nostro paese. Si tratta di una sfida che i docenti di AINEVA dovranno saper cogliere per riadattare i contenuti, lo stile comunicativo adottato nella didattica e le prove d'esame al fine di colmare un gap generazionale che rischia d'inficiare il risultato atteso: continuare a formare eccellenti tecnici nivologi per il futuro.

Immagine 11 - La mappa mostra la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione di residenza dichiarata, dei 9 titolati del modulo AINEVA 2ri "Corso di specializzazione in rilievi itineranti per Osservatore nivologico".

Immagine 12 - La mappa mostra la distribuzione geografica ed i relativi numeri, in base alla regione (9a) e alla provincia (9b) di residenza dichiarata, dei 256 titolati AINEVA di Livello 3. Il numero dei 2 titolati stranieri compare nel grafico a torta accanto alla bandiera nazionale (9 a).



il RUOLO di AINEVA in EAWS

Anselmo Cagnati
esperto nivologo ed
ex previsore valanghe
presso Centro Valanghe
di Arabba, ARPA Veneto
Livinallongo del Col di Lana (BL)

AINEVA ROLE IN EAWS

On the occasion of the forty-year anniversary of AINEVA, Mauro Valt, avalanche forecaster at the avalanche office of Arabba (ARPA Veneto) has interviewed his friend and former colleague Anselmo Cagnati, the historic representative for Italy within the international group of European avalanche warning services (EAWS). Anselmo Cagnati's interview, as reported in the following, goes over the most significant steps EAWS has achieved and shared in the field of avalanche danger estimation and the role of AINEVA within the working group of the European avalanche warning services.

In occasione del quarantennale di AINEVA Mauro Valt, previsore valanghe al Centro Valanghe di Arabba (ARPA Veneto) ha intervistato l'amico ed ex collega Anselmo Cagnati, storico delegato per l'Italia nel Gruppo Internazionale dei Servizi Valanghe Europei (EAWS).

La testimonianza di Anselmo Cagnati, che riportiamo di seguito, ripercorre dalla nascita i passi salienti che EAWS ha condiviso nel campo della stima del pericolo valanghe e il ruolo che AINEVA ha ricoperto all'interno del Gruppo di lavoro dei Servizi valanghe europei.



40 ANNI DI AINEVA

VALT: Buongiorno Anselmo, ci ritroviamo in questa occasione per parlare di AINEVA e di quella che è stata la sua storia. Tu sei stato il suo rappresentante per lungo tempo all'interno del gruppo dei previsori valanghe internazionale. Ti ricordi com'è nato questo gruppo di lavoro?

CAGNATI: Questo gruppo è nato nel 1983, quindi nello stesso anno in cui è nata AINEVA ed è un gruppo nato spontaneamente al quale inizialmente facevano parte solamente le regioni dell'arco alpino e quindi l'Italia, la Francia, la Svizzera e l'Austria con lo scopo iniziale è stato quello di standardizzare alcune modalità operative usate dai servizi valanghe per la raccolta dei dati. Va detto che quelli erano gli anni in cui nascevano la maggior parte dei servizi valanghe sia in Italia che in altre regioni alpine. Esistevano tuttavia due grosse realtà che erano la Svizzera, dove all'SLF di Davos il tema valanghe è stato studiato e trattato a partire dagli anni '30, e il servizio valanghe francese che afferiva a Meteo France quindi un servizio molto evoluto e strutturato. Questi primi anni sono stati entusiasmanti e seppur ci fosse un po' di timore reverbale verso questi due servizi che già da tempo si occupavano della tematica, l'AINEVA si è inserita molto bene all'interno

del gruppo già da subito.

VALT: Ricordo che un giorno sei partito per andare in Bavaria (era il 1992) dove c'era una riunione internazionale dalla quale sei tornato a casa con una novità straordinaria. Ci puoi raccontare?

CAGNATI: si tratta della pietra miliare nella storia del Gruppo Europeo dei Servizi Valanghe. Stiamo parlando dell'approvazione della scala unificata di pericolo di valanghe. Questo tema era già presente negli anni 80, c'era la consapevolezza di una grande lacuna dovuta al fatto che i vari Servizi utilizzavano delle scale di pericolo molto diverse l'una dall'altra (alcune prevedevano 4 gradi di pericolo, altre 8). In quel periodo iniziava a diffondersi la pratica dello scialpinismo sulle Alpi e la transnazionalità dell'escursionismo costituiva un grosso problema per la comprensione del pericolo di valanghe da parte degli utenti. In quel contesto a Wilbad Kreuth nel 1993 il gruppo di lavoro dei Servizi di Previsione Valanghe Europei ha approvato la scala unificata, impostata su 5 gradi di pericolo. Un grande merito di questa importante risultato va riconosciuto alla regione ospitante, la Baviera. Vi racconto un piccolo aneddoto, quando siamo arrivati, l'ex capo del Servizio Valanghe bavarese ci ha letteralmente "rinchiusi" in un edificio molto austero di proprietà dei duchi di Baviera, una via di mezzo tra un convento e un castello. Chiusi a chiave in una stanza, ci siamo sentiti dire che non saremmo usciti di lì fintantoché non avessimo approvato la nuova scala di pericolo condivisa, naturalmente c'era stato un notevole lavoro preliminare, tuttavia questa è stata la

spinta che ci ha portato finalmente ad una conclusione con la definizione della scala a 5 gradi che conosciamo oggi.

VALT: questa dunque è stata la partenza dell'"Europa unita" dal punto di vista della neve e delle valanghe. Ciò ha portato anche ad altri traguardi fondamentali nel campo della stima del pericolo sul territorio.

CAGNATI: certamente, nel corso degli anni si sono raggiunti molti altri risultati. Questo gruppo all'inizio aveva come obiettivo principale quello di standardizzare le modalità operative dei Servizi Valanghe perché fino ad allora ognuno aveva lavorato secondo le proprie metodologie e capacità. Successivamente questo Gruppo si è proposto come un riferimento per i Servizi Valanghe in termini di definizione di modalità operative, procedure, standard applicabili che potessero avere una ricaduta positiva non solo sugli addetti ai lavori ma anche sugli utenti. Entra in questo filone, ad esempio, la matrice bavarese, altra innovazione molto importante che ha permesso di oggettivare meglio la previsione, fino ad allora era molto soggettiva.

La "matrice" ha infatti condotto all'adozione di criteri più oggettivi nella valutazione del pericolo.

Non solo: nel 2015 sono state approvate le "situazioni valanghive" che costituiscono il terzo livello della piramide dell'informazione tuttora utilizzata nella redazione dei bollettini valanghe.

Questo è stato un passo molto importante, ma poi ne sono seguiti molti altri. Nel 2004 è stato approvato il glossario multilingue, altro tassello fondamentale; successivamente è stata definita la dimensioni delle valanghe identificando i parametri per distinguere le varie grandezze delle valanghe (piccole, medie, grandi...); la stessa piramide delle informazioni, necessaria per conferire una struttura gerarchica alle informazioni contenute nei bollettini.

Più recentemente si è giunti alla modifica della matrice bavarese che è diventata, attraverso delle modifiche e dei miglioramenti, la matrice dei servizi valanghe europei (Matrice EWAS) e all'approvazione di un regolamento di funzionamento, il MOU,

Immagine 1 -
Fotogramma estratto
dalla videointervista
che M. Valt ha fatto
ad Anselmo Cagnati,
storico rappresentante
di AINEVA in EAWS.



approvato nel 2017 con l'introduzione di modalità di lavoro e procedure formali per la condivisione e l'approvazione dei contenuti proposti.

VALT: Qual è stato il ruolo dell'Italia nei confronti dei colossi SLF/Davos, del Cemagref francese e degli austriaci? Come siamo riusciti a partecipare portando la nostra visione?

CAGNATI: poteva sembrare un compito difficile perché erano presenti degli scienziati di fama internazionale che studiavano da decenni questo tipo di problematiche, mentre noi eravamo all'inizio, però devo dire che siamo stati accolti da subito al livello paritario. Anche agli inizi, nel decennio 1983-1993 prima dell'approvazione della scala di pericolo, abbiamo potuto portare il nostro contributo principalmente sulle modalità e gli standard utilizzati nella raccolta dei dati, sull'utilizzo della strumentazione, inserendoci da subito in maniera fattiva.

VALT: questo gruppo di lavoro si riunisce ancora oggi ogni due anni. Qual'è il segreto della longevità di questo team di esperti europei?

CAGNATI: a mio avviso il segreto dipende da diversi fattori: primo fra tutti è che il gruppo è formato da appassionati della montagna e della neve, persone che non



Immagine 2 - Foto scattata in occasione della diciannovesima assemblea generale di EAWS tenutasi a Tutzing - Germania il 13 giugno 2017 in occasione della quale sono state definite le nuove classi di grandezza delle valanghe.

solo studiano ma che mettono anche le mani nella neve, e questo è l'aspetto principale del successo di EAWS. Inoltre questo gruppo è nato dalla base ovvero da chi operava tecnicamente nel settore, non è stato quindi "calato dall'alto" dai livelli della politica ma è nato da chi opera sul territorio. Un terzo fattore è dovuto al fatto che il gruppo si è sempre riunito, come dicevo all'inizio spontaneamente e senza alcun budget, perché si sa che quando iniziano a circolare i soldi le cose possono prendere delle strade particolari e potenzialmente far morire anzitempo iniziative importanti; invece, il gruppo di lavoro EAWS è tutt'ora molto attivo e lo

sarà ancora per gli anni futuri!

VALT: che messaggio puoi dare ai giovani che lavorano nel campo della neve e delle valanghe?

CAGNATI: penso che occorra rinvigorire lo spirito iniziale del gruppo e quindi la volontà di partecipazione, non temere di portare le proprie conoscenze ed esperienze perché possono essere importanti, nonostante ci siano in tutta Europa tecnici di fama internazionale tutti hanno qualcosa da imparare. Le nostre esperienze possono essere importanti infatti noi, sul versante sud-alpino abbiamo delle peculiarità che altri non hanno e che meritano di essere tenute in considerazione nella ricerca.

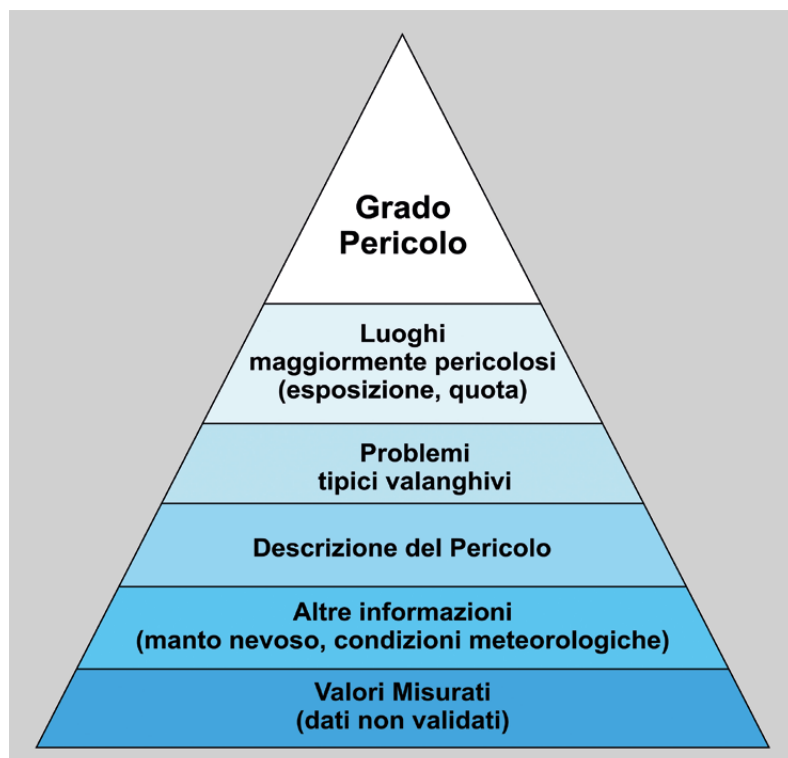
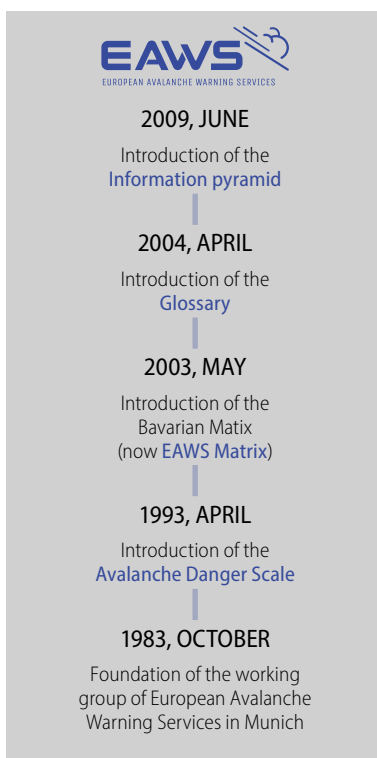


Immagine 3 - Sito EAWS (<https://www.avalanches.org/>) dove vengono elencate le pietre miliari della storia di Servizi valanghe europei a partire dalla fondazione avvenuta nel 1983.

Immagine 4 - Struttura della piramide informativa utilizzata nei bollettini valanghe con al primo livello il grado di pericolo, al secondo livello la localizzazione del pericolo e al terzo i problemi valanghivi.

INCIDENTI da sulle ALPI VALANGA MERIDIONALI

Mauro Valt
previsore valanghe
ARPA Veneto - Centro Valanghe di Arabba,
Livinallongo del Col di Lana (BL)

40 ANNI DI INFORMAZIONI

AVALANCHE ACCIDENTS IN THE ALPS SOUTHERN

The study of the dynamics of avalanche release accidents is of great importance for avalanche services to understand the stability of the snowpack, the behaviors of snow walkers in open areas, and to understand the residual criticality of inhabited areas.

AINEVA has been collecting information on known accidents for 40 years, namely those related by documentation that can reconstruct the essential elements of the phenomenon. In hiking, the category most affected is ski mountaineers with more than 50 percent of accidents (with and without fatalities), and among mountain professionals, mountain guides. Over the years, the average altitude of the detachments has been increasing as has the slope inclination signifying a probable search for the extreme by hikers and snow higher up. Beyond the shaded slopes, in the north to northeast exposures, on the southern side of the Alps, the southeast exposure is also important with a good accident rate.

It has been observed that when there is an avalanche involving people, in 60% of cases there are no people run over. The strategy of self-rescue is still the most effective search intervention for rescuing the overwhelmed with an average time of 18 minutes, compared with organized rescue (over 60 minutes) whose intervention is crucial in every situation. In the past 7 years, most accidents have occurred with a situation described in avalanche bulletins by "wind slabs" and with danger grades 2-moderate and 3-considerable. The weak layers within the snowpack where avalanche release occurs are predominantly formed by faceted crystals, depth hoar, melting forms, surface hoar and recent snow.

Lo studio delle dinamiche degli incidenti dovuti al distacco di valanghe è di grande importanza per i servizi valanghe per comprendere la stabilità del manto nevoso, i comportamenti degli escursionisti sulla neve nelle zone aperte e per capire le criticità residue delle aree antropizzate.

AINEVA da 40 anni raccoglie informazioni sugli incidenti noti e cioè quelli corredati da una documentazione che ne possa ricostruire gli elementi essenziali del fenomeno. Nell'escursionismo la categoria più interessata è quella degli sci alpinisti, con oltre il 50% degli incidenti (con e senza morti) e fra i professionisti della montagna le Guide Alpine. Nel corso degli anni, la quota media dei distacchi è andata aumentando come anche l'inclinazione dei pendii, a significare una probabile ricerca dell'estremo da parte degli escursionisti e neve più in quota. Oltre i versanti in ombra, nelle esposizioni da nord a nord-est, sul versante meridionale delle Alpi è importante anche l'esposizione sud-est con una buona percentuale di incidenti.

E' stato osservato che quando si verifica una valanga con coinvolgimento di persone, nel 60% dei casi non ci sono persone investite. La strategia dell'autosoccorso è ancora l'intervento di ricerca per il salvataggio dei travolti più efficace con un tempo medio di 18 minuti, rispetto al soccorso organizzato (oltre i 60 minuti) il cui intervento è fondamentale in ogni situazione.

Negli ultimi 7 anni, la maggior parte degli incidenti è avvenuta con una situazione descritta nei bollettini valanghe da "neve ventata" e con i gradi di pericolo 2-moderato e 3-marcato. Gli strati deboli all'interno del manto nevoso in cui avviene l'innescò del fenomeno sono prevalentemente formati da cristalli sfaccettati, brina di profondità, cristalli da fusione, brina di superficie e neve recente.



Fig. 1 - Home page degli incidenti da valanga su www.aineva.it

Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe

BOLLETTINI Pubblicazioni Corsi EAWS Notizie Incidenti Chi siamo Link Area riservata DPCM 12.08.2019

Legenda incidenti:

- Senza feriti o vittime;
- Con feriti senza vittime;
- Con 1 vittima;
- Con 2 vittime;
- Con 3 o più vittime;

Stagione: 2022/23 Provincia: Località: Categoria: Filtro Rimuove Statistiche

Licenza d'uso: BY-ND 4.0 (Attribution-NoDerivatives 4.0 International) - Vedi in italiano

Totale incidenti: 67

	DATA	PR.	LOCALITÀ	CATEGORIA	ESPO.	VALANG.	PERICOLO	TRAV. 134	ILLESI 89	FERITI 21	VITTIME 24
Zoom	29/04 2023	SO	Punta Pedranzini	Scialpinismo Con sci in salita	Sud-Est	2 Neve ventata	3-marcato	1	0	1	0
Zoom	24/04 2023	TO	Val Susa, Truc Peyron	Scialpinismo Con sci in salita	Nord-Est	2 Neve ventata	2-moderato	2	2	0	0

INTRODUZIONE

Nel 1983, le regioni alpine italiane, costituivano l' "Associazione interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe" chiamata AINEVA.

Fra i diversi temi per i quali era necessario uniformarsi, emergeva il bisogno di raccogliere una documentazione condivisa riguardante gli incidenti da valanga, sia per fini statistici sia per capirne più nel dettaglio il fenomeno. Negli anni '80 e ancora prima, la rendicontazione degli incidenti era affidata al CAI-Servizio Valanghe Italiano e alle organizzazioni di Soccorso Alpino. Intrapresa questa iniziativa, occorre attendere la fine degli anni novanta per vedere realizzato un data base comune con i dati degli incidenti da valanga che riportano le informazioni su vittime, feriti e/o illesi. L'esigenza di documentazione ha permesso poi di comprendere il fenomeno dell'escursionismo in montagna, di capire per tempo le nuove tendenze (sci fuori pista con lo snowboard, escursionisti con racchette da neve, etc.) e di provvedere alle modifiche/correzioni dei documenti informativi; ne è l'esempio l'integrazione

della scala di pericolo valanghe con le attività dell'escursionista con racchette da neve, definito come "debole sovraccarico". Oltre alle semplici statistiche relative alle categorie interessate e alla morfologia del distacco, AINEVA ha cercato di approfondire le conoscenze sul fenomeno per meglio gestire anche la didattica e il materiale informativo destinato alla formazione e alla divulgazione.

Oggi il data base degli incidenti da valanga di AINEVA ha 40 anni di dati consolidati che sono anche confluiti nel data base internazionale di EWAS (www.avalanches.org) poiché attualmente il fenomeno e il movimento degli escursionisti non è più locale e legato solamente al periodo primaverile, come le guide di scialpinismo degli anni '70 descrivevano, ma globale lungo tutte le stagioni dell'anno alla ricerca della "neve"!

L'INCIDENTE DA VALANGA

Sono classificati come incidenti da valanga tutti quei distacchi noti dove uno sciatore/escursionista rimane coinvolto, non necessariamente sepolto o ferito. La definizione di "incidente noti" racchiude due concetti:

il primo consiste nell'essere a conoscenza del verificarsi del fenomeno e il secondo aver raccolto le informazioni di base per poterlo inserire nei data base di AINEVA. Pertanto, in linea generale, tutti gli incidenti da valanga presenti nel data base hanno, presso l'ufficio valanghe AINEVA di zona, una documentazione.

Le informazioni raccolte sono variate nel corso dei decenni ma di norma riguardano il numero e le caratteristiche delle persone presenti e/o coinvolte: cosa stavano facendo nel momento del travolgimento, come e con quali mezzi vengono ritrovate, l'eventuale professione dei travolti inerenti le attività alpine come professionisti della montagna, addetti agli impianti sciistici...); inoltre vengono raccolte informazioni che riguardano i tempi di ricerca, la profondità dei sepolti, la nazionalità etc... Ulteriori informazioni raccolte riguardano il tipo di valanga che ha causato l'incidente come la quota di distacco, l'esposizione, la pendenza, la larghezza e lo spessore. Quando le condizioni lo permettono, gli uffici valanghe, nei primi giorni dopo l'evento, effettuano un rilievo stratigrafico per indagare sul piano di scivolamento, il

tipo di valanga (lastroni, soffice) ed altre informazioni riguardanti la sicurezza (ad esempio: i travolti avevano dispositivi tipo lo zaino airbag?).

Queste informazioni servono ai servizi valanghe per comprendere il fenomeno valanghivo, i comportamenti di gruppo, i cambiamenti di comportamento nel corso degli anni e non come elemento di "Polizia giudiziaria" il cui ruolo è esterno agli uffici valanghe.

Ad esempio, un recente studio dell'SFL di Davos realizzato utilizzando gli itinerari GPS degli escursionisti combinato con i dati degli incidenti da valanga, ha permesso di stabilire che il rischio (non il pericolo) di valanghe quadruplica da un grado all'altro: se ci si trova in una area con grado di pericolo "3-marcato", il rischio è 17 volte più alto di quando nella stessa area il grado di pericolo è "1-debole" (Winkler et al. 2021). Il modo in cui si viene a conoscenza degli incidenti, cui segue la raccolta delle informazioni da parte di AINEVA è molto diversificato: le informazioni provengono dalle comunicazioni delle organizzazioni di soccorso, dalla stampa o direttamente dai presenti e/o coinvolti; in tutti i casi viene effettuata una verifica di congruità fra l'evento e le caratteristiche di base che definiscono "incidente da valanga".

IL GRANDE DATA BASE AINEVA

In Italia i dati sugli incidenti da valanga sono stati raccolti dagli Uffici Valanghe afferenti all'AINEVA, con il contributo delle diverse organizzazioni preposte alla prevenzione e al soccorso in montagna: il Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico (C.N.S.A.S.), l'Alpen Verein Sudtiroil (A.V.S.), il Servizio Valanghe Italiano (S.V.I.-C.A.I.), il Soccorso Alpino della Guardia di Finanza (S.A.G.F.), il servizio Me-teomont (Esercito Italiano Truppe Alpine e Carabinieri Forestali).

Per la ricostruzione storica del data base e per la successiva gestione sono stati consultati i lavori di Gansser F., (1986), Cagnati A. e Valt M., (1989, 2009, 2010), Valla F., (1990), Zuanon J.P., (1996), Cagnati A., Valt M., Zasso R., Meraldi E., e Peretti G., (2001),

Valt M. e Cianfarra P. (2010), Valt e al. (2003), Valt (2009, 2011), Pivot S. (2015) e Techel, F., Jarry, F., Kronthaler, G., Mitterer, S., Nairz, P., Pavšek, M., Valt, M., and Darms, G. (2016). Il data base, inizialmente realizzato su excel, oggi risiede sulla piattaforma www.aineva.it dove sono consultabili tutte le stagioni invernali con i dati salienti.

Sul sito la mappa interattiva (Fig. 1), localizza gli eventi colorandoli in base agli effetti collaterali e proponendo un pop up con le informazioni principali. Sulla tabella, cliccando su "zoom" (prima colonna), si ha la localizzazione precisa dell'incidente su una mappa di dettaglio. Con i filtri "stagione", "provincia", "località" e "categoria" si possono affinare le ricerche. In "Statistiche" al momento sono implementati gli istogrammi dell'andamento "storico" di "Travolti", "Feriti", "Morti" (vittime) e "Illesi" mentre altre funzionalità sono in via di realizzazione.

I DATI PRINCIPALI DEGLI INCIDENTI DA VALANGA

Il data base è formato da 1839 incidenti noti, dal primo del 12.01.1984 Pale di San Martino [TN] a quello del 29.04.2023 di Punta Perenzini [SO], che hanno causato complessivamente 812 morti.

In Fig. 2 sono raffigurati il numero di incidenti noti e il numero di vittime nei 4 decenni.

Il numero di incidenti nei decenni è diverso e si nota un incremento nel ventennio recente a seguito di una maggior attenzione nel documentare gli eventi; tuttavia è interessante notare che malgrado un calo degli incidenti nell'ultimo decennio, il numero di morti sia comunque in crescita (Fig. 2). Dal punto di vista statistico, ogni 100 incidenti noti negli ultimi 10 anni, 29 sono mortali (31% la media su 40 anni), con un indice di fatalità dello 0,4 ovvero di 1 morto ogni 2,5 incidenti. Questo valore, dello stesso ordine di grandezza dei 2 decenni precedenti, è molto elevato se confrontato con altre tipologie di incidenti. Per gli incidenti in auto è dello 0,02 (dato relativo al 2022. https://www.istat.it/it/files/2023/07/REPORT_INCIDENTI_STRADALI_2022_IT.pdf), per gli incidenti con i

Jet di 0,17 per milione di voli <https://www.missionline.it/sicurezza-incidenti-aerei-2023/#:~:text=Il%20numero%20di%20vittime%20per,che%20ha%20provocato%2019%20morti.>

Nella Fig. 3 è possibile osservare le aree con più incidenti noti secondo la suddivisione alpina SOUISA. Purtroppo non sono disponibili dati sulla differente presenza di escursionisti nelle varie zone al fine di poter stabilire per ciascuna area geografica un rapporto fra numero di incidenti e frequentati della montagna.

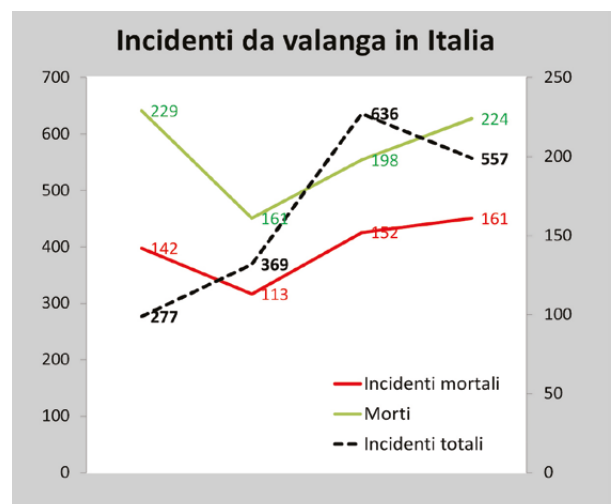
A titolo di esempio, il report SkiPass Panorama Turismo 2022-2023 (<https://www.jfc.it/category/skipass-panorama-turismo/>), indica il movimento dello sci alpinismo in 106.000 utenti rispetto ai 41.000 della stagione 2012-22 e per le racchette da neve un 462.000 rispetto ad 435.000; per la stagione 2022-23 il previsionale indicava 2.480.000 utenti per lo sci alpino e 288.000 per lo sci nordico.

Spesso si è tentati di pensare che il numero di incidenti e di morti sia direttamente proporzionale alla nevosità della stagione invernale ovvero più nevicata, più incidenti da valanga e morti avvengono.

Per poter comprendere se esiste una relazione diretta, è stato elaborato l'indice di pericolosità della stagione invernale, che correla la nevosità espressa come SAJ Index del cumulo stagionale di neve fresca e il numero di morti.

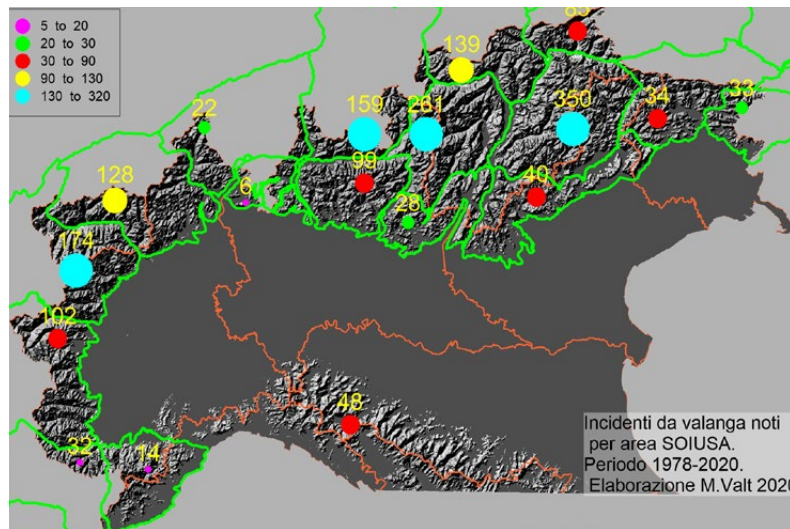
Il dato risultante (Fig. 4) evidenzia con il valore 0 le stagioni con neve e morti nella media, con -1 le stagioni con meno morti della media e neve nella media o inferiore

Fig. 2 - Suddivisione del numero di incidenti e morti per i 4 decenni.



40 ANNI DI AINEVA

Fig. 3 - Numero di incidenti per area alpina (Suddivisione SUOISA https://it.wikipedia.org/wiki/Suddivisione_Orografica_Internazionale_Unificata_del_Sistema_Alpinista).



aperte, abitati, vie di comunicazione) sono il 5-7% del totale. Da ricordare la tragedia di Rigopiano, del 18.01.2017, con ben 29 morti. Nel demanio sciabile sono stati osservati il 30% degli incidenti: 474 incidenti riguardano freeriders (che salgono con l'impianto e scendono fuoripista), 39 incidenti di sciatori su piste aperte (o presunte aperte) e altri 40 che hanno interessato addetti agli impianti di risalita a vario titolo. Negli ultimi 10 anni su 557 incidenti ben 63 (11% dei casi) hanno visto coinvolte persone straniere, molto spesso Guide Alpine.

INCIDENTI E PROFESSIONISTI DELLA MONTAGNA

Gli incidenti coinvolgono anche professionisti della montagna, sia in ambito lavorativo (incidenti sul lavoro) sia in ambito ricreativo. Senza entrare nel merito di questo ultimo aspetto, presupponendo che la formazione ricevuta per svolgere la funzione professionale entri comunque in gioco anche se il professionista si trova in ambito ricreativo, in 40 anni sono il 13% del totale gli incidenti che coinvolgono i professionisti della montagna (stessa percentuale negli ultimi 10 anni), con una prevalenza di guide alpine, seguite da maestri di sci e addetti dei comprensori sciistici (battipista in prevalenza) (**Fig. 6**). Da notare che non mancano incidenti fra tecnici osservatori del manto nevoso, operatori del soccorso in montagna anche in fase operativa, istruttori CAI e di altre associazioni. Pertanto, l'incidente da valanga può anche essere considerato, per certe categorie, come un incidente sul lavoro e quindi deve essere effettuata una formazione opportuna (che già in parte avviene) e utilizzate delle opportune attrezzature (anche intesi come Dispositivi di Protezione Individuali- DPI).

GRADO DI PERICOLO VALANGHE NEL GIORNO E NELL'AREA DELL'INCIDENTE

La maggior parte degli incidenti da valanga, circa il 60%, avviene con un grado di pericolo 3-marcato, un altro 25% avviene

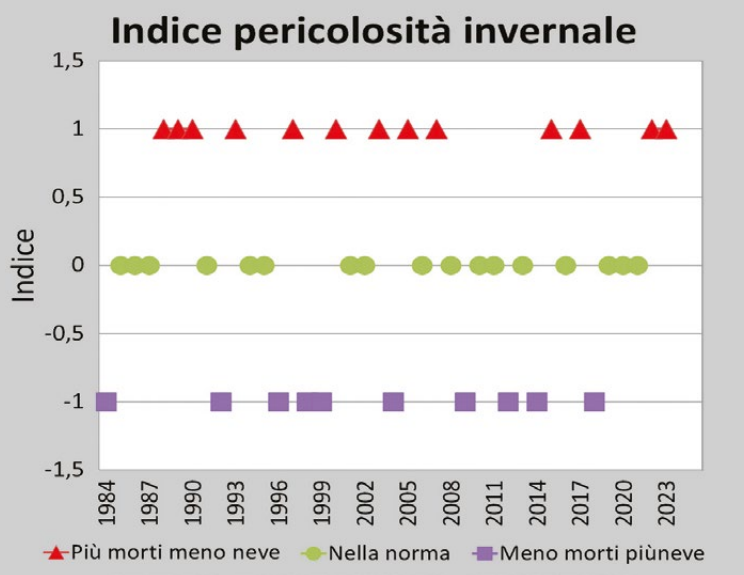


Fig. 4 - Indice di pericolosità di una stagione invernale realizzato incrociando i dati di nevosità e i morti in valanga.

e con +1 le stagioni con neve nella media o meno e più morti della media. Gli scostamenti sono bene evidenti. Dal 1980 sono ben 13 le stagioni con un elevato numero di morti con poca neve e 11 le stagioni con meno morti della media e un buon innevamento.

LE CATEGORIE DEI TRAVOLTI IN VALANGA

Per quanto riguarda le categorie coinvolte negli incidenti da valanga, gli sci alpinisti rappresentano circa il 50%, maggiormente in discesa che in salita; tuttavia negli ultimi 10 anni (**Fig. 5**) si è osservato un incremento degli incidenti di scialpinisti in discesa con il 31% del totale, rispetto ad una media attorno al 26%. La categoria dei free rider, che include sia gli sciatori che gli snowboarder, sono circa ¼ dei travolti a

cui segue la categoria degli alpinisti (9%) che ha fatto registrare un picco negli anni '90 quando la neve era poca e le scalate invernali, specie lungo le cascate, erano diventate più frequenti.

Nel periodo 2004-2013 di contro, si è osservato un incremento degli incidenti che ha coinvolto gli escursionisti con le racchette da neve: è stato questo infatti un periodo di forte espansione, per questa attività ricreativa sulla neve!

La tendenza negli ultimi 20 anni è di un trend positivo (aumento) degli incidenti nello sci alpinismo in discesa e un trend negativo (diminuzione) nel free rider. In questa ultima categoria, ha il suo peso la mancanza di casi nelle stagioni durante le quali i comprensori sciistici sono rimasti chiusi a causa della pandemia.

Gli incidenti nelle zone antropizzate e soggette a controllo preventivo (pista da sci

con grado 2-moderato e il 10% con grado 4-forte. Dal 1994, inizio della definizione del pericolo valanghe con la nuova scala europea, sono stati osservati anche 45 incidenti con grado 1-debole e 5 con grado 5-molto forte (l'ultimo il 7 dicembre 2020 ad Arabba lungo una strada).

Nella **Fig. 7** sono riportati gli incidenti da valanga negli ultimi 20 anni suddivisi per categoria e grado di pericolo espressi come percentuale rispetto al totale.

Nello sci alpinismo, un buon 30% degli incidenti avviene con grado 2-moderato e questo forse denota una difficoltà di interpretazione dei segnali di instabilità latente del manto nevoso. Nel Free rider gli incidenti sono oltre l'80% con grado uguale o maggiore di 3-marcato. Nell'alpinismo, con il grado 4-forte abbiamo lo stesso numero di incidenti che con grado 3-marcato, ad indicare una frequentazione della montagna di questa categoria anche con condizioni di pericolo importante. I casi di incidenti in abitazioni sono tutti con gradi 4-forte o 5-molto forte, sulle vie di comunicazione più del 50% avviene con grado 3-Marcato, mentre su piste aperte un incidente su quattro avviene con grado 4-forte ma anche un buon 21% con gradi inferiori al 3-marcato. Oltre alla instabilità generale (incidenti con gradi importanti), gli incidenti con situazioni di instabilità meno diffuse ma che gravano sulle piste aperte, denotano una possibile minor attenzione da parte del gestore delle piste nella valutazione delle condizioni di sicurezza.

Lo studio degli incidenti da valanga rispetto al grado di pericolo dell'area riportato nel bollettino valanghe ha spinto i previsori valanghe a verificare se fossero possibili delle diversificazioni del grado di pericolo con indicazioni di maggior dettaglio, rimanendo sempre nelle definizioni della scala di pericolo.

Sono stati quindi presi in considerazione gli incidenti avvenuti in due aree del versante meridionale delle Alpi italiane: la Regione Valle d'Aosta con 46 incidenti da valanga nel periodo 2010-2014 e le Alpi Orientali con 99 incidenti nel periodo 2008-2015.

Per le date degli incidenti da valanga sono

state analizzate le Matrici Bavaresi classiche (MB) (Zencke, 2002) con i gradi di pericolo pesati (Valt e Berbenni, 2011), compilate dai previsori valanghe per redigere i bollettini valanghe.

Dall'analisi delle MB è emerso che

- ▶ 4 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "4"
- ▶ 17 incidenti sono avvenuti con un grado di pericolo pesato "4-"
- ▶ 9 incidenti sono avvenuti con grado

pesato "3+"

- ▶ 60 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "3"
- ▶ 15 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "3-"
- ▶ 9 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "2+"
- ▶ 27 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "2"
- ▶ 4 incidenti sono avvenuti con grado di pericolo pesato "2-"

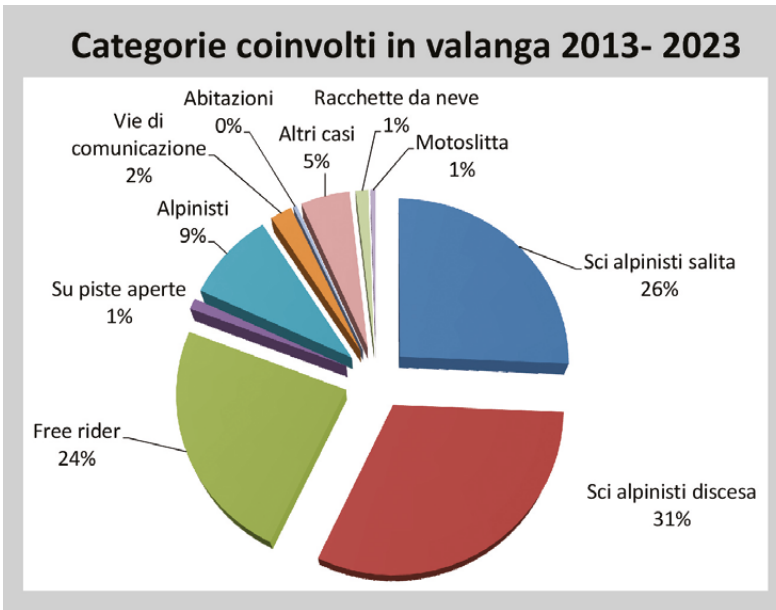


Fig. 5 - Incidenti da valanga nelle diverse categorie nel decennio recente 2014-2023.

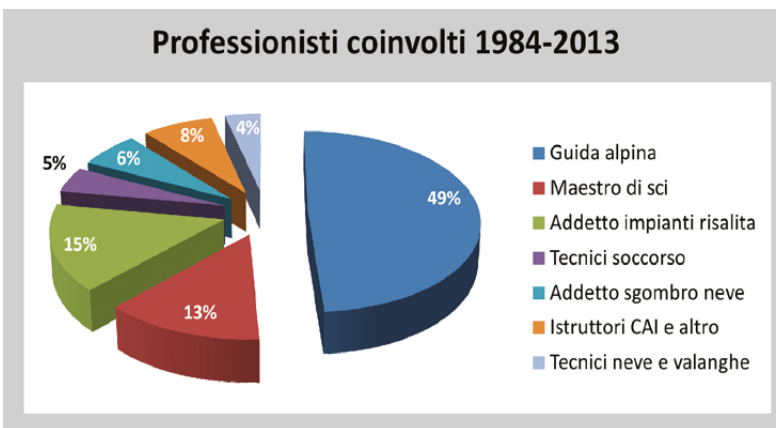


Fig. 6 - Incidenti da valanga fra i professionisti della montagna. Il totale rappresenta circa il 13% del data base.

	1 DEBOLE	2 MODERATO	3 MARCATO	4 FORTE	5 MOLTO FORTE
Sci alpinisti salita	2%	30%	62%	6%	0%
Sci alpinisti discesa	2%	31%	61%	5%	0%
Free rider	1%	15%	74%	10%	0%
Alpinisti	6%	9%	43%	43%	0%
Racchette da neve	34%	51%	12%	2%	0%
Motoslitta	0%	8%	58%	33%	0%
Su piste aperte	3%	18%	56%	24%	0%
Vie di comunicazione	0%	17%	54%	23%	6%
Abitazioni	0%	0%	0%	83%	17%
Altri casi	0%	18%	57%	25%	0%

Fig. 7 - Tabella con la percentuale del grado di pericolo valanghe nell'area dell'incidente in funzione della categoria di coinvolti.

Fig. 8 - Valore di inclinazione media del pendio nella zona di distacco delle valanghe. Periodo 2014-2023.

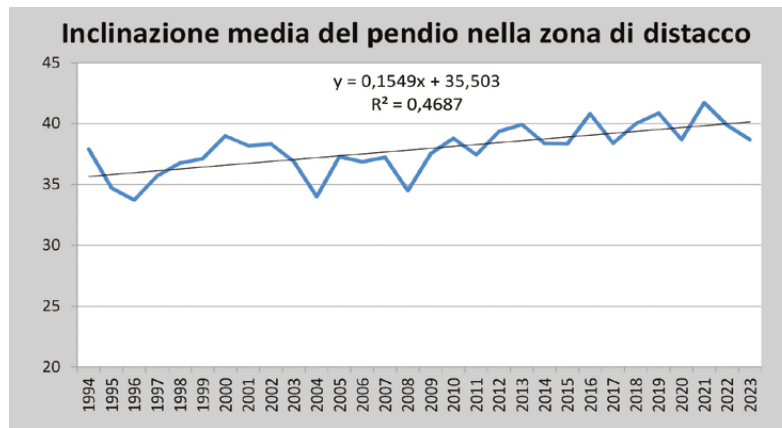


Fig. 9 - Quota media del pendio nella zona di distacco delle valanghe per le diverse categorie. Periodo 2014-2023.

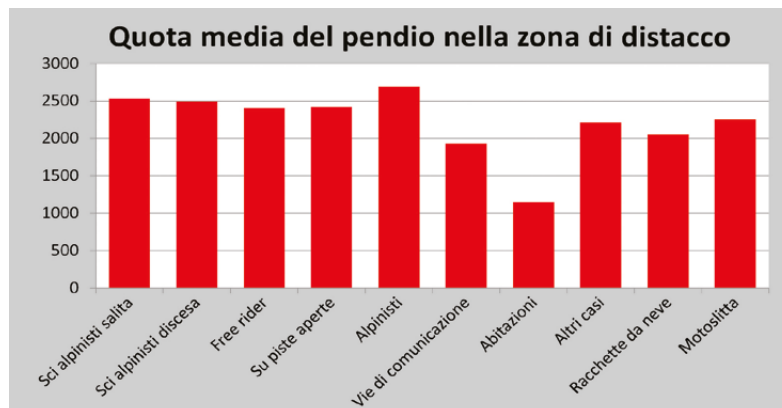
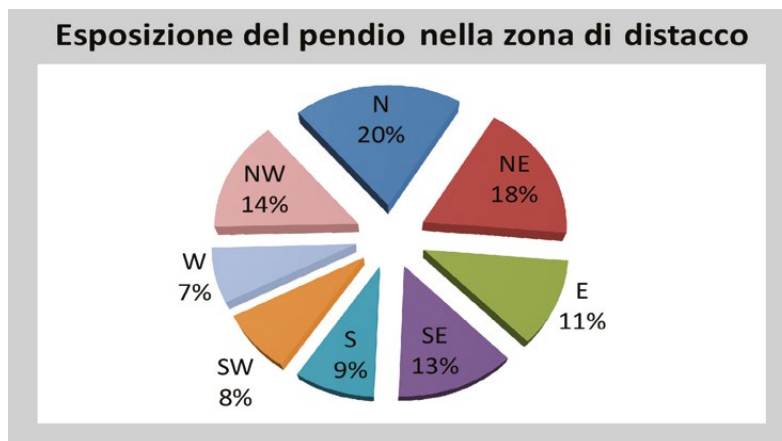


Fig. 10 - Esposizioni percentuali delle zone di distacco delle valanghe. Periodo 2014-2023.



Ne deriva che il 62% degli incidenti da valanga sono avvenuti con un grado di pericolo centrato mentre il 38% con gradi intermedi.

I DATI MORFOLOGICI DELLE ZONE SOGGETTE AL DISTACCO DI VALANGHE

La maggior parte dei distacchi di valanghe avviene lungo pendii che hanno 38,5° di inclinazione stimata con la tendenza negli ultimi 10 anni all'aumento (39,5°). Infatti, confrontando i dati del decennio 2004-2013 con il 2014-2023, appare subito evidente l'aumento del valore medio di quasi 2° di

inclinazione dei pendii oggetto di incidenti da parte degli sci alpinisti in discesa e di 3° (valore medio 44° di inclinazione) per gli alpinisti, mentre l'incremento da parte dei free rider è meno importante +0,8° pari ad un valore di 38,5°. Anche i valori mediani danno le stesse indicazioni. Analizzando i dati degli ultimi 20 anni, la linea di tendenza lineare temporale mostra un +0,15° anno seppur con un R² di 0,47 (Fig. 8). La quota media di distacco sul lungo periodo è 2450 m, che raggiunge i 2510 m negli ultimi 10 anni. Anche per la quota, la linea di trend è positiva. La quota media maggiore è riferita alla categoria degli alpinisti (quasi 2700 m) mentre quelle più

basse fra gli escursionisti con racchette da neve (2050 m) e con motoslitta (2250 m); la quota media dei distacchi che interessano assi stradali è di 1900 m circa (Fig. 9). Quindi abbiamo incidenti sempre più in quota e su pendii maggiormente ripidi. La maggior parte degli incidenti da valanga (52%) avviene lungo i versanti nelle esposizioni da NW-N-NE, ma anche il settore SE è un'esposizione importante che assieme all'E rappresenta circa 1 quarto degli incidenti, mentre il grande settore S-SW-SE è relativamente meno interessato da distacchi di valanghe (Fig.10). La gran parte degli incidenti che si verificano su pendii esposti da NW a SE passando per in N (76-80% dei casi) vedono coinvolti per lo più escursionisti con gli sci e alpinisti, mentre la maggior parte degli incidenti da valanga lungo le vie di comunicazione, così come per gli escursionisti con racchette da neve, avviene per distacchi su pendii esposti al sole SE-S-SW-W (77 %) come anche per SE-S-SW (54%).

INCIDENTI E "SITUAZIONE TIPICHE"

Le "Situazioni tipiche", che descrivono la condizione che determina in maniera più diffusa il pericolo di valanghe nell'era di validità del bollettino valanghe, sono raggruppate in 5 tipologie: neve fresca, neve ventata, strati deboli persistenti, neve bagnata e neve da slittamento. Queste "Situazioni tipiche" non sono da confondere con le tipologie di piani da slittamento descritte nel capitolo seguente, anche se fortemente correlate. Spesso il previsore valanghe descrive nel bollettino la situazione che visivamente è più facile da individuare (esempio neve ventata) pur in condizioni di strati deboli persistenti. Dal 2017 al 2023 (7 stagioni invernali) sono 292 incidenti da valanga per i quali si hanno indicazioni rispetto alla "Situazione tipica" indicata nell'area del bollettino valanghe dove si è verificato l'evento. Nel 64% dei casi la situazione indicata è di "Neve ventata", seguita da "Neve fresca" e da "Strati deboli persistenti" (Fig.11).

Incrociando il grado di pericolo valanghe con le situazioni tipiche indicati per la zona dell'incidente dal bollettino valanghe (Fig. 12), la situazione di "neve ventata" domina i casi con grado di pericolo 3-marcato, la situazione "neve fresca" è caratteristica dei gradi elevati e la situazione di "neve bagnata" è perlopiù legata ai gradi bassi. Dall'analisi dei dati, non c'è una evidente correlazione degli "Strati deboli persistenti" (neve vecchia) con qualche grado in particolare, pur essendo frequente come tipologia nei gradi 2- moderato.

INCIDENTI E PIANI DI ROTTURA

L'indagine, nella zona di distacco, delle superfici di rottura del manto nevoso che hanno innescato la valanga, provocata o naturale, è sempre stato un motivo di approfondimento e di verifica delle intuizioni del previsore valanghe nell'individuare gli scenari critici.

De Quervain e Maister (1987), in uno studio che analizzava i dati di 50 stagioni invernali raccolti nell'area di Davos, avevano raggruppato in 8 combinazioni le situazioni di rottura del manto nevoso (sia per valanghe naturali che provocate) individuando che nel 17% dei casi la superficie di rottura era dovuta alla presenza di brina di superficie (SH) inglobata nel manto nevoso e che nella maggior parte dei casi lo strato basale era formato da neve vecchia (FC e DH). Anche Birkeland (1997) nelle Bridger Mountains, Montana, individuò la brina di superficie inglobata (SH) come piano di rottura nell'area per il distacco di valanghe nel 31% dei casi, mentre nel 65% dei distacchi la superficie di rottura era rappresentata da cristalli dovuti alla crescita cinetica.

Sulla base di questi lavori, volendo comprendere le analogie con la realtà delle Alpi italiane, nel 2011 è stato condotto un primo lavoro di ricerca su un centinaio di incidenti da valanga avvenuti nel periodo 2000-2010 sulle Dolomiti. In questo lavoro, pubblicato sulla rivista Neve e Valanghe n. 72 del 2011 (Valt et al., 2011), è stata confermata la forte correlazione tra piani di slittamento e presenza di brina di superficie inglobata o di cristalli di formazione cinetica (FC e DH), ma

anche una grossa componente di incidenti da valanga dovuti alla presenza di neve bagnata, croste da fusione e rigelo inglobate nel manto nevoso e di neve recente ventata. Questo lavoro è stato aggiornato studiando 110 incidenti da valanga su 329 nel periodo 2017 -2023 relativi a tutto l'arco alpino (Fig. 13). Per 87 incidenti è stato possibile definire se la superficie di rottura era uno sottile strato debole o una superficie di contatto fra strato e strato. Nel primo caso, il 40% delle superfici di rottura è rappresentato da uno strato debole persistente formato da brina di superficie inglobata (SH), cristalli sfaccettati (FC) o un sottile strato di neve rigelata (MF). A questi si aggiunge uno strato sottile di particelle decomposte e frammentate (DF) che il più delle volte era riconducibile ad una nevicata recente. Nel rimanente campione del 59%, la rottura è stata attribuita al punto di contatto fra strato e strato, dove nella maggior parte dei casi, lo stato basale è formato da cristalli

sfaccettati (FC) o brina di profondità (DH), spesso misti, un 16% da forme da fusione (MF), un 7% da grani arrotondati (RG) e un rimanente 8% da particelle decomposte e frammentate (DF), ma con uno spessore tale da non essere ascrivibile alla classe degli strati sottili.

Da questo campione di dati relativo ad incidenti osservati su tutte le Alpi italiane, si rileva che nel 78% dei casi lo stato superficiale è formato da neve ventata o neve ventata recente (DF misti a RG). La presenza di questo strato superficiale è in accordo con la maggior frequenza della situazione tipo "Neve ventata" riportata nei bollettini anche se, nel 34% dei casi la superficie di rottura è uno strato debole persistente, sovrastato da DF e RG.

Analizzando le tipologie di cristalli, le forma maggiormente presenti nel piano di rottura sono nel 38% dei casi cristalli da fusione e rigelo (MF), seguite nel 33% dei casi da forme da crescita cinetica (FH e



Fig. 11 - Situazione tipica indicata nel bollettino valanghe nella zona dell'incidente. Data set di 292 incidenti nel periodo 2017-2023.

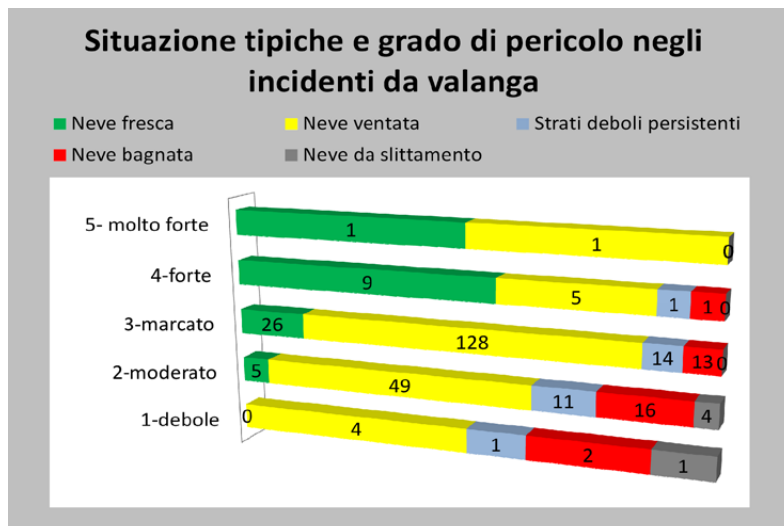
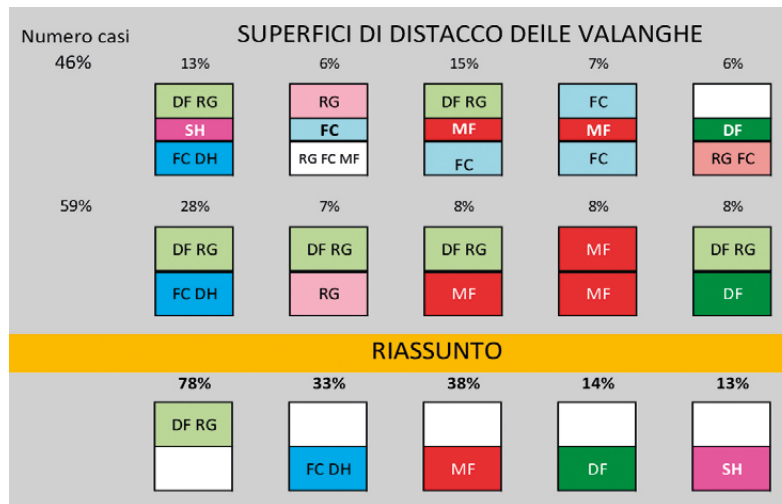


Fig. 12 - Incrocio fra il grado di pericolo e la situazione valanghiva del bollettino valanghe della zona relativa all'incidente.

Fig. 13 - Piani di rottura dei distacchi degli incidenti da valanga. Data base di 125 incidenti da valanga su 329 nel periodo 2017-2023 relativi a tutto l'arco alpino.



Questi dati evidenziano l'efficacia dell'autosoccorso, ma anche la necessità di avere un soccorso organizzato (112) in montagna che, al di là dei tempi ricavati dal data set utilizzato, in ogni caso porta sanitari e personale competente di aiuto sul luogo dell'evento. Occorre evidenziare che negli ultimi 10-15 anni i tempi di allerta, la ultra-specializzazione dei tecnici così come i tempi di volo degli elicotteri, pur non avendo dati certi, hanno ridotto sicuramente i tempi di intervento.

Per quanto riguarda l'autosoccorso, i tempi di ricerca con i nuovi ARTVA a tre antenne, si sono velocizzati di molto. A titolo di esempio si riportano in Fig.15 i tempi di ricerca di 2 sepolti in un campo ARTVA (Passo San Pellegrino) compresi di tempi di sondaggio ottenuti da alcuni allievi maestri di sci dopo un primo percorso formativo. I tempi di ricerca sono notevolmente inferiori rispetto al passato e dimostrano la maggiore efficienza dell'autosoccorso che tuttavia, oltre all'ARTVA e alla sonda, necessita di una pala da neve per un ottimale scavo senza dispersione di tempo utile.

Analizzando i vari incidenti da valanga e prendendo in considerazione gli ultimi 10 anni delle sole categorie di sci alpini, sci fuori pista ed escursionisti con racchette da neve (457 incidenti dei 557 totale - 82%), in 178 casi tutti i presenti sono stati coinvolti in vario modo della valanga (38%) e in 61 incidenti almeno una persona è rimasta sepolta (13% degli eventi) (Fig.16). Si osserva che in ben 93 incidenti, almeno 1 persona non viene coinvolta nella valanga rimanendo "spettatore", in 107 casi le persone non coinvolte sono 2-3 e nei rimanenti casi sono più di 3; quindi abbiamo molti presenti nella zona dell'incidente che potenzialmente possono prestare un primo soccorso ai travolti in valanga.

CONCLUSIONI

Sull'arco alpino muoiono in valanga circa 100 persone a stagione invernale di questi 19-20 sulle Alpi italiane. Il numero non è elevato se raffrontato ad altre categorie (esempio cercatori di funghi) tuttavia l'incidente da valanga ha un elevato indice di rischio (0.42).

Fig. 14 - Tempi di ritrovamento dei sepolti in valanga. Data set 98 incidenti, periodo 2003-2012.

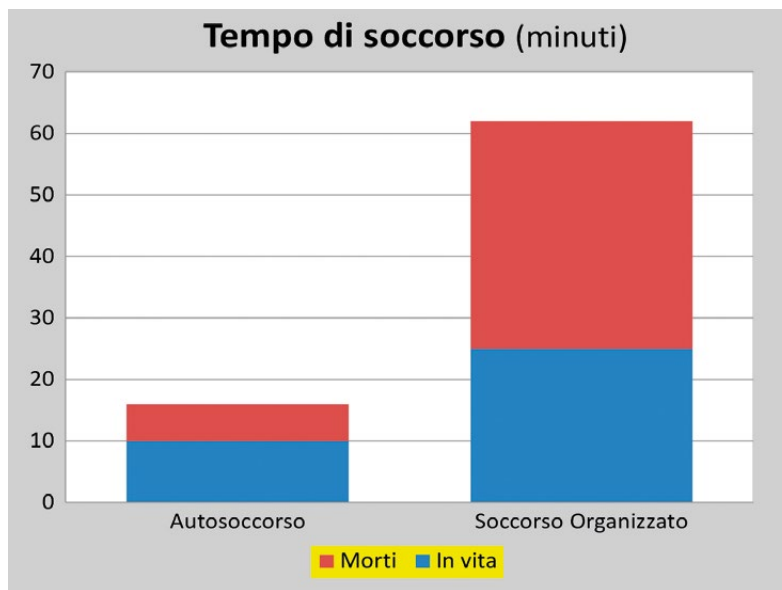
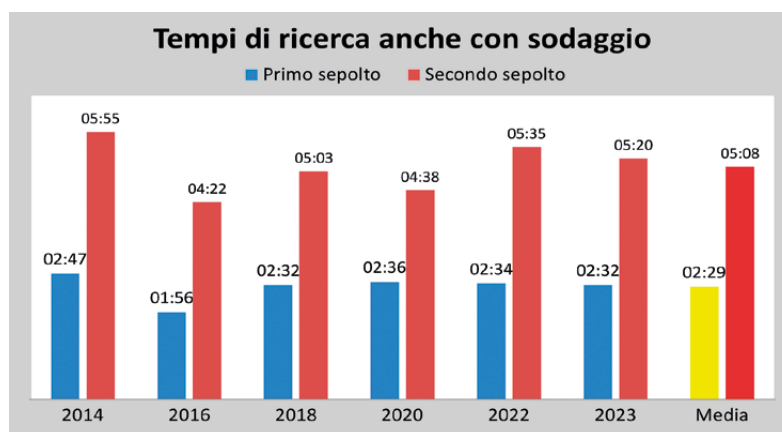


Fig. 15 - Tempi di ricerca dei sepolti al campo ARTVA di Passo San Pellegrino. Data set 550 allievi maestri di sci.



DH), da rotture nella neve recente (DF) e infine da cristalli di brina di superficie 13%.

INCIDENTE DA VALANGA E AUTOSOCORSO

Su un data set di un centinaio di incidenti da valanga avvenuti nel periodo 2003-2012 è stato possibile calcolare il tempo di

soccorso dei travolti (Valt, 2013) (Fig.14). Il tempo medio di ritrovamento dei sepolti da parte dei compagni (autosoccorso) è stato di 16 minuti, con un tempo di 10 minuti per i ritrovati ancora in vita. Per quanto riguarda il soccorso organizzato, il tempo medio è stato di 62 minuti, con un tempo di 25 minuti per i ritrovati ancora in vita (Valt, 2011).

La documentazione degli incidenti da valanga e la disponibilità di analisi su data base unitari, permette lo studio delle dinamiche della neve e dei comportamenti degli escursionisti al fine di mirare la formazione, l'informazione e la prevenzione degli stessi.

Gli sci alpinisti sono la categoria maggiormente coinvolta seguita dai free rider. Si osserva che nell'ultimo decennio gli incidenti avvengono più in quota e su terreno più ripido.

L'autosoccorso è la forma di ritrovamento dei travolti più efficace, anche grazie allo sviluppo tecnologico degli ARTVA associata ad una ottima preparazione all'uso della sonda e della pala da neve. Questo anche perché più della metà degli incidenti avviene con persone "spettatrici" che quindi, se correttamente attrezzate,

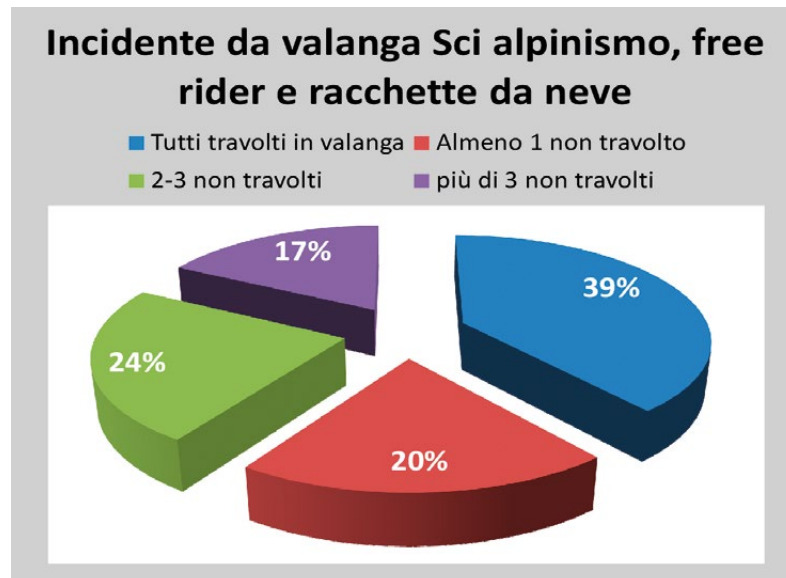


Fig. 16 - Incidenti da valanga fra gli sci alpinisti, free rider ed escursionisti con racchette da neve. Situazione al momento dell'evento. Circa il 40% dei presenti sono travolti dalla valanga e il rimanente, potenzialmente, sono spettatori che possono effettuare le operazioni da autosoccorso.

possono prestare soccorso nei tempi utili.

La creazione e l'alimentazione della banca dati di AINEVA e di EWAS ha fini statistici e conoscitivi del fenomeno per poter meglio

migliorare anche la formulazione del grado di pericolo valanghe; pertanto si auspica una maggior segnalazione degli eventi valanghivi con il travolgimento di persone.

Bibliografia

- Berbenni F., Valt (2011) Avalanche danger scale new ideas to provide a better information to users. 16 EWAS Meeting, Grenoble 15th – 17th September 2011
- Birkeland, K.W. 1997. Spatial and temporal variations in snow stability and snowpack conditions throughout the Bridger Mountains, Montana. PhD Dissertation, Department of Geography, Arizona State University, Tempe, Arizona.
- Cagnati, A., Valt, M., 1989, Incidenti da valanga - alcuni casi tipici degli ultimi cinque anni: Le Alpi Venete, anno XLIII, 2, pp. 179-189.
- de Quervain, M. and Meister, R., 1987. 50 years of snow profiles on Weissfluhjoch and relations to the surrounding avalanche activity (1936/37-1985/86). Avalanche Formation, Movement and Effects, Proceedings of the Davos Symposium (1986). IAHS Publ. 162: 161-181.
- Gansser, F., 1986, Le vittime da valanga in Italia in due decenni: Neve e Valanghe, 3, pp. 70-71.
- Harvey, S., 2002, Avalanche incidents in Switzerland in relation to the predicted danger degree: Proc. Int. Snow and Science Workshop, 2002, Penticton, B.C.
- Harvey, S., Signorelli, C., and Genswein, M., 2002, Avalanche accidents in back country terrain of the Swiss Alps - new investigations of a 30 year database: Proc. Int. Snow and Science Workshop, Penticton, B.C., Canada
- Harvey, S., Zweifel, B., 2008, New trends of recreational avalanche accidents in Switzerland: www.slf.ch
- Winkler, K., Schudlach, G., Degraeuwe B., Techel, F., 2021 On the correlation between the forecast avalanche danger and avalanche risk taken by backcountry skiers in Switzerland. crst 188 (2021) 103299 <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103299>
- Laternsen, M., M. Schneebeli, P. Fhön and W. Amman. 1997. Climate, neige et avalanches. In Arguments de la recherche. Vol. 13. Birmensdorf Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 9-15
- Schweizer, J., and Jamieson, J.B., 2001, Snow Cover properties for skier triggering of avalanches: Cold Regions Sc. and Tech., 33, pp. 207 – 221.
- Sivardiére, F., 2002, Avalanche et mortalité : Neige et Avalanches, 98, pp. 10-11.
- Tschirky, F., Brabec, B., and Kern, M., 2001, Avalanche Rescue System in Switzerland - Experience and Limitations: Proc. Int. Snow Science Workshop, Blue Sky MT, USA, 1- 6 October 2000.
- Techel, F., Jarry, F., Kronthaler, G., Mitterer, S., Nairz, P., Pavšek, M., Valt, M., and Darms, G.: Avalanche fatalities in the European Alps: long-term trends and statistics, Geogr. Helv., 71, 147-159, <https://doi.org/10.5194/gh-71-147-2016>, 2016.
- Valla, F., 1990, Gli incidenti da valanga sulle alpi - studio statistico dal 1975 al 1989, Neve e Valanghe, 9, pp. 22-29.
- Valla, F., 2001, 30 années d'accidents d'avalanche en France. Quels enseignements en tirer? Bilan et perspectives de 30 années de gestion du rid'avalanche en France: Actes de colloque 19- 23.11.2001, Grenoble, pp. 9-15.
- Valt M., Cagnati A., e Crepaz A. 2003. Gli incidenti da valanga – analisi di un fenomeno. Neve e Valanghe, 49, pp. 1- 14.
- Valt M. (2009). Gli incidenti da valanga in Italia. Neve e Valanghe, 68
- Valt M. e Cianfarra P. (2010). Recent snow cover variations and avalanche activities in the Southern Alps. Cold Regions Science and Technology Volume 64, Issue 2, November 2010, Pages 146-151
- Valt M. (2011). Incidenti da valanga: versanti e stratigrafie tipiche, tempi di ritrovamento dei sepolti- Neve e valanghe n. 72, pp 16-23
- Zencke B. (2003). Die Lawinengefahrenstufen - Wie kommt der Lawinenwarner zur aktuellen Gefahrenstufe. http://www.lawinenwarndienst-bayern.de/download/infotehke/vortrag_wklzg_2003_print.pdf
- Zuanon J.P., 1996, Valanghe d'estate e d'autunno - un rischio poco conosciuto. Neve e Valanghe, 28, pp. 6-15

40 ANNI

Un mondo che cambia:
nuove opportunità e
nuove sfide per ridurre
gli incidenti da valanga

di CAMBIAMENTI SOCIALI E TECNOLOGICI

Stefano Pivot

Regione autonoma Valle d'Aosta
Presidenza della Regione
Dipartimento protezione civile e vigili del
Centro Funzionale e pianificazione
Ufficio neve e valanghe

Evoluzione sociale, tecnica e scientifica nel campo degli incidenti da valanga

40 YEARS OF SOCIAL AND TECHNOLOGICAL CHANGES

Over the past 40 years, we have witnessed major social and technological changes that have obviously also had an impact on the world of snow and avalanches. While the number of avalanche victims in anthropized areas has decreased thanks to preventive measures, the number has remained more or less stable for avalanche victims in uncontrolled open mountain environments, despite the growth in the number of avalanche users. We can affirm that the increasing knowledge of nivology, as well as the evolution in the field of forecasting, both meteorological and nivological, now makes it possible to produce more accurate avalanche hazard bulletins and, moreover, to reach a larger audience of users due to its multilingual translation. Scientific knowledge and the dissemination of culture to users have been pivotal objectives in the history of AINEVA which has been and still is one of the leading players in the European field. Lastly, we must not forget the great evolution in technology linked to materials and new devices (avalung, Recco, airbags...) which in several cases have contributed to saving lives; the use of Tranceivers, shovel and probe as self-rescue tools is now widespread, also thanks to numerous training campaigns and the recent obligation imposed by the legislator. Despite the increasing knowledge and help from new technologies, the whole field of the Human Factor remains to be deepened and explored, which will be the challenge for years to come.

Negli ultimi 40 anni abbiamo assistito a grandi cambiamenti sociali e tecnologici che hanno avuto ovviamente un impatto anche sul mondo della neve e delle valanghe. Se da un lato le vittime da valanga in zone antropizzate sono diminuite grazie alle misure preventive, il numero si è mantenuto pressoché stabile per le vittime da valanghe in ambiente montano aperto non controllato, nonostante la crescita dei frequentatori.

Possiamo affermare che la sempre più approfondita conoscenza della nivologia, così come pure l'evoluzione in campo previsionale sia meteorologico che nivologico, permettono oggi di produrre bollettini di pericolo valanghe più accurati raggiungendo per giunta una maggiore platea di utenti vista la sua traduzione multilingue.

La conoscenza scientifica e la diffusione della cultura verso gli utenti sono stati obiettivi cardine nella storia di AINEVA che è stata ed è tutt'ora una delle protagoniste in campo europeo.

Non bisogna infine dimenticare la grande evoluzione tecnologica legata ai materiali e ai nuovi dispositivi (avalung, Recco, airbag...) che in diversi casi hanno contribuito a salvare delle vite; ormai è diffuso l'utilizzo di Artva, pala e sonda come strumenti di autosoccorso anche grazie a numerose campagne di formazione e al recente obbligo imposto dal legislatore.

Nonostante la conoscenza sempre più approfondita e l'aiuto derivante dalle nuove tecnologie, rimane ancora da approfondire ed esplorare tutto il campo legato al Fattore Umano che sarà la sfida da affrontare per gli anni a venire.





Immagine 1: gruppo di escursionisti ciaspolatori all'inizio degli anni 2000

Immagine 2: esecuzione di un ECT, test di stabilità della colonna estesa (Extended Column Test)



Gli ultimi 40 anni hanno visto grandi cambiamenti sociali e tecnologici; ovviamente questi cambiamenti hanno avuto un impatto anche sul mondo della neve e delle valanghe. In relazione agli incidenti da valanga, possiamo distinguerli a seconda se il terreno sia controllato o non controllato. Nel primo caso, i morti per valanghe scese su strade o case sono considerevolmente diminuiti a partire dagli anni '70, grazie a efficaci misure di prevenzione, quali ope-

re strutturali di difesa, nuove leggi per la costruzione di edifici, prevenzione attiva anche con l'utilizzo di esplosivi o passiva, per esempio con la chiusura delle strade. Nonostante ciò, durante l'inverno del 1999 ben 72 persone sono morte in case o strade nelle Alpi. L'ultimo esempio eclatante ed eccezionale è la valanga che ha travolto l'albergo di Rigopiano in Abruzzo nel 2017, causando il decesso di 29 persone.

Gli incidenti nel terreno non controllato

hanno visto una marcata crescita dei decessi tra gli anni '60 e anni '80, arrivando al raddoppio delle vittime, proprio durante il boom turistico e lo sviluppo dei comprensori sciistici nelle Alpi e quindi con l'aumento del traffico e della mobilità delle persone. Nonostante l'aumento degli scialpinisti e degli escursionisti invernali, il numero delle vittime si livella dagli anni '70, probabilmente anche grazie alla nascita degli Artva e quindi dell'autosoccorso. Dagli anni '80 aumentano gli sforzi per educare amatori e professionisti, sia all'autosoccorso sia per la prevenzione; migliorano e aumentano i bollettini valanghe. Negli ultimi 10/15 anni c'è stata una grande voglia di "outdoor" che ha portato a un ulteriore forte aumento dei frequentatori della montagna invernale: scialpinisti, freeriders, ciaspolatori e cascatisti (Immagine 1). Concludo questa introduzione con una nota positiva: nonostante questi grandi numeri, il trend dei decessi è rimasto stabile, pur con marcate fluttuazioni annuali, dovute alle diverse condizioni nivologiche di stabilità durante le varie stagioni invernali.

Analizziamo adesso i vari fattori che han-

no avuto un'influenza nell'accadimento degli incidenti da valanga, per vedere come sono cambiati e evoluti negli ultimi 40 anni.

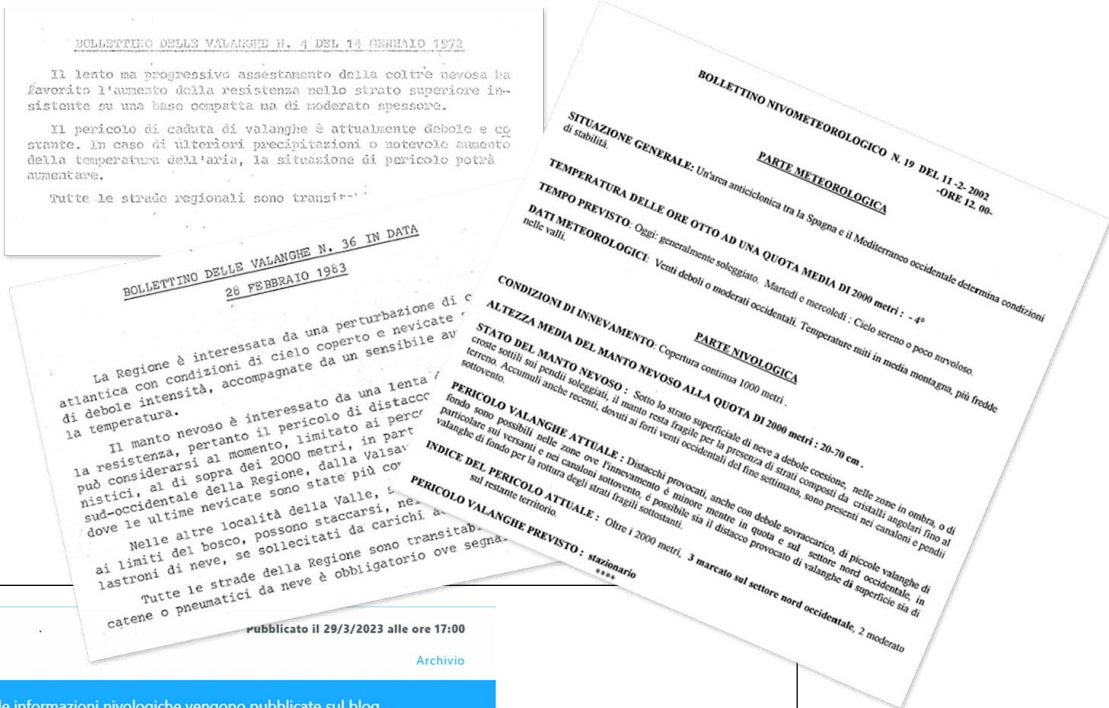
Iniziamo dalla nivologia, la base per capire la neve e quindi le valanghe. Ebbene la nivologia è una scienza giovane e quindi in grande evoluzione. Ne è un esempio la dinamica della frattura, ovvero come si stacca una valanga a lastroni: è oggetto di numerosi studi e proprio in questi ultimi anni è in decisa evoluzione. Quanti passi avanti rispetto al passato, quando si pensava che lo sciatore innescasse una valanga tagliando il pendio con le lamine affilate degli sci e quindi recidendo i legami che tenevano legata la neve al pendio! Le nuove conoscenze ci hanno permesso di capire meglio il distacco di una valanga a lastroni; queste conoscenze sono state subito integrate nelle procedure di gestione del rischio. AINEVA si è prodigata molto per diffondere la cultura scientifica della nivologia, facendo molti corsi di formazione, in particolare il corso 2A per osservatore nivologico che fornisce una solida conoscenza di base. Negli anni AINEVA ha formato ben 2632 osservatori nivologici, ma non si è fermata qui ed è andata oltre, cercando di unire sempre più la teorica con la pratica, per esempio con la recente creazione del corso di specializzazione sui rilievi itineranti, con un taglio molto pratico e un occhio di riguardo alla valutazione della stabilità del manto nevoso.

Un altro aspetto che ha avuto una grande evoluzione è l'insieme dei dati disponibili: negli ultimi 40 anni le stazioni automatiche, che forniscono preziosissimi dati in continuo, sono aumentate in numero e qualità e di pari passo è aumentata la rete di persone che forniscono dati nivometeorologici fondamentali. Si è partiti dai dati di base, quali la temperatura dell'aria o l'altezza neve, per poi affinare e approfondire, puntando sempre di più su dati specifici e di qualità. Adesso abbiamo molte informazioni sulla stabilità del manto nevoso, con un'ottima qualità, standardizzata da procedure mondialmente riconosciute. Una volta avevamo a nostra disposizione il test del blocco di slittamento; adesso a questo test se ne sono affiancati molti altri che hanno permesso una miglior comprensione dei vari aspetti del distacco di una valanga (ini-

ziamento della frattura, collasso dello strato debole, ecc.). (Immagine 2)

Altro aspetto positivo: con il progresso tecnologico, i dati disponibili sono spesso facilmente accessibili a tutti gli utenti anche in tempo reale, tramite smartphone, anche al mattino durante il tragitto in macchina

Immagine 3: Meteo3R, l'applicazione ufficiale per osservare, prevedere e allertare Piemonte, Valle d'Aosta e Liguria



giovedì 30/3/2023
← 29/3 31/3 → Ultimo

Laddove non è pubblicato il grado di pericolo valanghe le informazioni nivologiche vengono pubblicate sul blog.

Grado di pericolo per giovedì 30/3/2023
Grado di pericolo 3 - marcato

Cesina e Alta Valpelline, Saint-Pierre e Saint-Nicholas, Val di Rhemes, Val Vercy, Valgrisenche, La Salle Morgex, Vall Ferret, Val di La Thuile, Gran Bernardo Ottomont, Bassa e Media Valpelline.

Tendenze: Pericolo valanghe in aumento per venerdì 31/03/2023

Lungo il confine con la Francia e lungo il confine con la Svizzera il pericolo di valanghe è di grado 3 "marcato". Nelle restanti regioni il pericolo di valanghe è di un grado inferiore.

Il pericolo di valanghe umide e bagnate sussiste già al mattino. Con vento forte proveniente da sud ovest al di sopra del limite del bosco si formeranno accumuli di neve ventata in parte instabili, anche nelle zone lontano dalle creste. Soprattutto nelle conche, nei canali e dietro ai cambi di pendenza, il numero e le dimensioni di questi punti pericolosi aumenteranno. La neve fresca e gli accumuli di neve ventata nel loro complesso possono subire un distacco in seguito al passaggio di un singolo appassionato di sport invernali. Particolarmente sfavorevoli sono soprattutto i punti di passaggio da poca a molta neve. (-,-).
Le escursioni e le discese fuori pista richiedono esperienza nella valutazione del pericolo di valanghe.

Immagine 4: esempi di bollettini neve e valanghe degli anni '70, '80 e 2000 per la Regione Valle d'Aosta

Immagine 5: bollettino neve e valanghe di AINEVA con il dettaglio di quanto riportato per il settore NW della VDA

40 ANNI DI AINEVA

Immagine 6: icone che rappresentano i problemi tipici valanghivi: neve fresca, neve ventata, strati deboli persistenti, neve bagnata e valanghe da slittamento



verso gli itinerari montani. Alcuni piccoli esempi non esaustivi: le previsioni meteo sono molto più dettagliate e accurate, i modelli meteo sono facilmente disponibili a tutti, gli stessi dati meteo sono raggruppati e facilmente accessibili (un esempio non esaustivo: l'utilissima **App Meteo3R**). Un lato negativo: per poter interpretare correttamente tutte queste numerose informazioni, è necessaria un'adeguata formazione che richiede un discreto sforzo di investimento iniziale, impensabile per i principianti e comunque difficile anche per gli appassionati che, andando a fare scialpinismo nel poco tempo libero, hanno giustamente voglia di stare all'aria aperta, ma fanno fatica a capire la necessità di apprendere nozioni teoriche che richiedono un impegno di tempo e fatica.

Lo strumento principe per poter pianificare le escursioni e le gite scialpinistiche è sicuramente il bollettino neve e valanghe, insieme al bollettino di allerta, che però ha finalità di protezione civile.

Di pari passo con l'evoluzione scientifica e tecnologica, anche i bollettini neve e valanghe hanno avuto profondi cambiamenti. Le informazioni sono diventate sempre più dettagliate e soprattutto specifiche. Un esempio che ben conosco: a metà anni 2000 il bollettino neve e valanghe della Valle d'Aosta descriveva il pericolo valanghe suddividendo la regione in due zone fisse, Est e Ovest. Attualmente la Valle d'Aosta è suddivisa in 26 sottozone mobili che possono essere accorpate a seconda delle condizioni nivometeorologiche. All'inizio i bollettini erano redatti nella sola lingua ita-

liana, mentre oggi sono tradotti in 7 lingue. Il grado di pericolo valanghe è la prima cosa che tutti guardano nel bollettino e sovente l'unico dato citato dai media in seguito a un incidente. Pensate che la scala del pericolo valanghe europea è nata solamente nel 1993, con decisione congiunta dei servizi valanghe europei EAWS. Attualmente la scala del pericolo valanghe è in corso di revisione (tranquilli, i cambiamenti non riguardano i numeri, cari a tutti, ma la matrice che porta alla definizione del grado) e comunque negli ultimi anni è stata affiancata ad altre informazioni molto utili, quali i problemi tipici valanghivi. Un'altra grande evoluzione, probabilmente più evidente a tutti, è stata quella tecnologica relativa ai materiali e alla loro diffusione. Sono nati nuovi strumenti che

Immagine 7: attrezzatura base di autosoccorso (Artva, pala e sonda)



in diversi casi hanno contribuito a salvare delle vite. L'Avalung ha aumentato la sopravvivenza del sepolto e quindi i compagni e il soccorso organizzato hanno avuto più tempo utile a disposizione. Il Recco ha facilitato la ricerca di persone sprovviste di Artva, soprattutto nei fuoripista adiacenti ai comprensori sciistici. L'innovazione più importante è stata senza dubbio lo zaino airbag: durante il travolgimento, si aziona il meccanismo che provoca il gonfiaggio di uno/due palloni, aumentando il volume totale della persona. Grazie al fenomeno della segregazione inversa, il pallone tenta di contrastare il seppellimento, cercando di farci rimanere in superficie. Se ci pensate, è l'unico strumento che tenta di impedire il seppellimento.

Torniamo sul classico: il trittico Artva-sonda-pala è ormai diffuso tra quasi tutti gli appassionati di scialpinismo, tra i freeriders e anche tra diversi ciaspolatori, grazie a numerose campagne di formazione (da parte del Soccorso Alpino, delle guide alpine, del CAI, di AINEVA e di molti altri soggetti) e anche, recentemente, dall'obbligo impo-



sto dal legislatore. Le pale e le sonde sono diventate più performanti e anche più leggere, ma l'evoluzione maggiore ha sicuramente visto come protagonista l'Artva. I primi Artva analogici necessitavano di uno specifico apprendimento: la tecnica di ricerca era macchinosa e un po' complicata da imparare, sicuramente difficile da utilizzare sotto stress. Gli Artva attuali, digitali e a tre antenne, hanno reso molto più semplice la ricerca del compagno sepolto, anche per un principiante. Gli Artva potrebbero essere ancora più performanti? Sicuramente sì. Quello degli Artva resta un mercato di nicchia; se avesse la diffusione degli smartphone e quindi il loro giro di affari, i produttori avrebbero investito molto di più nella ricerca e il prodotto avrebbe fatto grandi miglioramenti.

Nonostante questa tecnologia, rimangono comunque degli aspetti negativi; un primo aspetto negativo: negli ultimi anni c'è sempre meno neve e quindi aumentano le persone travolte che muoiono a causa dei traumi subiti. Un secondo aspetto negativo: la statistica ci dice che nel 90-92%

dei casi abbiamo 15-18 minuti per estrarre una persona ancora viva (negli altri casi la persona è deceduta per traumi). Purtroppo è un dato medio, un po' come nella statistica dei polli di Trilussa e quindi ci sono diverse eccezioni; per esempio quest'anno in Valtournenche uno sciatore in fuoripista è stato travolto e sepolto da una valanga molto piccola e – dalle notizie conosciute – subito soccorso. Nonostante siano passati pochi minuti, il medico legale ha evidenziato che il decesso è stato causato dall'asfissia.

Per concludere, l'Artva digitale a tre antenne ha sicuramente reso più semplice la ricerca del compagno travolto, ma ha anche reso evidenti i problemi principali del soccorso di compagni in valanga: la comunicazione tra compagni soccorritori e l'organizzazione dell'autosoccorso in condizioni di forte stress. Insomma, nonostante tutte le meraviglie tecnologiche e le conoscenze scientifiche migliorate, il problema principale rimane il cosiddetto Fattore Umano e questa sarà la sfida da affrontare nei prossimi anni.

RISORSA

La NIVALE sulle

SWE ALPI

ORIENTALI

Mauro Valt
ARPAV DST Centro
Valanghe di Arabba

Variazioni climatiche e ultimi inverni nelle Dolomiti e Prealpi Venete

Snow is an important resource for the mountain environment for various aspects such as hydrology, vegetation, socioeconomic sector, winter sports and power generation. The study of the snow water resource and its variation in recent times has become a crucial aspect of meltwater management. In the Eastern Alps, the availability of the March nival water resource shows a negative trend at all elevations with varying degrees of significance. Analyzing the differences between the climatic period 1961-1990 and 1991-2020, the decrease is more than 60 percent below 2000 m in March to almost 100 percent in April below 1000 m elevation. Analyzing the seasonal trend, it is observed that there is a progressive decrease in snow on the ground throughout winter, especially from February onward.

In the Piave - Cordevole basin in the Eastern Alps (2110 km² above 800 m elevation), the loss of Million cubic meters of water equivalent in March is 48% compared to the 1961-1990 period equal to 240 Mm³. The values found are of a SWE loss of -2.0 mm^y⁻¹ above 2000 m, -2.3 mm^y⁻¹ between 1500 and 2000 m, -1.4 mm^y⁻¹ between 1000 and 1500 m, -0.2 mm^y⁻¹ at low altitudes.

La neve è una risorsa importante per l'ambiente montano per diversi aspetti quali l'idrologia, la vegetazione, il settore socioeconomico, gli sport invernali e la produzione di energia elettrica. Lo studio della risorsa idrica nivale e la sua variazione nei tempi recenti è diventato un aspetto cruciale per la gestione della acqua di fusione. Nelle Alpi orientali la disponibilità della risorsa idrica nivale del mese di marzo evidenzia un trend negativo a tutte le quote con diversi gradi di significatività. Analizzando le differenze fra il periodo climatico 1961-1990 e 1991-2020 la diminuzione della risorsa nivale è di oltre il 60% al di sotto dei 2000 m nel mese di marzo, per arrivare ad essere quasi al 100% nel mese di aprile ad di sotto dei 1000 m di quota. Analizzando l'andamento stagionale si osserva che viene a mancare progressivamente nel corso dell'inverno il carico di neve, specie da febbraio in poi.

Nel bacino del Piave - Cordevole, nelle Alpi orientali (2110 km² oltre gli 800 m di quota), la perdita di Milioni di metri cubi di acqua equivalente nel mese di marzo è del 48% rispetto al periodo 1961-1990 pari 240 Mm³. I valori di riscontrati sono di una perdita di SWE di -2.0 mm^y⁻¹ oltre i 2000 m, -2.3 mm^y⁻¹ fra i 1500 e i 2000 m, -1.4 mm^y⁻¹ fra i 1000 e i 1500 m, -0.2 mm^y⁻¹ alle basse quote.



40 ANNI DI AINEVA INTRODUZIONE

Le Alpi italiane sono caratterizzate da un manto nevoso definito di tipo “alpino” nella classificazione internazionale (Sturm et al. 2005), nella transizione fra clima continentale e marittimo. Il “manto nevoso alpino” è generalmente caratterizzato da uno spessore variabile fra i 75 e 250 cm, da una durata di 7 mesi, formato da una alternanza di strati spessi e sottili, influenzato dall’azione di erosione e deposizione del vento e in parte da nevicate con basse densità della neve fresca.

La neve è quindi una risorsa importante per l’ambiente montano per diversi aspetti quali l’idrologia, la vegetazione, il settore socioeconomico, gli sport invernali e la produzione di energia elettrica. La fusione primaverile della neve stagionale ed estiva dei ghiacciai nelle Alpi, come nella maggior parte delle regioni montane, fornisce acqua ad aree fortemente coltivate e popolate anche durante i caldi mesi estivi (Schmucki et al. 2015).

Nonostante l’elevata variabilità inter-annuale, diversi studi hanno già dimostrato una significativa diminuzione dei giorni nevosi nel recente passato, soprattutto alle basse quote e anche come il limite della neve affidabile sia aumentato di quota.

La neve è infatti molto sensibile ai cambiamenti climatici poiché, sui suoli alpini, è molto vicina alle condizioni di fusione (Haeberli e Beniston 1998) e quindi i cicli di accumulo e fusione sono molto delicati. Lo studio della risorsa idrica nivale e la sua variazione nei tempi recenti è diventato un aspetto cruciale negli ultimi anni. La risorsa idrica nivale è data dallo Snow Water Equivalent (SWE) di un bacino montuoso in un dato momento della stagione invernale espressa come Milioni di metri cubi o di mm di acqua equivalente. Lo SWE puntuale è calcolato con altezza del manto nevoso (HS) moltiplicata per la sua densità (δ) e rappresenta la quantità di acqua immagazzinata nel manto nevoso (Fiertz et al 2009).

Tuttavia, per lo SWE sono disponibili molte meno misure dirette rispetto al valore di HS (Sturm et al., 2010, Schöber et al., 2016) perché le misurazioni richiedono procedure complesse, costose e spesso distruttive del manto nevoso. Le determinazioni attraverso il telerilevamento presentano delle problematiche di risoluzione spaziale, accuratezza e sensibilità nonché di disponibilità di serie storiche sul lungo periodo (Dozier et al., 2016; Schattan et al., 2017; Steiner et al., 2018; Smyth et al., 2019).

Pertanto sono poche le serie storiche di SWE e la maggior quantità di studi sulla variazione della risorsa idrica sono concentrati nel nord America dove la disponibilità di dati è maggiore.

Pochi sono i lavori di analisi sulle Alpi, alcuni relativi alla Svizzera (Rohrer et al. 1994, Jonas et al. 2009, Marty et al., 2017), altri alle Alpi italiane (Bocchiola e Dolaiuti, 2010, Avanzi et al. 2022) e un primo studio sul trend dello SWE a lunga scala temporale (periodo 1930-2020) di Colombo et al. (2022).

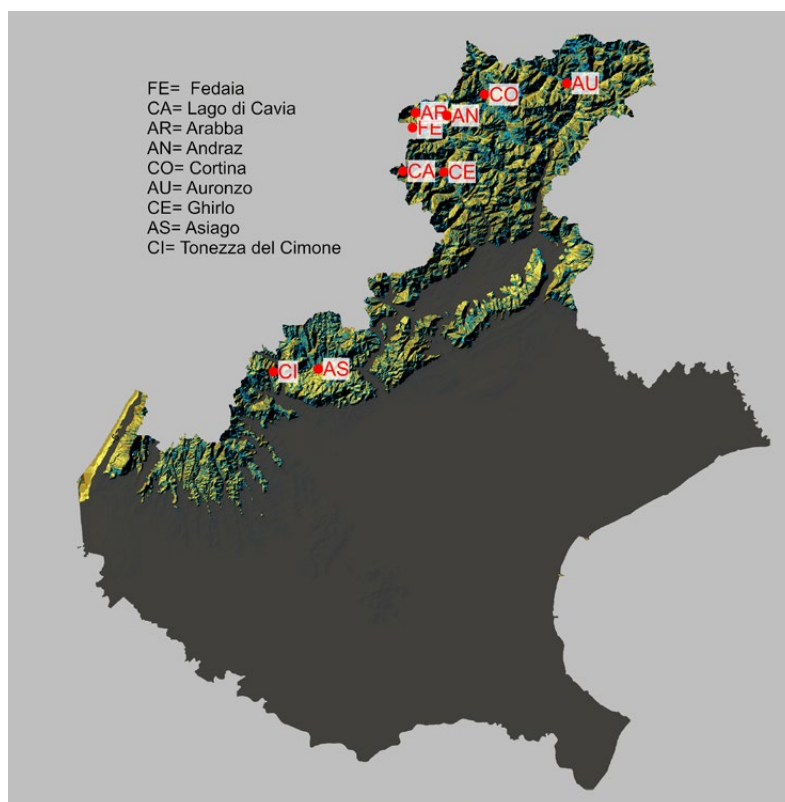
DATI DISPONIBILI PER LE ALPI ORIENTALI

L’analisi della risorsa nivale della montagna veneta, ma più in generale delle Alpi orientali, mancando altre serie storiche, sul medio periodo (1961-2023), è possibile per la disponibilità dei dati di HS giornaliera di 7 stazioni nivometeorologiche tradizionali, 5 delle Dolomiti e 2 delle Prealpi Venete. Le stazioni prese in considerazione sono riportate in Fig.1 sono ubicate prevalentemente nelle Dolomiti, nel bacino del Piave e del Cordevole. I dati presi in considerazione sono dal 1961 al 2022. Le stazioni rappresentano un po’ tutte le quote delle dolomiti, con 2 stazioni oltre i 2000 m (23% della superficie dei bacini di Piave-Cordevole), 2 nella fascia altimetrica 1500-2000 m (32%), una di fondovalle a 1200 m di quota (fascia 1000-1500, 37% della superficie e altre 2 di fondovalle a quote inferiori gli 800 m (8%). Per le Prealpi sono disponibili le sole stazioni a 1000 m circa di quota di Asiago e Tonezza del Cimone. La stazione di Andraz a 1520 m è stata utilizzata sia per la fascia 1500- 2000 m che per 1000-1500 m.

Elaborazioni effettuate

Mancando le serie storiche di misure dirette di SWE per la montagna veneta, è stato determinato il valore giornaliero di SWE (in mm o kgm^{-2}) utilizzando il modello semi empirico ΔSNOW (Winkler et al, 2021) come già avvenuto, per le stesse stazioni nel lavoro, «Long-term trend of snow water equivalent in the Italian Alps” (Colombo et al., 2022).

Fig. 1 - Mappa con le stazioni utilizzate nel presente lavoro.



Per comprendere l'andamento generale dello SWE alle diverse quote, è stato determinato il valore mediano giornaliero dello SWE del mese di marzo, che di norma ha i valori di più elevati della stagione invernale e successivamente per i diversi mesi. Quindi è stata effettuata la ricerca dei singoli trend utilizzando il test non parametrici di Mann-Kendall utilizzando il software Mekenses 2.0 (Salmi et al., 2022) e il valore di trend (Q) con il metodo delle mediane Theil-Sen (Theil, 1950; Sen, 1968).

Sono stati determinati i valori caratteristici dei 2 trentenni climatici, 1961-1990 e 1991-2020, per valutare le eventuali tendenze alle diverse quote. Per queste elaborazioni le stazioni sono state suddivise in 2 grandi raggruppamenti, oltre i 1500 m di quota (alta quota) e al di sotto dei 1500 m (bassa quota) con la stazione a 1520 appartenente ad ambedue i raggruppamenti. Questa suddivisione di quota è utilizzata da diversi autori nelle diverse regioni delle Alpi, in quando al di sotto dei 1500 m gli scenari futuri di aumento della temperatura dovrebbero avere un impatto importante determinato condizioni di cambiamento del regime della precipitazione da nevosa a piovosa, mentre al di sopra, l'innalzamento delle temperature non dovrebbe essere tale da modificare un deciso cambiamento di regime (sarà più caldo ma sempre nel range della precipitazione nevosa, forse più abbondantemente).

Infine sono state studiate le stagioni invernali 2021-22 e 2022-23, scarsamente nevose, rispetto al contesto climatico recente.

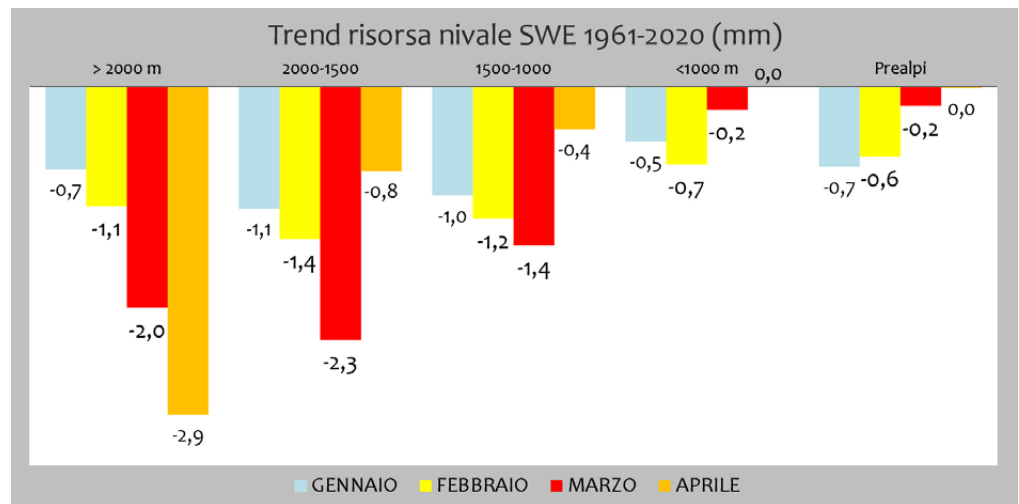
Andamento dello SWE

La disponibilità della risorsa idrica nivale del mese di marzo, per le diverse stazioni, evidenzia un trend negativo a tutte le quote con diversi gradi di significatività, più elevato per la stazione di Auronzo, ma importante che per le altre stazioni in quota (Tab. I).

Raggruppando le stazioni per fasce altimetriche, il trend è di -2,0 mm y⁻¹ oltre i 2000 m, -2,3 mm y⁻¹ fra i 1500 e i 2000 m, -1,4 mm y⁻¹ fra i 1000 e i 1500 m, -0,2 mm y⁻¹ alle basse quote, mentre i raggruppamenti "alta quota" e "bassa quota" sono di

Time series	First year	Last Year	N	Kendall trend		Sen slope estimate
				Test S	Test Z	
Fedaia, 2050 m	1966	2020	54		-0,33	-0,384
Cavia, 2100 m	1968	2020	56		-2,08	*
Arabba, 1630 m	1961	2020	60		-2,79	**
Andraz, 1520 m	1961	2020	60		-2,58	**
Cortina, 1150 m	1961	2020	59		-1,99	*
Auronzo, 850 m	1968	2020	53		-3,40	***
Ghirlo, 750 m	1966	2020	55		-1,26	
Asiago, 990 m	1961	2020	60		-1,72	+
Tonezza, 1000 m	1961	2020	60		-0,98	

Tab. I Risultati Test Kendall-Mann relativo al mese di marzo



	> 2000 m	2000-1500	1500-1000	< 1000 m	Prealpi
Gennaio					
1961-1990	201	112	89	42	46
1991-2020	189	92	63	18	22
Scarto %	-6%	-18%	-30%	-56%	-53%
Febbraio					
1961-1990	291	165	140	71	72
1991-2020	244	120	91	27	25
Scarto %	-16%	-27%	-35%	-61%	-66%
Marzo					
1961-1990	407	212	158	25	29
1991-2020	284	84	65	5	9
Scarto %	-30%	-60%	-59%	-81%	-68%
Aprile					
1961-1990	447	71	38	0	4
1991-2020	273	11	7	0	0
Scarto %	-39%	-85%	-82%	-100%	-92%

Tabella 1 - Risultati Test Kendall-Mann.

Fig. 2 - Trend dello SWE medio mensile per fascia altimetrica.

Tabella 2 - Valori caratteristici per fascia altimetrica per i 2 periodi climatici e scarto percentuale.

-1,04 e -0,96 mm y⁻¹. Per le Prealpi il trend è di 0,2 mm y⁻¹. Analizzando i trend per singoli mesi da gennaio ad aprile, si può osservare che i valori aumentano con il passare dei mesi e che il valore massimo è nel mese di marzo e nel mese di aprile in quota. Questo indica chiaramente che viene a mancare progres-

sivamente nel corso dell'inverno il carico di neve, specie da febbraio in poi (Fig.2). La minor disponibilità di SWE a marzo indica una minor disponibilità di risorsa per l'ablazione primaverile. Nella Tab. II sono riportati i valori medi in mm dei mesi di gennaio, febbraio, marzo e aprile per le 4 fasce altimetriche.

Fig. 3 - Andamento risorsa nivale dal 1961 al 2020. Media mobile di ordine 11 per il raggruppamento di stazioni di "bassa quota".

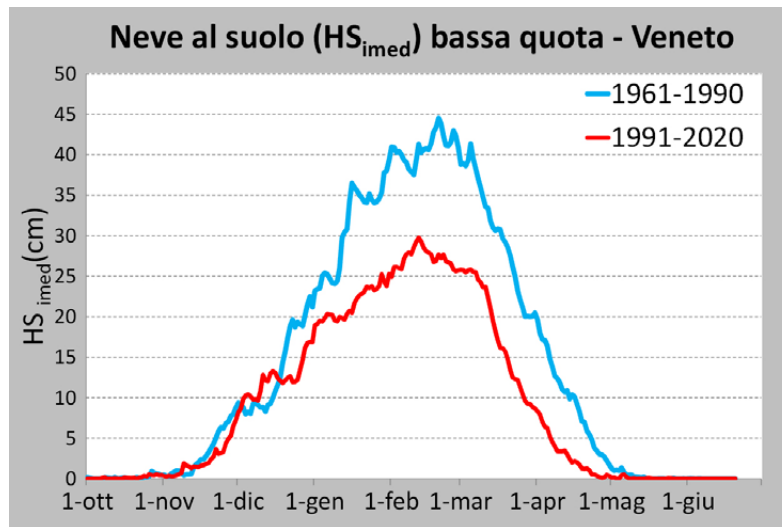
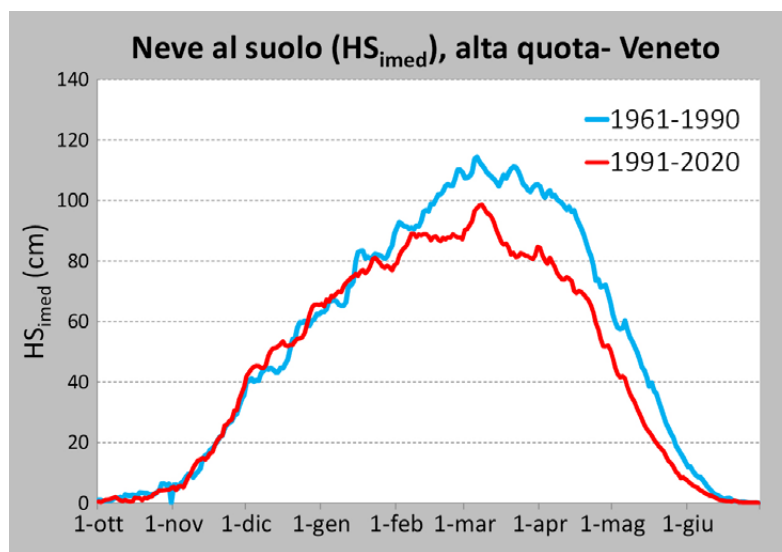


Fig. 4 - Andamento risorsa nivale dal 1961 al 2020. Media mobile di ordine 11 per il raggruppamento di stazioni di "alta quota".



Le differenze fra i due periodi climatici sono importate ed evidenziano una netta diminuzione della disponibilità della risorsa nivale pari ad oltre il 60% al di sotto dei 2000 m nel mese di marzo, per arrivare ad essere quasi nulla ad aprile ad di sotto dei 1000 m di quota.

Nel mese di gennaio, il deficit oltre i 1500 m di quota è contenuto (-6% e -18%) e del 30% fra i 1000 e 1500 m di quota, per poi aumentare sempre più e interessare le quote superiori.

In sintesi, da gennaio in poi, si assiste ad una progressiva diminuzione della disponibilità della risorsa idrica che interessa progressivamente le varie quote per cause che devono essere indagate quali la per mancanza di apporti nevosi, per processi accelerati di ablazione a parità di precipitazioni o per un regime pioggia/neve che, rispetto al trentennio 1961-1990 si innalza di quota.

Colombo et al. (2022) hanno riscontrato che la NAO (North Atlantic Oscillation), la AMO (Atlantic Multi-decadal Oscillation) e la AO (Arctic Oscillation) e le precipitazioni sono interconnesse con le oscillazioni dello SWE sul lunga scala temporale (1950-2020) sull'arco Alpino italiano anche se questa interconnessione sia degradata



proprio nel trentennio recente (1991-2020) in corrispondenza di anomalie altamente positive della temperatura dell'aria. Inoltre, sempre in Colombo et al. (2022) è stato riscontrato che l'aumento della temperatura è il principale responsabile della perdita di massa nevosa e delle persistenti condizioni di siccità.

Dal punto di vista della disponibilità della risorsa idrica nivale nel bacino del Piave-Cordevole (area di riferimento di 2110 km² oltre gli 800 m di quota), la perdita di Milioni di metri cubi di acqua equivalente nel mese di marzo è del 48% rispetto al periodo 1961-1990 pari 240 Mm³.

Altezza manto nevoso al suolo

Per comprendere meglio l'andamento della risorsa nivale) e sono stati indagati gli andamenti dello spessore della neve a suolo (HS) aggregati per fasce altimetriche (HS_{imed}).

Quindi per caratterizzare la neve regionale ed individuare i trend in atto sono stati analizzati i dati delle stazioni di misura e osservazione del manto nevoso tradizionali e automatiche a partire dal 1961 fino alla stagione in corso. Le basi di dati sono due ben differenti: quella di più lungo corso, costituita da una decina di stazioni ubicate fra i 750 m di quota e i 2100 m, di tipo tradizionale, con misura alle 8:00 del mattino del valore di neve fresca (HN) e di neve al suolo (HS); per il trentennio recente (dal 1991) le stazioni di tipo tradizionale sono integrate dalle stazioni automatiche. I dati, come nello studio dello SWE, sono stati raggruppati in due fasce altimetriche definite come "alta quota" per le stazioni oltre i 1500 m di altitudine e di "bassa quota" per quelle inferiori secondo i parametri dei recenti lavori sull'evoluzione del manto nevoso.

È stato determinato il valore dello spessore medio della neve al suolo (HS_{imed}) per due trentenni climatici consecutivi 1961-1990 e 1991-2020 sia per il raggruppamento "alta quota" che "bassa quota" (Fig. 3, Fig.4).

Osservando l'andamento dei 2 trentenni, appare evidente che nei tempi recenti la montagna veneta è caratterizzata da uno spessore di neve al suolo (HS) più basso

rispetto al precedente periodo.

Questi andamenti sono stati osservati sia per le Alpi orientali che per le intere Alpi meridionali (Valt et al. 2022).

In alta quota, dal mese di febbraio, il deficit del periodo recente si attesta sul 15-20 % (25-35 cm di neve al suolo) e questo si ripercuote anche sulla permanenza della neve al suolo: il 15 aprile, a parità di spessore, la differenza è di oltre 30 giorni. Infatti, lo spessore medio di circa 100 cm del 15 aprile del trentennio 1961-1990 si riscontra il 12 marzo nel trentennio recente.

Per quando riguarda la bassa quota lo scarto fra i 2 periodi inizia già nell'ultima decade di dicembre, per poi protrarsi per tutta la stagione invernale con ripercussioni negative sulla fase di ablazione, che porta alla scomparsa più veloce del manto nevoso al suolo.

La differenza tra gli spessori può essere dovuta a diversi fattori quali: una carenza di precipitazioni nevose, da metà febbraio in poi in alta quota e da gennaio a bassa quota; processi di fusione in mezzo all'inverno, come ad esempio negli ultimi anni a febbraio a bassa quota; o un cambiamento di regime delle precipitazioni, più piovose che nevose alle quote inferiori.

Alcuni autori indicano, nelle loro prime elaborazioni, un aumento di circa +1.1 °C fra i 2 periodi climatici a cui corrisponderebbe un aumento di quota della LAN di circa 240 m per le Alpi italiane, pari a circa 218 m per ogni 1 °C di aumento della temperatura.

Le stagioni invernali 2021-22 e 2022-23

Le ultime 2 stagioni invernali sono state scarsamente nevose e con poca risorsa nivale disponibile in primavera. Questa situazione ha generato delle importanti ricadute negative sulle portate dei principali fiumi della pianura Padana con risvolti sulla disponibilità della risorsa idrica per l'agricoltura, per l'industria, per la produzione di energia elettrica, per contrastare la risalita del cuneo salino alle foci e sull'idropotabile.

La stagione invernale 2021-2022 è stata scarsa di nevicate e con temperature miti che hanno favorito la fusione della neve lungo molti versanti anche nel periodo dicembre-febbraio contribuendo a ridurre anticipatamente la disponibilità della risorsa nevosa. La scarsità di neve è stata soprattutto nel settore occidentale delle Alpi italiane mentre in quelle orientali, le nevicate di metà febbraio, dei primi di aprile e a cavallo del mese di maggio, contribuendo a mantenere lo spessore medio del manto nevoso (HS_{imed}) su valori superiori (Fig. 5) dando la sensazione di una maggior nevosità specie in quota. La stagione invernale 2022-2023 (dicembre- aprile) è stata mite come la stagione scorsa (+2,2°C rispetto alla media in quota). Il manto nevoso stagionale (Fig. 6) si è formato con le nevicate della III decade del mese di novembre, incrementato successivamente da una serie di episodi fra il 2 e il 16 dicembre che hanno determinato

Fig. 5 - Andamento dello HS_{imed} per le Dolomiti Venete (1991-2020) e della stagione invernale 2021-22.

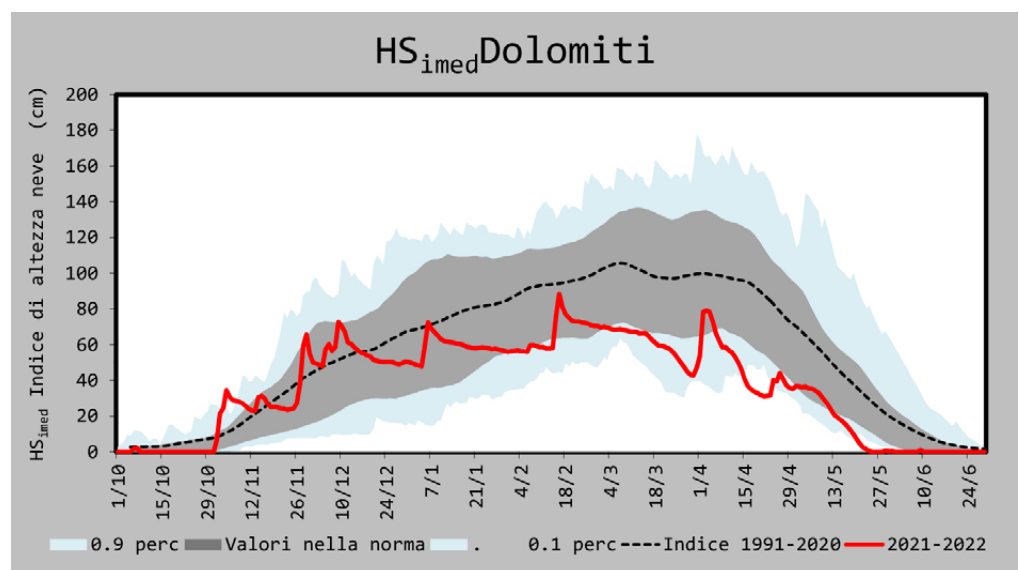
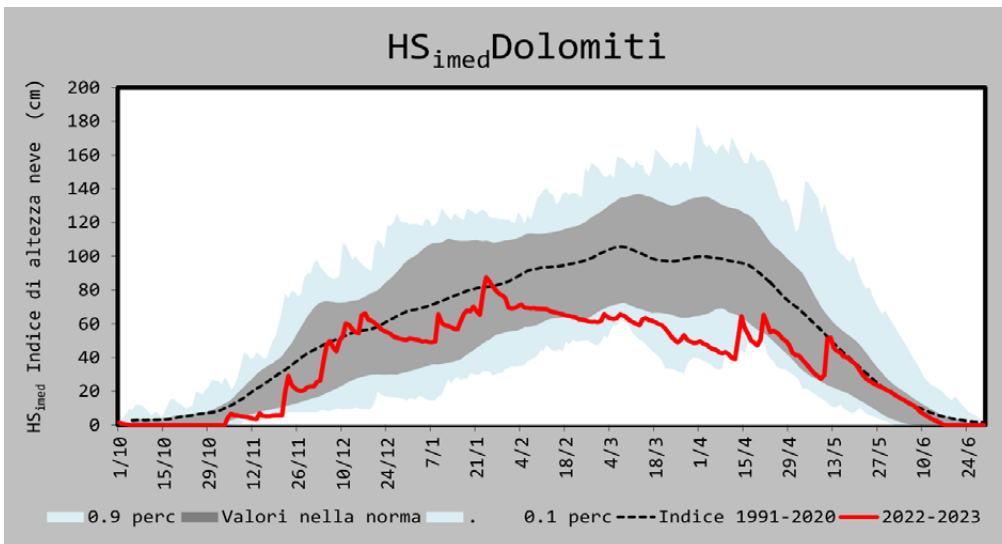




Fig. 6 - Andamento dello HS_{imed} per le Dolomiti Venete (1991-2020) e della stagione invernale 2022-23.



un manto nevoso nella norma su tutta la montagna veneta, sia in quota che a fondovalle.

E' seguito poi un periodo, la III decade di dicembre e la I di gennaio, estremamente caldo (valori medi dei 2 periodi oltre il 90 percentile) che ha determinato la prima fusione del manto nevoso. Dal 7 al 24 di gennaio nuove nevicate hanno incrementato il manto nevoso che ha raggiunto anche i suoi valori massimi di spessore nelle Alpi orientali. Il periodo II decade di gennaio – I di febbraio è stato anche il più freddo della stagione invernale. Da questo punto della stagione invernale e fino alla metà di aprile sulle Alpi orientali, gli apporti di neve fresca sono stati scarsi e in singoli episodi. Questo lungo periodo è stato caratterizzato dalle calde temperature della II decade di febbraio (+8°C rispetto alla media) che hanno generato una grande fusione del manto nevoso con scomparsa della neve alle basse quote e lungo i pendii soleggati. Anche le decadi seguenti sono state calde e solo la I di aprile è stata fredda (evento raro inferiore al 10 percentile). Dal 10 al 14 aprile e poi dal 19 al 21 ulteriori apporti nevosi hanno incrementato il manto nevoso interrompendo la fase di ablazione in atto da gennaio. Sulle Alpi occidentali,



dal 24 febbraio al 2 marzo apporti nevosi hanno contribuito ad incrementare il manto nevoso ma sono poi gli episodi dall'8 al 14 marzo ad incrementare di nuovo gli spessori, pur rimanendo al di sotto della norma e nel confine statistico fra il 10^o percentile e il 1^o quartile

Conclusione

I valori elaborati dello SWE del mese di marzo per le stazioni delle Alpi orientali e precisamente delle Dolomiti e Prealpi venete per il periodo 1961-2023, evidenziano che il 2022 è stato fra il 0.2-0.4 quantile per le stazioni oltre i 2000 m di quota (il 2023 non è ancora disponibile) rispetto al periodo 1991-2020 mentre per tutte quelle alle quote inferiori è stato inferiore allo 0.02 quantile nel 2022 e intorno ai 0.10 quantile nel 2023, rappresentando valori di siccità e di ripetibilità rara. I valori delle stazioni in quota, indicano una frequenza di inverni con un innevamento simile nel trentennio recente mentre, il valore del 2022 rispetto al trentennio 1961-1990, è su valori inferiori allo 0.10 percentile ad indicare un evento raro. Questo conferma la minor disponibilità della risorsa nevosa disponibile attualmente, come confermato in altri lavori (Valt M., 2022, Bertoldi et al., 2023).

Collaborazioni

Il presente lavoro è stato elaborato con la collaborazione di *Nicola Colombo (Water Research Institute, National Research Council of Italy, Montelibretti, RM, Italy)*, *Paola Cianfarra (Department of Earth, Environmental and Life Sciences, University of Genoa, Genoa, Italy)*, *Nicolas Guyennon (Water Research Institute, National Research Council of Italy, Montelibretti, RM, Italy)*.

Bibliografia

- Avanzi, F., Gabellani, S., Delogu, F., Silvestro, F., Pignone, F., Bruno, G., Pulvirenti, L., Squicciarino, G., Fiori, E., Rossi, L., Puca, S., Toniazzo, A., Giordano, P., Falzacappa, M., Ratto, S., Stevenin, H., Cardillo, A., Fioletti, M., Cazzuli, O., Cremonese, E., Morra di Cella, U., and Ferraris, L.: IT-SNOW: a snow reanalysis for Italy blending modeling, in situ data, and satellite observations (2010–2021), *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 639–660, <https://doi.org/10.5194/essd-15-639-2023>, 2023.
- Bertoldi, G., Bozzoli, M., Crespi, A., Matiu, M., Giovannini, L., Zardi, D., Majone, B., 2023. Diverging snowfall trends across months and elevation in the northeastern Italian Alps. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.8002>
- Bocchiola, D., Diolaiuti, G., 2010. Evidence of climate change within the Adamello Glacier of Italy. *Theor. Appl. Climatol.* 100, 351–369. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0186-x>.
- Colombo, N., Valt, M., Romano, E., Salerno, F., Godone, G., Cianfarra, P., Freppaz, M., Maugeri, M., Guyennon, N., 2022. Long-term trend of snow water equivalent in the Italian Alps. *Journal of Hydrology*. Volume 614, Part A, November 2022, 128532 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128532>
- Fierz, C.R., Armstrong, R.L., Durand, Y., et al., 2009. The international classification for seasonal snow on the ground. *International Hydrological Programme of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO-IHP), Paris, IHP Technical Documents in Hydrology No. 83, IACS Contribution No. 1*. <https://cryosphericsscience.org/publications/snow-classification/>.
- Jonas, T., Marty, C., Magnusson, J., 2009. Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps. *J. Hydrol.* 378 (1–2), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.09.021>.
- Marty, C., Tilg, A.-M., Jonas, T., 2017. Recent evidence of large scale receding snow water equivalents in the European Alps. *J. Hydrometeorol.* 18, 1021–1031. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0188.1>.
- Matiu, M., Crespi, A., Bertoldi, G., Carmagnola, C. M., Marty, C., Morin, S., Schöner, W., Cat Berro, D., Chiogna, G., De Gregorio, L., Kotlarski, S., Majone, B., Resch, G., Terzago, S., Valt, M., Beozzo, W., Cianfarra, P., Gouttevin, I., Marcolini, G., Notarnicola, C., Petitta, M., Scherrer, S. C., Strasser, U., Winkler, M., Zebisch, M., Cicogna, A., Cremonini, R., Debernardi, A., Faletto, M., Gaddo, M., Giovannini, L., Mercalli, L., Soubeyroux, J.-M., Sušnik, A., Trenti, A., Urbani, S., and Weilguni, V.: Observed snow depth trends in the European Alps: 1971 to 2019, *The Cryosphere*, 15, 1343–1382. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1343-2021>
- Rohrer, M.B., Braun, L.N., Lang, H., 1994. Long-term records of the snow cover water equivalent in the Swiss Alps: 1. Analysis. *Nord. Hydrol.* 25 (1–2), 53–64. [https://doi.org/10.2166/nh.2015.132](https://doi.org/10.2166/nh.1994.0019Schöber, J., Achleitner, S., Bellinger, J., 2016. Analysis and modelling of snow bulk density in the Tyrolean Alps. <i>Hydrol. Res.</i> 47 (2), 419–441. <a href=).
- Sturm, M., Holmgren, J., Liston, G.E., 1995. A Seasonal Snow Cover Classification System for Local to Global Applications. *Journal of climate*, Volume 8, Issue 5, 1261–1283, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<1261:ASSCCS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<1261:ASSCCS>2.0.CO;2)
- Winkler, M., Schellander, H., Gruber, S., 2021. Snow water equivalents exclusively from snow depths and their temporal changes: the ΔSNOW model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 25, 1165–1187. <https://doi.org/10.5194/hess-25-1165-2021>.
- Salmi T., Määttä A., Pia Anttila, Tuija Ruoho-Airola, 2002. Detecting Trends of Annual values of atmospheric Pollutant the Mann-Kendall Test and Sen'Slope estimates the excel template application Make-sens. *Publications on air quality No. 31 Finnish Meteorological Institute, Helsinki 2002*. Pag. 35. https://www.researchgate.net/publication/259357030_MAKESENS_10xls
- Sen, P. K., 1968. "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau." *JASA*, 1379-1389.
- Theil, H., 1950. "A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis." Reprinted in 1992 in *Henri Theil's contributions to economics and econometrics*, Springer, 345-381.
- Valt, M., Cianfarra P., 2010. Recent snow cover variability in the Italian Alps. *Cold Regions Science and Technology*, 64, 146-157
- Valt, M., 2022. Neve e clima sulle Alpi italiane. *Neve e Valanghe* n. 97, 2-14

Il dilemma
risolto
grazie alla
conoscenza
basata sulle
evidenze

SCAVA VICINO SCAVA VELOCE

Davide Rogora
Centro Studi Materiali e Tecniche,
Club Alpino Italiano
Gianni Perelli Ercolini
Scuola Centrale di Scialpinismo,
Club Alpino Italiano

Uno studio sulle conseguenze della scelta del punto di inizio scavo nell'autosoccorso in valanga

Dig close, dig fast. A study on the consequences of excavation start point choice in avalanche companion rescue.

An effective avalanche companion rescue requires acting against the clock. This involves digging and getting him or her to breathe as quickly as possible. The companion rescue digging protocol known as the 'conveyor belt method' specifies (except in two special cases) to start shoveling in the vicinity of the probe that hit the buried subject. Conversely, authoritative alternative sources prescribe starting at a distance equal to at least the depth of burial or more. In this research, using representative paired field experiments, the effects of the two different courses of action were measured and compared. The differences that emerged are statistically significant and confirm the validity of the choice recommended in the technical handbooks of the Italian Alpine Club of starting close to the probe. Otherwise, the effectiveness of the intervention decreases, taking on average two and a half minutes longer and wasting seven percentage points of the probability of saving the life of the buried companion.

Salvare un compagno sepolto da una valanga impone di agire contro il tempo. Ciò implica scavare e metterlo in condizioni di respirare il più velocemente possibile. Il protocollo di scavo in autosoccorso noto come "metodo del nastro trasportatore" specifica (salvo in due situazioni particolari) di iniziare a spalare in prossimità della sonda che è andata a segno. Viceversa, autorevoli fonti alternative prescrivono di cominciare ad una distanza pari ad almeno la profondità di seppellimento o più. In questa ricerca, mediante esperimenti in campo, rappresentativi e appaiati, sono stati misurati e confrontati gli effetti dei due diversi modi di agire. Le differenze emerse sono statisticamente significative e confermano la validità della scelta raccomandata nei manuali tecnici del Club Alpino Italiano di iniziare vicino alla sonda. Diversamente, l'efficacia d'intervento diminuisce, impiegando mediamente due minuti e mezzo in più e spreco sette punti percentuali della probabilità di salvare la vita al compagno sepolto.



INTRODUZIONE

Minimizzare il tempo in cui una persona rimane sepolta sotto una valanga è indispensabile per salvaguardare le sue possibilità di sopravvivenza. Dopo aver eseguito la localizzazione con A.R.T.Va. e aver stabilito un contatto con il soggetto sepolto mediante sondaggio, scavare seguendo un protocollo chiaramente strutturato è fondamentale per massimizzare le probabilità di successo del salvataggio. Nel corso degli anni, sono stati proposti e sviluppati diversi metodi per incrementare l'efficienza dell'operazione di salvataggio.

In base a verifiche sul campo il Club Alpino Italiano ha ritenuto più adatto il metodo del Nastro Trasportatore della Neve per l'insegnamento della tecnica di scavo. Esso è descritto nel capitolo Autosoccorso della più recente edizione del Manuale di Scialpinismo, messo a disposizione di tutte le scuole a supporto dei corsi di formazione e di addestramento periodico.

Una delle caratteristiche principali di questa tecnica è che i soccorritori lavorano sempre a una distanza pari alla lunghezza della pala l'uno dall'altro e il primo soccorritore si posiziona a una lunghezza di pala dalla sonda andata a segno sul sepolto. L'eccezione alla regola di vicinanza dello schieramento, rispetto alla sonda, è prevista in due casi particolari: neve soffice e profondità minima di seppellimento o numero di soccorritori insufficiente rispetto alla profondità di seppellimento.

Dalla data di pubblicazione del manuale si è notato che diverse fonti (cfr. Appendice), tra cui opuscoli di produttori di attrezzature, articoli su riviste specializzate, organizzazioni di soccorso, guide alpine, divulgatori web; dissentono da questo approccio, affermando categoricamente che lo scavo deve iniziare "lontano" dalla sonda: financo a 1.5 volte la profondità di seppellimento.

Il lavoro presentato in questo articolo analizza le potenziali differenze negli esiti quando si segue l'una o l'altra variante.

METODO

Per questo studio, abbiamo chiesto a gruppi di volontari di eseguire una coppia di scavi, ciascuno rappresentativo di un autosoccorso in valanga, differenziati esclusivamente dal punto di inizio scavo. Quello preso a riferimento è stato scelto vicino alla sonda, come da protocollo canonico del metodo del nastro trasportatore, secondo Genswein et al. (2008) e Manuale CAI #31 (2018). Quello posto a confronto è stato posizionato lontano dalla sonda, ad una distanza da essa pari alla profondità di seppellimento ipotizzata.

I dati sono stati raccolti durante quattro diverse sessioni di formazione/aggiornamento in campo, organizzate per dilettanti con un'ampia varietà del livello di competenza: dal ciaspolatore principiante, allo scialpinista evoluto, fino a candidati istruttori di sci alpinismo.

Un mix casuale di genere, età, forma fisica

e conoscenza dei metodi di scavo ha caratterizzato la composizione del campione di praticanti coinvolti. Laddove i soggetti intervistati avessero dichiarato scarsa dimestichezza con il metodo di scavo, prima dell'inizio dei test è stata effettuata una breve sessione di addestramento specifico per assicurare l'utilizzo della tecnica corretta.

La cadenza con cui ogni squadra è stata chiamata all'azione comprendeva un tempo di riposo sufficiente per evitare influenze di risultato imputabili al sopraggiungere di affaticamento fra uno scavo e il successivo. Inoltre, l'ordine delle tecniche con cui ogni gruppo ha iniziato l'uno o l'altro dei due esercizi di scavo è stato scelto in modo casuale.

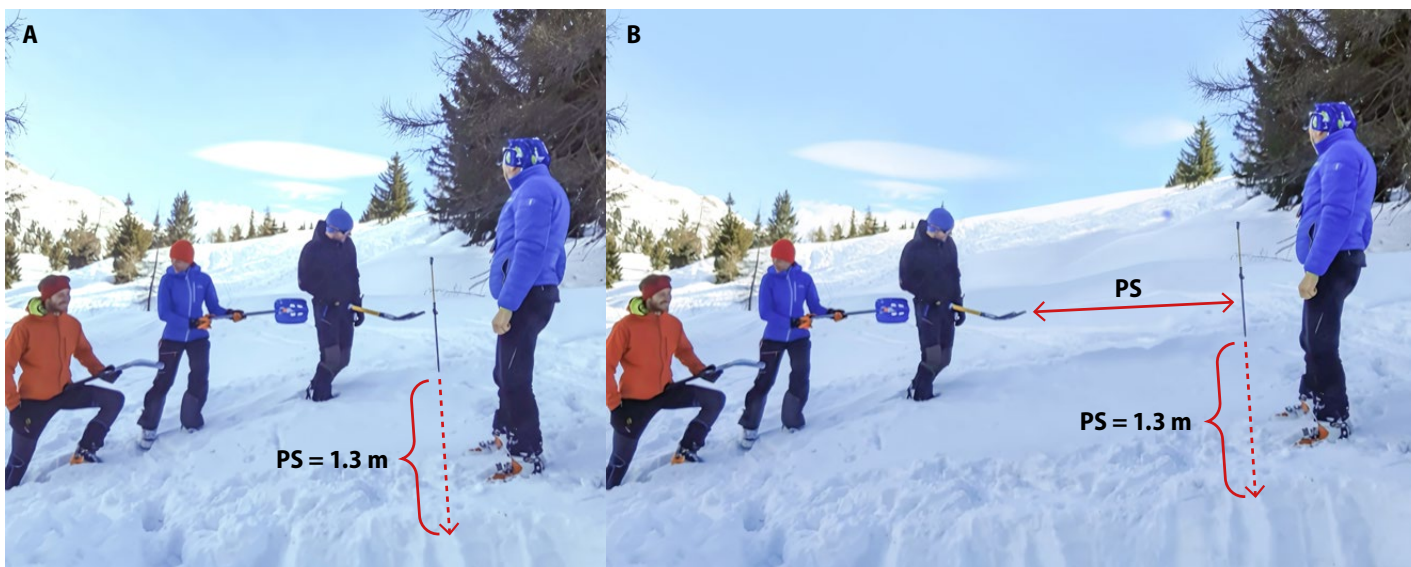
Alcuni parametri quali: la profondità di seppellimento (PS), l'inclinazione del pendio e il numero di componenti della squadra sono stati fissati a priori, dunque costanti in tutti gli esperimenti.

Le misure registrate sono state due istanti temporali ben precisi durante lo svolgimento del lavoro di scavo.

Il primo evento, denominato t_1 , è il tempo trascorso per raggiungere la punta della sonda infissa nel manto nevoso, che ha rappresentato, nella configurazione semplificata dei test, il tempo impiegato per ottenere il primo contatto visivo con il soggetto sepolto. Questo è normalmente un passaggio cruciale in quanto è l'istante in cui i soccorritori sono per la prima volta in grado di determinare l'effettiva

Foto pagina precedente:
Tiziano Colombo

Fig. 1 - Configurazione delle distanze assunte dai partecipanti durante gli esperimenti: a) l'approccio di riferimento "canonico" ovvero b) l'approccio a confronto "da lontano". a) schieramento vicino alla sonda b) schieramento lontano dalla sonda (foto di Luca Orsignola)



giacitura del sepolto rispetto alla posizione della sonda e decidere con precisione dove allargare la buca per arrivare alle vie respiratorie del soggetto.

Il secondo evento, denominato t_2 , è il tempo necessario per allargare la buca, al livello della punta della sonda infissa nel manto nevoso, fino a una determinata larghezza, fissata a priori e costante per ogni scavo, simulante l'avvenuto accesso alle vie aeree.

Profondità di seppellimento

La profondità di seppellimento simulata è stata di 130 cm per tutti gli scavi. Un valore ritenuto il giusto equilibrio tra la richiesta di uno sforzo impegnativo per le squadre coinvolte e un tempo sufficiente affinché si manifestassero gli effetti di interazione fra gli individui del team ma, d'altro canto, tale da evitare una durata eccessivamente prolungata per ciascuna prova. Questo valore è il 73° percentile fra gli individui che in Svizzera sono stati completamente sepolti da valanghe, così come registrati dal 1973-1974 al 2012-2013 nel database dell'istituto SLF di Davos e mostrato in un precedente lavoro di Reiweger et al. (2017).

Inclinazione del pendio

I luoghi in cui eseguire gli esperimenti sono stati scelti in modo da limitare l'inclinazione massima delle aree di scavo entro i cinque (5) gradi rispetto all'orizzontale. Inoltre, sono state prese particolari precauzioni per preservare una superficie sufficiente di manto nevoso intonso, nelle immediate vicinanze della prima buca scavata da ciascun team, in modo tale da garantire la massima omogeneità possibile sia dell'inclinazione sia dell'altrettanto importante durezza locale della neve.

Inclinazioni maggiori, in relazione alla medesima profondità di seppellimento stabilita per gli esperimenti, avrebbe semplificato eccessivamente il compito di scavo, mascherando potenzialmente gli effetti a confronto che sono invece oggetto di questa ricerca. Si è cercato pertanto di minimizzare questo tipo di influenza di risultato già in fase di progettazione degli esperimenti.



Fig. 2 - I parametri (istanti temporali) misurati: t_1 il raggiungimento della punta della sonda, t_2 l'allargamento della buca tale da accogliere un simulacro fisico di dimensioni predefinite.

Numerosità della squadra

Il numero di componenti di ogni squadra è stato limitato a tre (3). Questa scelta è stata fatta in fase di progettazione del test per cercare di rappresentare al meglio le caratteristiche di una azione realistica su terreno d'avventura.

Il primo aspetto attiene al concetto di numero "ideale" per una squadra di scialpinisti. Non troppo numerosa (diciamo < 5) per non incorrere in difficoltà di comunicazione, di visione comune o in generale, in tutto ciò che rientra nelle cosiddette problematiche da *fattore umano*. Non troppo scarna (diciamo ≤ 3) per non trovarsi con uno o due soli scampati (nell'ipotesi di un solo sciatore sepolto) e una conseguente capacità di autosoccorso assai limitata a causa del numero ridotto di persone attive rimaste. Queste considerazioni portano ad individuare la squadra "ideale" in quattro componenti, e pertanto l'autosoccorso è svolto dai tre non coinvolti.

In secondo luogo, con una squadra eccessivamente numerosa è ragionevole prevedere una maggiore difficoltà di coordinamento meramente dal punto di vista dell'applicazione pratica della tecnica di scavo: nonostante il maggior numero di

scavatori disponibili, la confusione insita può prevalere e l'efficacia globale diminuire. Si è quindi ritenuto indesiderabile enfatizzare questo tipo di handicap dato l'obiettivo della campagna sperimentale. A margine, è anche utile notare come a fronte di una profondità di seppellimento stimata in 130 cm, la "regola del convogliatore", su terreno pianeggiante, raccomandi l'impiego di 3,25 soccorritori (2x130/80)

Dimensione obiettivo dello scavo

La conclusione di ciascun esperimento è stata basata sul raggiungimento di una prefissata larghezza della buca, al livello della punta della sonda. Ciò a rappresentare realisticamente il raggiungimento dell'accesso alle vie aeree del soggetto sepolto. La dimensione scelta, pari a 80 cm, corrisponde alla distanza natica-occhio media dei valori al 95° percentile femminile e maschile, secondo Gordon et al. (2014) e MIL-STD-1472D (1989).

La scelta di allargare la buca verso il lato destro o sinistro, rispetto alla punta della sonda, è stata lasciata al caso, determinata da chi si trovava al vertice della squadra di soccorritori al momento del primo contatto visivo.

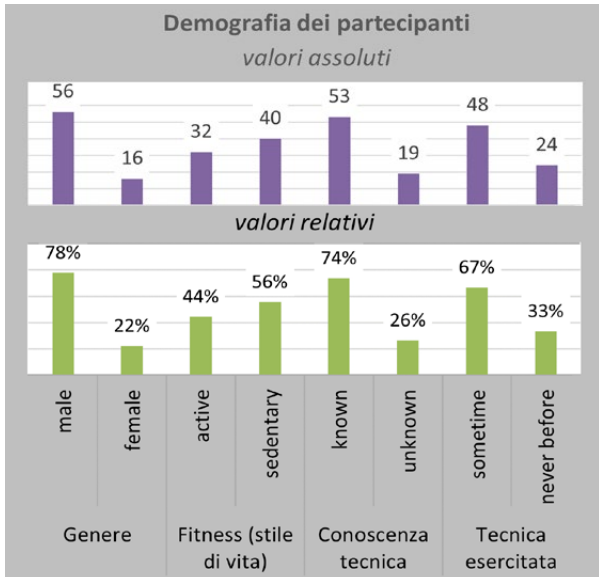


Fig. 3 - Caratteristiche del campione dei partecipanti.

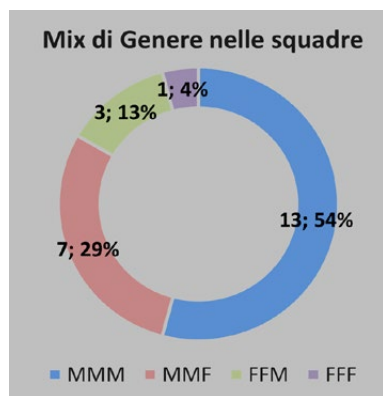


Fig. 4 - Mix di genere nelle squadre.

RISULTATI

Nel periodo dicembre 2019 - gennaio 2020 si sono svolte quattro (4) sessioni di prove sul campo in diversi luoghi delle Alpi. Due di queste in prossimità del Passo del Tonale 1880 m s.l.m. (46.25761, 10.57757) in data 1 e 2 gennaio 2020; una appena sotto il Passo del Sempione 1890 m s.l.m. (46.24289, 8.01209) il 28 dicembre 2019, e una alla sommità all'area sciistica dismessa di San Bernardino - CH 2250 m s.l.m. (46.46005, 9.15619) il 15 dicembre 2019.

Complessivamente, 24 squadre composte da 72 partecipanti hanno scavato 48 buche. Pertanto, il database è costituito da 24 osservazioni accoppiate: una per la buca scavata "canonicamente" e una per la corrispondente buca scavata "da lontano" dalla medesima squadra.

Attraverso una rapida intervista preliminare ciascuno dei partecipanti è stato identificato in base alle caratteristiche più rilevanti ai fini dello studio. Il 78% dei volontari aderenti è stato di sesso maschile e il 22% di sesso femminile. Il 44% dei parte-

cipanti ha affermato di condurre uno stile di vita attivo (A), mentre il restante 56% si è descritto come sedentario (S). Il 74% conosceva già il metodo di scavo del "nastro trasportatore" mentre per il restante 26% il metodo era sconosciuto. Il 67% ha dichiarato di aver già provato ad applicare il metodo almeno una volta, mentre il 33% non l'aveva mai utilizzato prima.

Le squadre che hanno operato sono state per il 54% composte da soli uomini (MMM), per il 29% da due uomini e una donna (MMF), per il 13% da due donne e un uomo (FFM) e per il 4% da sole donne (FFF).

Demografia

L'età dei membri delle squadre è risultata compresa fra 17 e 67 anni, con un valore medio di 43.6 (IQR 16.5).

Tempo di raggiungimento del sepolto

Nella configurazione di prova il primo contatto con il soggetto sepolto corrisponde al momento in cui la punta della sonda diventa visibile allo spalatore che lavora nella posizione più avanzata del nastro trasportatore. Questo istante è denominato t_1 . Nelle 24 prove che compongono il campione, in media, sono stati necessari 356 secondi (DS 83, CV 23%) per il metodo "canonico" (t_{1-c}) e 495 secondi (DS 103, CV 21%) per il metodo "da lontano" (t_{1-ff}).

Tempo di raggiungimento delle vie aeree

Nella configurazione di prova, il raggiungimento delle vie aeree del soggetto sepolto è l'evento chiave e corrisponde all'ottenimento di una larghezza della buca pari a 80 cm, a livello della punta della sonda. Circostanza verificata fisicamente inserendo nella buca un simulacro della dimensione prefissata, di forma cilindrica. Questo istante è denominato t_2 . Nelle 24 prove che costituiscono il campione, in media, sono stati necessari 508 secondi (DS 103, CV 20%) per il metodo "canonico" (t_{2-c}) e 661 secondi (DS 120, CV 18%) per il metodo "da lontano" (t_{2-ff}).

È utile precisare che la durezza della neve nelle 48 buche realizzate variava tra il

grado di durezza del *pugno* e quello del *dito*, con una prevalenza della durezza: *quattro dita*.

DISCUSSIONE

Per la valutazione i risultati sono stati raggruppati in base alla necessità di verificare se tra i due approcci allo scavo emergesse una differenza significativa nei tempi notevoli e quale tipo di conseguenze ciò potesse eventualmente comportare.

Le analisi statistiche sono state elaborate con l'ausilio del codice R. Per le basi teoriche e i manuali si rimanda alla documentazione di libero accesso del progetto R (2023).

Raggiungere il soggetto sepolto

Poiché si tratta di dati provenienti da esperimenti accoppiati, definiamo la variabile t_{1-d} come la differenza tra i due tempi seguenti:

$$t_{1-d} = t_{1-c} - t_{1-ff}$$

Dato che il *p-value* del test di Anderson-Darling effettuato sulla variabile t_{1-d} risulta pari a 0.58, è difficile negare l'ipotesi di normalità della distribuzione di essa. Il diagramma di confronto fra i quantili teorici e quelli osservati conforta questa tesi. Svolgendo un *t-test* ($\alpha=0.05$) sulla variabile t_{1-d} , equivalente ad un *t-test* per dati appaiati, con le seguenti ipotesi:

$$H_0: \mu = 0 \quad ; \quad H_a: \mu \neq 0$$

è emerso che il *p-value* è pari a $2.2E-7$, indicando chiaramente che non è possibile accettare l'ipotesi nulla che la media della variabile t_{1-d} sia uguale a zero. Ciò porta ad accettare che esiste una differenza statisticamente non trascurabile tra la media del metodo "canonico" (t_{1-c}) e la media del metodo "da lontano" (t_{1-ff}).

Poiché il valore della media campionaria della variabile t_{1-d} risulta essere negativo e pari a -139, testiamo anche la seguente ipotesi:

$$H_0: \mu \geq 0 \quad ; \quad H_a: \mu < 0$$

Il *p-value* del *t-test* pari a $1.1E-7$ indica chiaramente che non è possibile accettare l'ipotesi nulla che la media della variabile t_{1-d} sia maggiore o uguale a zero. Pertanto, si deve accettare che esiste una differenza negativa statisticamente non trascurabile tra la media del metodo "canonico" (t_{1-c}) e

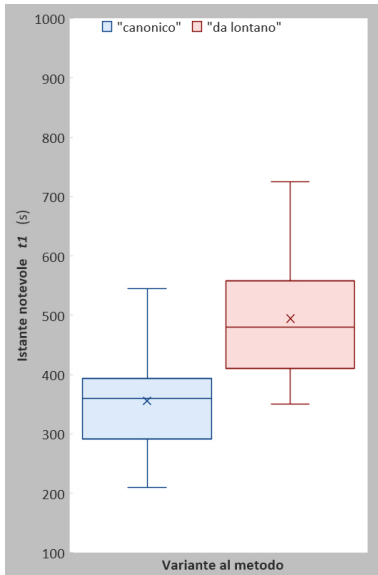


Figura 5: Tempo per liberare la punta della sonda - confronto tra i set di risultati.

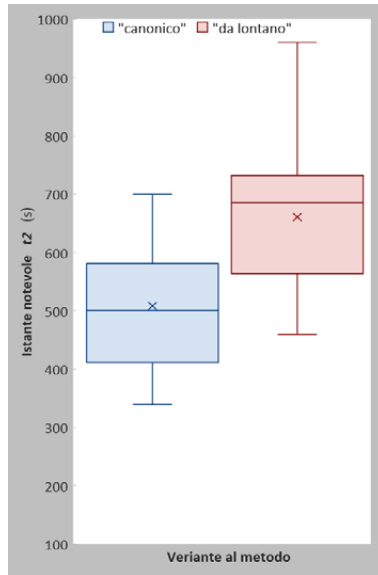


Figura 6: Tempo per allargare la buca alla dimensione prefissata - confronto tra i set di risultati.

quella del metodo "da lontano" (t_{1ff}). Ossia che il metodo "canonico" sembri essere più rapido del metodo "da lontano". La potenza del test, assumendo un delta fra t_{1-c} e t_{1-ff} pari a 120 secondi, risulta essere ben oltre la soglia comune dell'80% (99.9%).

Liberare le vie respiratorie del soggetto

Poiché si tratta di dati provenienti da esperimenti accoppiati, definiamo la variabile t_{2-d} come la differenza tra i due tempi seguenti:

$$t_{2-d} = t_{2-c} - t_{2-ff}$$

Dato che il p -value del test di Anderson-Darling effettuato sulla variabile t_{2-d} risulta pari a 0.13, è difficile negare l'ipotesi di normalità della distribuzione di essa. Il diagramma di confronto fra i quantili teorici e quelli osservati conforta questa tesi. Svolgendo un t -test ($\alpha=0.05$) sulla variabile t_{2-d} , equivalente ad un t -test per dati appaiati, con le seguenti ipotesi:

$$H_0: \mu = 0 \quad ; \quad H_a: \mu \neq 0$$

è emerso che il p -value è pari a $5.2E-7$, indicando chiaramente che non è possibile accettare l'ipotesi nulla che la media della variabile t_{2-d} sia uguale a zero. Ciò porta ad accettare che esiste una differenza statisticamente non trascurabile tra la media del metodo "canonico" (t_{2-c}) e la media del metodo "da lontano" (t_{2-ff}).

Poiché il valore della media campionaria della variabile t_{2-d} risulta essere negativo e pari a -153, testiamo anche la seguente ipotesi:

$$H_0: \mu \geq 0 \quad ; \quad H_a: \mu < 0$$

Il p -value del t -test pari a $2.6E-7$ indica chiaramente che non è possibile accettare l'ipotesi nulla che la media della variabile t_{2-d} sia maggiore o uguale a zero. Pertanto, si deve accettare che esiste una differenza negativa statisticamente non trascurabile tra la media del metodo "canonico" (t_{2-c}) e quella del metodo "da lontano" (t_{2-ff}). Ossia che il metodo "canonico" sembri essere più rapido del metodo "da lontano".

La potenza del test, assumendo un delta fra t_{2-c} e t_{2-ff} pari a 120 secondi, risulta essere ben oltre la soglia comune dell'80% (99.9%).

Tempi e probabilità di sopravvivenza

I test sul campo e l'analisi dei dati registrati indicano che una squadra impegnata in un'operazione di autosoccorso in valanga, in media, impiega 2.55 minuti (2' 33") in più per liberare le vie respiratorie del soggetto sepolto dopo averlo localizzato con successo, se inizia a scavare "da lontano" anziché vicino alla sonda come nella tecnica "canonica".

Se si considera il quinto percentile delle prestazioni del campione osservato, il tempo aggiuntivo complessivo aumenta fino all'allarmante cifra di 4.33 minuti (4' 20"). Maggiore è il tempo di scavo, minore è la probabilità di sopravvivenza. Quindi è essenziale interrogarsi sull'effettiva rappresentatività dello scenario utilizzato nei test e, non meno importante, stimare le conseguenze che un tale aumento dei tempi di autosoccorso possa comportare

rispetto alla probabilità di sopravvivenza del soggetto sepolto. Vale la pena notare che la "distanza" nella configurazione scelta per i test è stata limitata a 1x la profondità di seppellimento, nonostante il minimo sostenuto da taluni sia "1.5x o più". Pertanto, è chiaramente prevedibile che eventuali ulteriori esperimenti basati su una distanza maggiore non farebbero altro che aggravare la stima del tempo supplementare necessario per liberare le vie aeree del soggetto. Inoltre, la durezza della neve incontrata nelle sessioni sul campo, in media quattro dita, può essere una visione ottimistica di ciò che potrebbe essere un vero cumulo di detriti da valanga; ancora una volta lasciando prevedere che il tempo supplementare necessario per raggiungere e liberare le vie respiratorie della vittima risulterebbe maggiore.

Nel corso del tempo diversi ricercatori hanno tracciato curve che descrivono la probabilità di sopravvivenza in funzione della durata del seppellimento. A seconda del set di dati di riferimento, la pendenza di decadimento può differire. Cionondimeno, complessivamente i modelli di sopravvivenza appaiono ripetibili nella maggior parte degli scenari analizzati.

In particolare, utilizzando la letteratura, sono stati raccolti i dati seguenti sufficienti

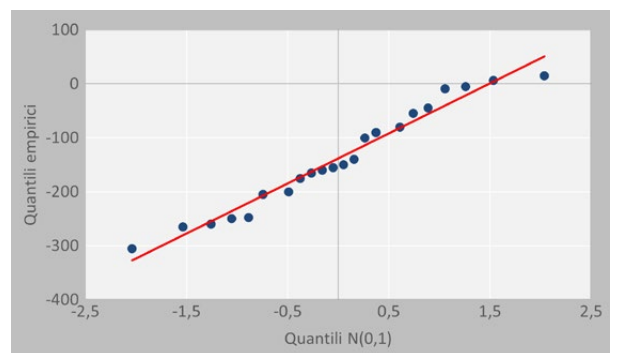


Figura 7: Q-Q plot della variabile t1_d.

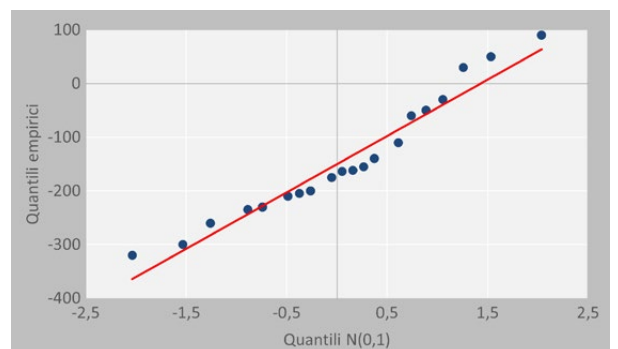
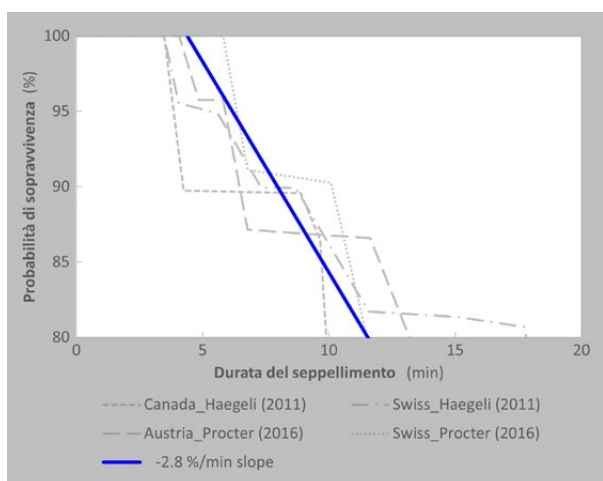
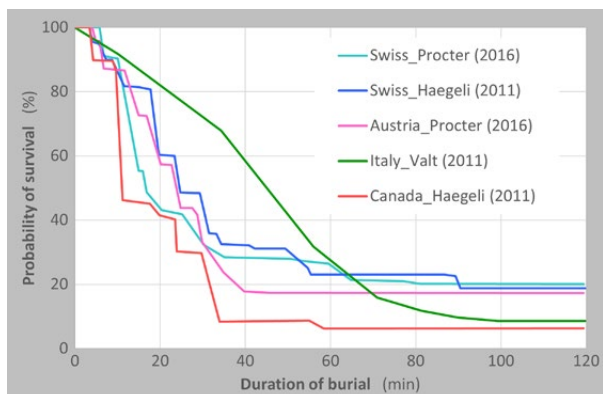


Figura 8: Q-Q plot della variabile t2-d.



ad approssimare gli andamenti delle curve nel periodo iniziale, ovvero per un tempo di sepoltura inferiore a 15 minuti, noto anche come zona di asfissia (vale a dire escludendo i traumi come causa di decesso):

- Svizzera 2.3 %/min Haegeli et al. (2011)
- Svizzera -3.5 %/min Procter et al. (2016)
- Canada -3.2 %/min Haegeli et al. (2011)
- Austria -2.2 %/min Procter et al. (2016)
- Italia -0.9 %/min Valt (2011)

Essendo etichettata "sperimentale" dal suo autore (essa non presenta infatti la forma convenzionale di Kaplan-Maier), la curva "italiana" è stata qui nel seguito tralasciata. La pendenza media delle altre curve consolidate risulta pari a -2.8% di probabilità di sopravvivenza per ogni minuto trascorso, nel periodo 0-15 minuti.

Ne consegue che, in media, se invece di attenersi alla metodologia di scavo "canonica", si cominciasse a scavare "da lontano", la probabilità di sopravvivenza diminuirebbe del 7.1% (2.8×2.55). Considerando il quinto

percentile delle prestazioni dei volontari coinvolti, la probabilità di sopravvivenza si ridurrebbe addirittura del 12.1% (2.8×4.33).

CONCLUSIONI

Attraverso prove sul campo, grazie all'azione di 72 volontari che hanno scavato buche accoppiate, è stato studiato l'impatto della scelta del punto di inizio scavo a 1x la profondità di sepoltura, in contrasto con l'istruzione canonica "vicino alla sonda" del metodo di scavo del Nastro Trasportatore della Neve.

Sebbene prove aggiuntive potrebbero fornire ulteriori dettagli sull'influenza delle variabili coinvolte, sembra chiaro che il metodo di scavo canonico massimizzi il potenziale di successo dell'azione di autosoccorso nella maggior parte dei casi, con squadre di autosoccorso composte da dilettanti.

Infatti, sulla base delle misurazioni dei tempi di scavo di 48 buche appaiate, una scavata con il metodo canonico e una scavata

Riferimenti

- Club Alpino Italiano, Commissione Nazionale Scuole Di Alpinismo Sci Alpinismo e Arrampicata Libera: Manuale di Scialpinismo, 2018. <https://store.cai.it/manualistica/134-scialpinismo-9788879820721.html>
- Genswein, M., Ragnhild, E.: The V-shaped snow conveyor belt, International Snow Science Workshop Preceedings, Whistler, 2008. https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/P__8248.pdf
- Gordon, C. C. et al.: Anthropometric survey of U.S. army personnel: methods and summary statistics, Technical Report TR-15/007, Natick, MA, 2014. <https://dacowits.defense.gov/LinkClick.aspx?fileticket=EbsKcm6A10U%3D&portalid=48>
- Haegeli, P., Falk, M., Brugger, H. et al.: Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. CMAJ 2011; 183:789–95.6, 2011. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3080528/pdf/1830789.pdf>
- MIL-STD-1472D: Human engineering design criteria for military systems equipment and facilities, DoD, 1989. <https://www.tc.faa.gov/its/worldpac/Standards/Mil/mil-std-1472d.pdf>
- Procter, E., Strapazzon, G., Dal Cappello, T. et al.: Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland. Resuscitation; 105:173–6, 2016. https://www.slf.ch/fileadmin/user_upload/SLF/Lawinen/Unfaelle_Schadenlawinen/Unfallberichte_Publikationen/Englisch/2016_burial_duration_procter.pdf
- Reiweger, I., Genswein, M., Paal, P., Schweizer, J.: A concept for optimizing avalanche rescue strategies using a Monte Carlo simulation approach, PLoS ONE 12(5), 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175877>
- The R Project for Statistical Computing, 2023. <https://www.r-project.org/>
- Valt, M.: Incidenti da valanga, Neve&Valanghe, #72(23), 2011. https://aineva.it/wp-content/uploads/Pubblicazioni/Rivista72/nv72_3.pdf

Appendice

- La Chamoniarde: Le basi della sicurezza in fuoripista eccole qui, 2016 <https://www.fondazionemontagnasicura.org/asset/la-base-italien.pdf> (ultima consultazione Settembre 2023)
- Lutzenberger, M.: Linee guida per la ricerca e il recupero delle vittime da valanga tramite apparecchi ARTVA, 2019. <https://skialper.it/su-skialper-di-dicembre-gennaio-uno-speciale-di-16-pagine-sullautosoccorso-in-valanga/> (ultima consultazione Settembre 2023)
- Ortovox, Safety Academy, Lab Snow: Tecniche di autosoccorso, 2023 <https://www.ortovox.com/it/safety-academy-lab-snow/04-tecniche-di-soccorso-autosoccorso> (ultima consultazione Settembre 2023)
- Tessore, L.: Cosa fare in caso di valanga, 2021. <https://outdoortest.it/cosa-fare-in-caso-di-valanga/> (ultima consultazione Settembre 2023)
- Vidi, P.: Autosoccorso in valanga, 2018. https://websoon.trentinosci.it/public/1/Collegio/vidi_autosoccorso-in-valanga-2018.pdf (ultima consultazione Settembre 2023)
- Valgoi, F.: Approccio e auto-soccorso in valanga, 2017. <https://www.fisi.org/wp-content/uploads/2017/12/PRESENTAZIONE-GdG-SKI-ALP-2017.pdf> (ultima consultazione Settembre 2023)

Articolo originale

- https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2023_O12.04.pdf

iniziando "lontano dalla sonda", in media sono stati necessari 2 minuti e 33 secondi in più nel secondo caso.

In accordo alla letteratura disponibile, relativa alle curve di sopravvivenza che esprimono la riduzione della possibilità, per un soggetto totalmente sepolto, di sfuggire all'asfissia al trascorrere del tempo, tale aumento medio del tempo di scavo corrisponde a sciupare il 7 % della probabilità di sopravvivenza.

Se poi, invece di riferirsi alla prestazione media delle squadre di partecipanti si assumesse il quinto percentile, l'incremento di tempo e la riduzione della probabilità di sopravvivenza lieviterebbero ulteriormente a 4 minuti e 20 secondi e al 12% rispettivamente.

Pertanto, si ritiene sia necessaria una certa cautela nel raccomandare l'adozione della variante "lontano dalla sonda" senza considerare il rischio effettivo di ridurre le probabilità di sopravvivenza e senza includere un chiaro avvertimento delle potenziali implicazioni della sua adozione.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare tutti i volontari che hanno partecipato attivamente nelle sessioni sul campo, il Prof. Andrea Spanò per il supporto e la supervisione delle analisi statistiche e il Dr. Paul Murray per la revisione del manoscritto in lingua inglese. Infine, l'aspetto più importante: dedichiamo questo lavoro al nostro caro amico Angelo Panza. Scomparso a giugno sulla traversata dei Lyskamm, al Monte Rosa, non potrà leggere l'articolo che tanto lo avrebbe interessato, avendo egli dedicato un'intera vita all'insegnamento dello scialpinismo nelle scuole del CAI. È stato un amato maestro, a noi non resta che cercare di continuare la sua opera.

Excelsior!

Pagina a fianco in alto:

Figura 9: Curve di sopravvivenza in valanga, replicate dalle fonti citate.

Figura 10: Decadimento medio della probabilità di sopravvivenza (intervallo 0-15 minuti).

Tabella 1: I dati sperimentali registrati.

Squadra	Tester	Genere	Forma fisica	Metodo noto	Metodo provato	Età	t _{1c} (s)	t _{2c} (s)	t _{1ff} (s)	t _{2ff} (s)	t _{1d} (s)	t _{2d} (s)
1	1	M	S	Y	Y	48	405	670	450	700	-45	-30
	2	M	S	Y	Y	48						
	3	M	S	Y	Y	22						
2	4	M	S	Y	Y	36	235	420	500	680	-265	-260
	5	M	S	Y	Y	36						
	6	M	S	Y	Y	60						
3	7	M	S	Y	Y	60	210	360	350	560	-140	-200
	8	M	A	Y	Y	62						
	9	M	A	N	N	62						
4	10	M	A	Y	Y	54	350	410	355	460	-5	-50
	11	F	S	Y	Y	54						
	12	M	S	Y	Y	24						
5	13	M	S	Y	Y	24	320	460	410	670	-90	-210
	14	M	A	Y	Y	24						
	15	M	S	N	N	24						
6	16	F	S	N	N	46	380	460	640	780	-260	-320
	17	M	A	Y	N	46						
	18	M	A	Y	Y	51						
7	19	M	S	Y	Y	27	270	410	475	640	-205	-230
	20	F	S	Y	Y	51						
	21	M	A	Y	Y	39						
8	22	M	A	Y	Y	47	380	500	530	705	-150	-205
	23	F	S	N	N	17						
	24	F	S	N	N	17						
9	25	F	A	Y	Y	45	312	630	560	690	-248	-60
	26	F	S	N	N	52						
	27	M	S	N	N	54						
10	28	F	S	Y	N	42	485	585	540	725	-55	-140
	29	F	S	Y	N	56						
	30	F	A	Y	N	38						
11	31	M	S	Y	Y	43	440	620	434	590	6	30
	32	F	S	N	N	46						
	33	M	A	N	N	38						
12	34	M	S	Y	N	57	550	700	725	960	-175	-260
	35	M	A	Y	Y	59						
	36	M	S	N	N	42						
13	37	M	S	Y	Y	37	385	570	635	770	-250	-200
	38	M	S	N	N	53						
	39	M	A	N	N	53						
14	40	M	S	Y	Y	42	320	500	475	610	-155	-110
	41	M	A	N	N	36						
	42	M	A	N	N	57						
15	43	M	S	N	N	53	395	560	485	735	-90	-175
	44	M	A	N	N	55						
	45	M	S	Y	Y	29						
16	46	M	A	N	N	64	380	485	545	720	-165	-235
	47	M	A	N	N	67						
	48	F	A	N	N	60						
17	49	M	A	Y	Y	59	310	415	410	570	-100	-155
	50	M	A	Y	Y	34						
	51	M	A	Y	Y	44						
18	52	M	A	Y	Y	48	240	340	400	480	-160	-140
	53	M	A	Y	Y	41						
	54	M	A	Y	Y	41						
19	55	F	A	Y	Y	45	285	390	590	690	-305	-300
	56	M	A	Y	Y	43						
	57	M	A	Y	Y	42						
20	58	M	A	Y	Y	34	370	520	355	470	15	50
	59	M	S	Y	Y	47						
	60	M	A	Y	Y	48						
21	61	M	S	Y	Y	47	390	565	590	795	-200	-230
	62	M	S	Y	Y	38						
	63	F	S	Y	Y	39						
22	64	M	S	Y	Y	39	545	660	554	824	-9	-164
	65	M	S	Y	Y	32						
	66	M	S	Y	Y	36						
23	67	M	A	Y	Y	30	330	565	410	475	-80	90
	68	F	A	Y	Y	53						
	69	M	S	Y	Y	38						
24	70	M	S	Y	Y	33	245	400	450	562	-205	162
	71	M	S	Y	Y	32						
	72	M	S	Y	Y	36						

CRESTA DEL MONTE 3645 m VIOZ

Matteo Zumiani

Provincia autonoma di Trento, Servizio Geologico

Roberto Seppi, Francesco Zucca

e **Thomas Zanoner**

Università di Pavia,

Dipartimento Scienze della Terra e dell'Ambiente

Monica Tolotti

Fondazione Edmund Mach, Centro Ricerca e

Innovazione, S. Michele all'Adige (Trento)

Luca Carturan

Università di Padova, Dipartimento Territorio e
Sistemi Agro Forestali

Monitoraggio dei processi morfogenetici connessi alla degradazione del permafrost

Monitoring of permafrost-related morphogenetic processes on the Monte Vioz - 3645 m a.s.l.

The Vioz "Mantova" alpine hut, located in the Trentino sector of the Ortles-Cevedale group at 3535 m a.s.l., is the highest in the central-eastern Alps. The infrastructure stands on the large rocky ridge leading from the southeast to the summit of Mt. Vioz (3645 m a.s.l.), whose slopes are characterized by active geomorphological processes partly related to the presence of permafrost. The monitoring of this key component of the Alpine cryosphere has been carried out in this area since 2010, through continuous measurements of ground surface temperature.

In the summer of 2022, evidence of actively evolving morphogenetic phenomena has observed a short distance from the hut. For investigating the morphodynamic evolution of the slopes, in late summer 2022 a Ground-Based SAR was installed near the hut. This instrument is able to measure ground movements with centimetre accuracy and with a time scan of a few minutes. The GB-SAR operated continuously from August 13 to August 30, completing more than 800 acquisitions of a slope sector between the refuge and the summit of Mt. Vioz. The data showed that some sectors of the investigated slope moved more than 30 cm during the observation period (a little more than two weeks), thus providing information on the ongoing processes.

Il rifugio Vioz "Mantova" è situato nel settore trentino del gruppo Ortles-Cevedale e, con i suoi 3535 m di quota, è il più alto delle Alpi centro-orientali. L'infrastruttura sorge sull'ampia cresta rocciosa che conduce da Sud-Est alla vetta del Monte Vioz (3645 m), i cui versanti sono caratterizzati da processi geomorfologici attivi in parte riconducibili alla presenza di permafrost. Il monitoraggio di questo elemento chiave della criosfera alpina viene effettuato in quest'area dal 2010, con misure continue di temperatura della superficie del suolo. Nell'estate del 2022, a poca distanza dal rifugio sono state osservate evidenze di un'evoluzione attiva dei fenomeni morfogenetici. Allo scopo di indagare l'evoluzione in atto, nella tarda estate del 2022 è stato installato nei pressi del rifugio un Ground-Based SAR (GB-SAR), uno strumento in grado di misurare con estrema precisione i movimenti del terreno fino a scala centimetrica con una scansione temporale di pochi minuti. Il GB-SAR ha funzionato ininterrottamente dal 13 al 30 agosto 2022, effettuando più di 800 acquisizioni di un settore di versante compreso tra il rifugio e la cima del Monte Vioz. I dati hanno mostrato come alcuni settori del versante indagato si siano mossi più di 30 cm nel periodo di osservazione (poco più di due settimane) e hanno consentito di ottenere informazioni sui processi in atto.



INTRODUZIONE

Il terreno perennemente congelato, denominato permafrost, caratterizza numerose zone di alta quota del Trentino. La sua presenza interessa molti versanti in roccia o detrito, ma è difficilmente rilevabile perché solitamente non visibile sulla superficie del suolo. Le più importanti evidenze della presenza di permafrost nelle aree alpine sono i rock glacier, forme del rilievo costituite da detriti rocciosi misti a ghiaccio che si muovono lentamente lungo i versanti (Fig. 1).

Il permafrost è soggetto a rapide modificazioni indotte dai cambiamenti climatici e il riscaldamento globale sta causando la sua degradazione e spesso la sua scom-

parsa (1). A causa della degradazione del permafrost, i versanti in alta quota sono meno stabili e il rischio di frane e colate detritiche è in aumento (2). La scomparsa del ghiaccio contenuto nel permafrost, inoltre, può ridurre la disponibilità di un'importante e poco conosciuta riserva idrica (3).

Per queste ragioni è fondamentale conoscere la distribuzione del permafrost nei territori di montagna e studiare la sua evoluzione nel tempo. In Trentino, queste attività vengono svolte dal Servizio Geologico della Provincia autonoma di Trento (Dipartimento Protezione Civile, Foreste e Fauna), in collaborazione con l'Università di Padova (Dipartimento Territorio e

Sistemi Agro Forestali), l'Università di Pavia (Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente) e la Fondazione Edmund Mach, Centro di Ricerca e Innovazione di San Michele all'Adige.

Le attività di monitoraggio del permafrost in Trentino si concentrano su alcuni siti distribuiti nei principali gruppi montuosi della provincia (Adamello-Presanella, Ortles-Cevedale, Dolomiti e Lagorai) (Fig. 2). Si tratta di misure sistematiche e continuative di variabili climatiche e temperatura del suolo (sia in superficie che in profondità), di misure di spostamento di alcuni rock glacier, di misure geofisiche e di analisi chimiche di sorgenti e ruscelli alimentati dalla fusione del permafrost. Inoltre, i monitoraggi sul terreno sono completati da indagini da remoto, svolte anche con l'uso di droni e telerilevamento. Nell'ambito di alcuni progetti di ricerca già conclusi, è stato possibile definire l'area occupata dal permafrost in Trentino, che si aggira attorno ai 150 km² (2.4% dell'intera provincia). Inoltre, sono stati catalogati più di 700 rock glacier, che in totale occupano una superficie pari a circa 33 km², confrontabile con quella occupata dai ghiacciai nel 2015 (30 km²).

INQUADRAMENTO DEL SITO DI MONITORAGGIO

Uno dei siti chiave per le indagini sul permafrost in Trentino si trova sulla cresta rocciosa che conduce da Sud-Est alla cima del Monte Vioz (3645 m), nel Gruppo Ortles Cevedale. Lungo la cresta, poche centinaia di metri a valle della cima, si trova il Rifugio Vioz "Mantova" (3535 m), che costituisce l'infrastruttura alpina di quota più elevata nel settore centro-orientale delle Alpi (Fig. 3).

Il substrato dell'area studiata è costituito da rocce di tipo metamorfico, appartenenti alla falda dell'Ortles-Campo. In particolare, si tratta di micascisti a granato e staurolite che appartengono geologicamente all'Unità di Peio. Le rocce del substrato sono soggette a intensa degradazione meteorica e nell'area sono attivi processi morfogenetici legati all'azione

Pagina precedente: Punta San Matteo e il Ghiacciaio dei Forni ripresi da Punta Linke, nei pressi del Monte Vioz.

Fig. 1 - Un rock glacier attivo.



della gravità e del gelo. Fino al recente passato, i versanti sommitali della cresta del Vioz sono stati interessati anche da processi di tipo glaciale, dovuti alla presenza di due ghiacciai oggi molto ridotti di superficie e volume (Ghiacciaio di Valvenaia sul versante Est e Ghiacciaio Centrale del Vioz sul versante Ovest) (4, 5).

MISURE DI TEMPERATURA DEL SUOLO

Il monitoraggio del permafrost presso il rifugio è iniziato nel 2010 con misure continue della temperatura della superficie del suolo (GST - Ground Surface Temperature). A questo scopo, sono stati posizionati attorno al rifugio quattro sensori di temperatura collegati a data logger, che consentono di effettuare misure con scansione oraria (Fig. 4). Gli strumenti sono autonomi e richiedono una sola manutenzione annuale, per lo scarico dei dati e la sostituzione della batteria. Questa metodologia consente di acquisire dati per caratterizzare le condizioni termiche del suolo e calcolare alcune importanti variabili che indicano la presenza di permafrost e la sua evoluzione nel tempo. In particolare, è possibile calcolare la temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST - Mean Annual Ground Surface Temperature), la temperatura di equilibrio invernale, la durata del manto nevoso e i valori annui cumulati di temperatura del suolo superiore e inferiore a 0°C (GTI e GFI - Ground Thawing Index e Ground Freezing Index). Questi ultimi indicano rispettivamente la quantità di calore e il raffreddamento accumulati dal suolo durante l'anno idrologico (dal primo di ottobre al 30 settembre dell'anno successivo). È di particolare importanza, inoltre, l'analisi dell'evoluzione annuale della temperatura del suolo, che consente di interpretare al meglio le variabili numeriche calcolate (Fig. 5).

Le temperature del suolo registrate in 12 anni di misure indicano valori medi annui (MAGST) variabili ma compresi tra -2°C e -4°C, suggerendo che il sottosuolo dell'area in esame si trova in condizioni

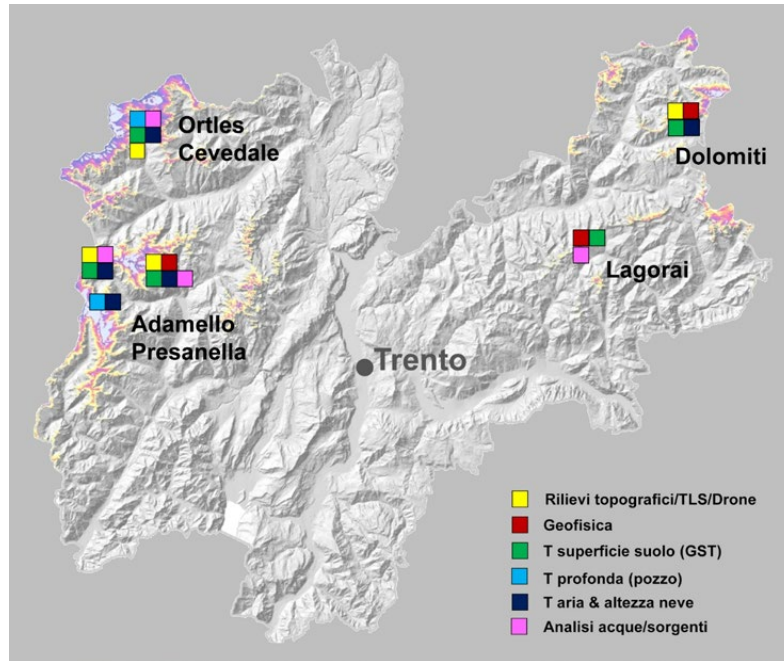


Fig. 2 - I siti di monitoraggio del permafrost in Trentino.

Fig. 3 - Nel cerchio bianco il rifugio Vioz "Mantova" (3535 m) e, poco sopra, la cima del Monte Vioz (3645 m).

Fig. 4 - Posizionamento dei data logger per la misura della temperatura della superficie del suolo nell'area del rifugio. Nel riquadro, uno dei data logger completo di sonda esterna.



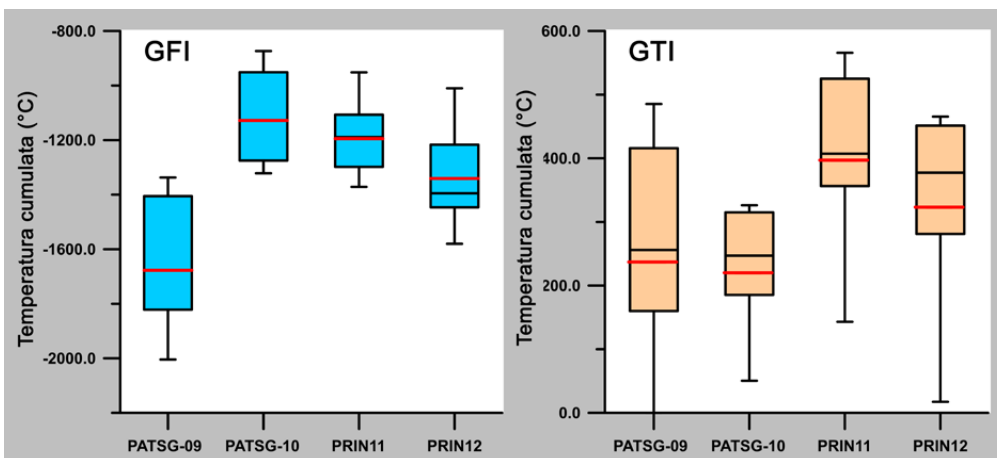
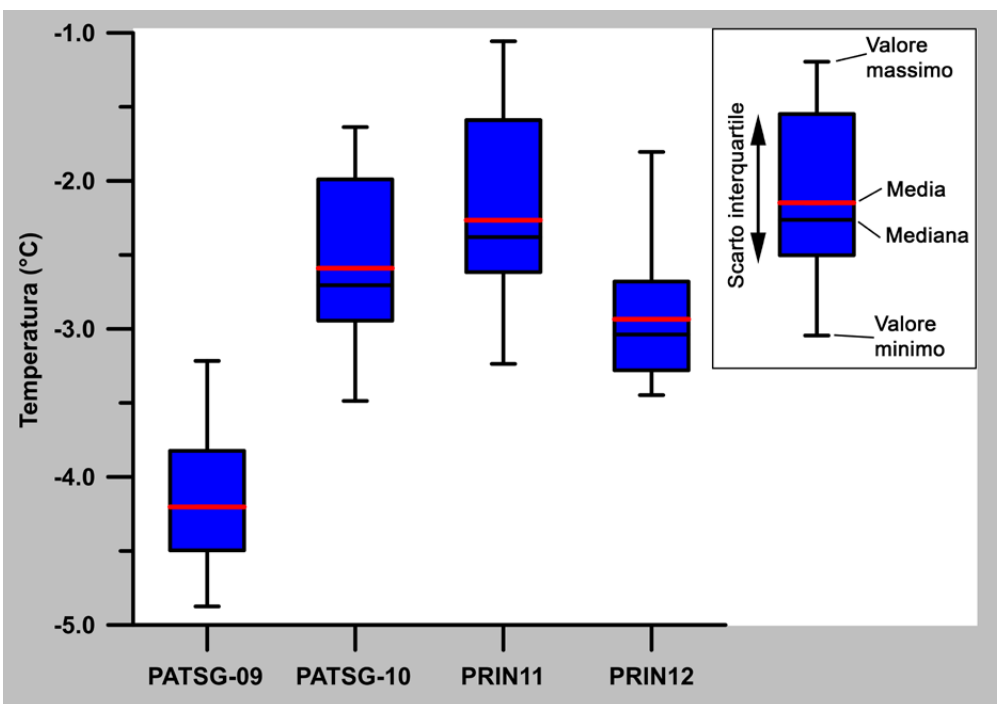
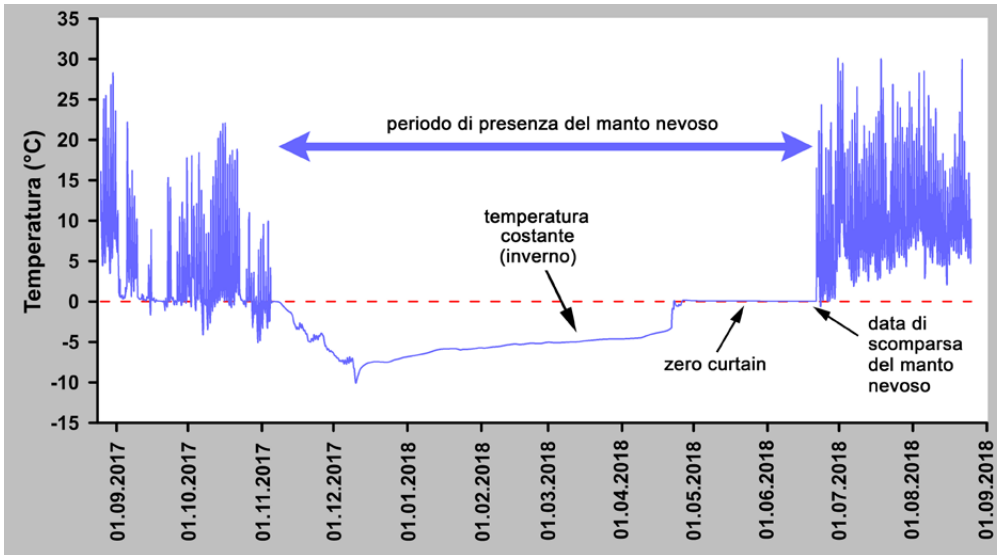


Fig. 5 – Esempio del regime termico annuale della superficie del suolo con indicate alcune variabili che è possibile calcolare dai dati misurati.

Fig. 6 - Grafico riassuntivo della temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST) in tutto il periodo di osservazione (2010 – 2022) per i siti di misura posizionati nell'area del rifugio. Per il sito PRIN12 mancano due anni di dati.

Fig. 7 - Grafici riassuntivi degli indici GFI (Ground Freezing Index) e GTI (Ground Thawing Index) in tutto il periodo di osservazione (2010 – 2022) per i siti di misura posizionati nell'area del rifugio. Per il sito PRIN12 mancano due anni di dati. La chiave di interpretazione dei grafici è analoga alla Fig. 6.

di permafrost (Fig. 6). Le temperature medie mensili mostrano, nel periodo di tempo considerato, una leggera tendenza all'aumento, almeno per tre dei quattro siti indagati. Gli indici GTI e GFI hanno una forte variabilità interannuale, che dipende essenzialmente dalla temperatura dell'aria e, nel caso del GFI, dallo spessore e permanenza del manto nevoso al suolo (Fig. 7). Il manto nevoso, infatti, a causa del suo forte potere isolante ha un ruolo fondamentale nel regolare gli scambi di energia tra atmosfera e suolo. La condizione migliore per conservare il permafrost nel sottosuolo è quella che vede un manto nevoso che compare in ritardo nella stagione invernale (consentendo al suolo di raffreddarsi) e che permane a lungo nella stagione primaverile/estiva (impedendo al suolo di riscaldarsi). Tale condizione causa, solitamente, i valori più bassi di GFI.

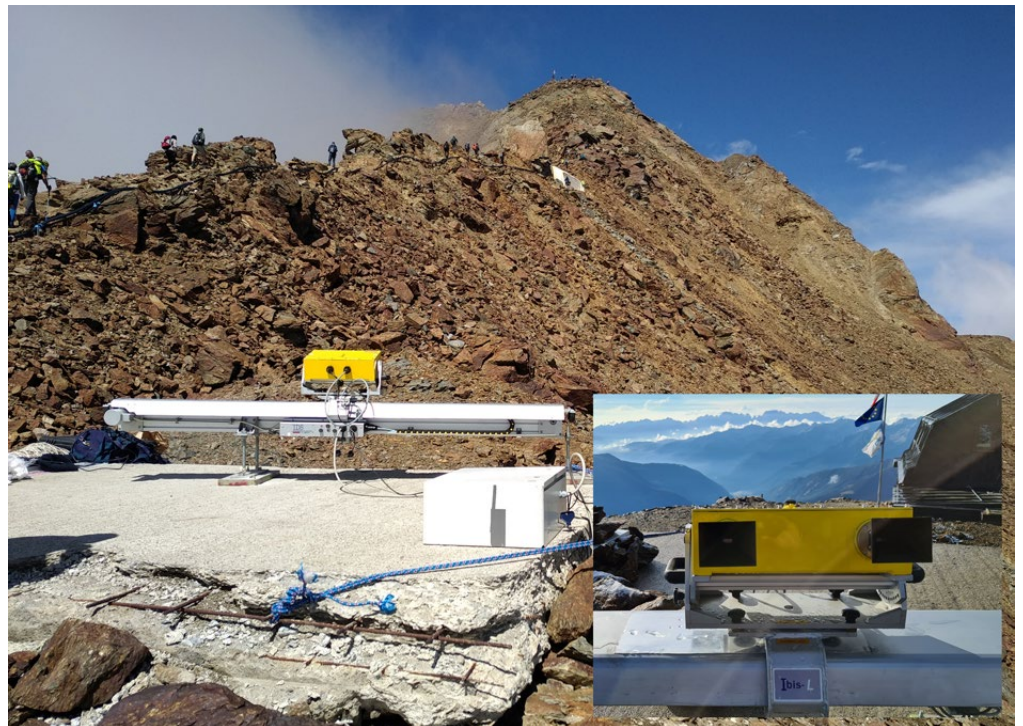
MISURE INTERFEROMETRICHE RADAR

Nel corso di alcuni sopralluoghi effettuati nel mese di luglio 2022 è stato osservato come il tratto di cresta che conduce dal rifugio alla cima del Monte Vioz fosse interessato da numerose fessure disposte longitudinalmente, lunghe fino ad alcuni metri e larghe fino a qualche decimetro (Fig. 8). Alcune di esse avevano interessato il basamento del piccolo locale che ospita le cisterne d'acqua a servizio del rifugio, posto lungo la cresta. L'ipotesi era che le temperature molto elevate dell'estate avessero accelerato un fenomeno già in atto e che la degradazione del permafrost potesse essere una delle possibili cause.

Allo scopo di osservare eventuali movimenti attivi delle fessure e del tratto di cresta a monte del rifugio, è stato installato un Ground-Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR), il quale, con tecniche interferometriche, consente di rilevare movimenti centimetrici con una risoluzione temporale dell'ordine dei minuti (6, 7). Si tratta di uno strumento di osservazione "attivo", in grado di emettere brevissimi ma intensi impulsi elettromagnetici nel campo delle

microonde e di “illuminare” una superficie più o meno ampia di pae-saggio. Lo strumento riceve l'eventuale segnale retrodiffuso dall'interazione scena-impulso energetico e costruisce un'immagine di quest'ultimo segnale, che contiene oltre alla potenza retroriflessa anche la fase del segnale (8).

La scansione sistematica dell'area osservata dallo strumento, effettuata con intervalli di alcuni minuti, produce una serie temporale ad alta densità di immagini, che permette di confrontare tra loro le diverse acquisizioni attraverso una tecnica interferometrica. Con questo approccio, si realizza la misura di variazione di distanza relativa tra un'immagine e un'altra, comparando le componenti di fase delle due immagini, pixel per pixel. Questa operazione, ripetuta per tutte le immagini dell'insieme, produce una serie di target puntuali distribuiti sull'area osservata che, se hanno mantenuto la coerenza nel periodo della campagna di osservazione, forniscono un'informazione su eventuali movimenti rispetto alla posizione dello strumento. I movimenti rilevati possono essere in avvicinamento o allontanamento dallo strumento, lungo quella che è denominata “linea di vista” (LOS – Line of Sight). I movimenti rilevati possono variare da pochi mm fino a qualche metro al giorno con accuratezze di stima anche nell'ordine di 0.1 mm (9). Il monitoraggio con GB-SAR offre il vantaggio di poter essere effettuato in ogni momento (giorno e notte) e in qualsiasi condizione meteorologica, elemento molto importante in relazione alle condizioni operative in cui lo strumento è stato installato presso il Monte Vioz. Inoltre, un altro elemento a favore dell'utilizzo del GB-SAR per misure di deformazione è la sua capacità di produrre un campionamento molto denso nello spazio e nel tempo senza la necessità di accedere all'area in osservazione. Infine, un sistema GB-SAR permette di monitorare un'area distante da poche decine di metri fino ad oltre 4 km. Recentemente, il GB-SAR è stato utilizzato per la prima volta per misurare lo spostamento dei rock glacier



su scale temporali orarie (10).

Lo strumento utilizzato per questa indagine è un radar ad apertura sintetica di marca IDS IBIS-L, con emissione nella banda Ku (17.1 GHz), caratterizzato da un binario di 2.5 metri di lunghezza sul quale si muove la testa radar (Fig. 9).

Grazie al supporto logistico della SAT (Società degli Alpinisti Tridentini), proprietaria del rifugio, e alla disponibilità del gestore, lo strumento di misura è stato collocato nei pressi del rifugio su una piattaforma in calcestruzzo già esistente, in modo che

potesse indagare la zona soggetta ai fenomeni osservati (Fig. 10). Lo strumento ha funzionato ininterrottamente dal 13 al 30 agosto 2022, effettuando un'acquisizione ogni 30 minuti.

L'analisi interferometrica dei dati, che consistono in un totale di oltre 800 acquisizioni, ha prodotto un insieme di più di 8000 target puntuali distribuiti sull'area studiata. Questa elevata numerosità e la densità informativa spaziale dei target puntuali, unita alla capacità di misura ogni pochi minuti, ha permesso la pro-

Fig. 8 – Fratture attive osservate il 13 agosto 2022 sulla cresta tra il rifugio e la Cima Vioz.

Fig. 9 – Il GB-SAR installato presso il rifugio. Nel riquadro un dettaglio della testa del radar.

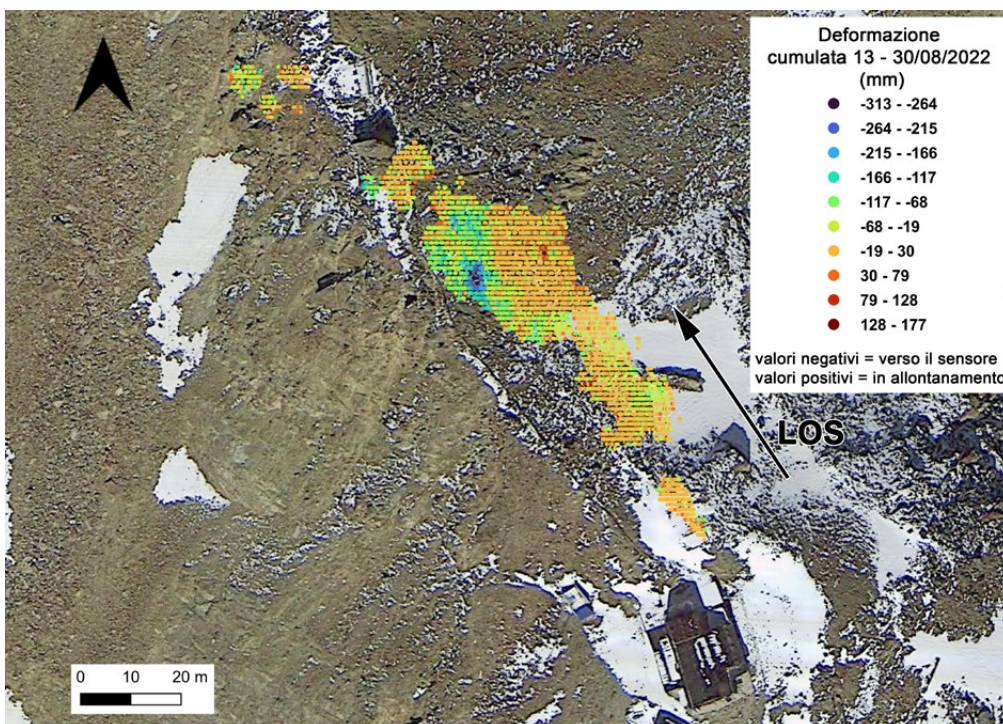
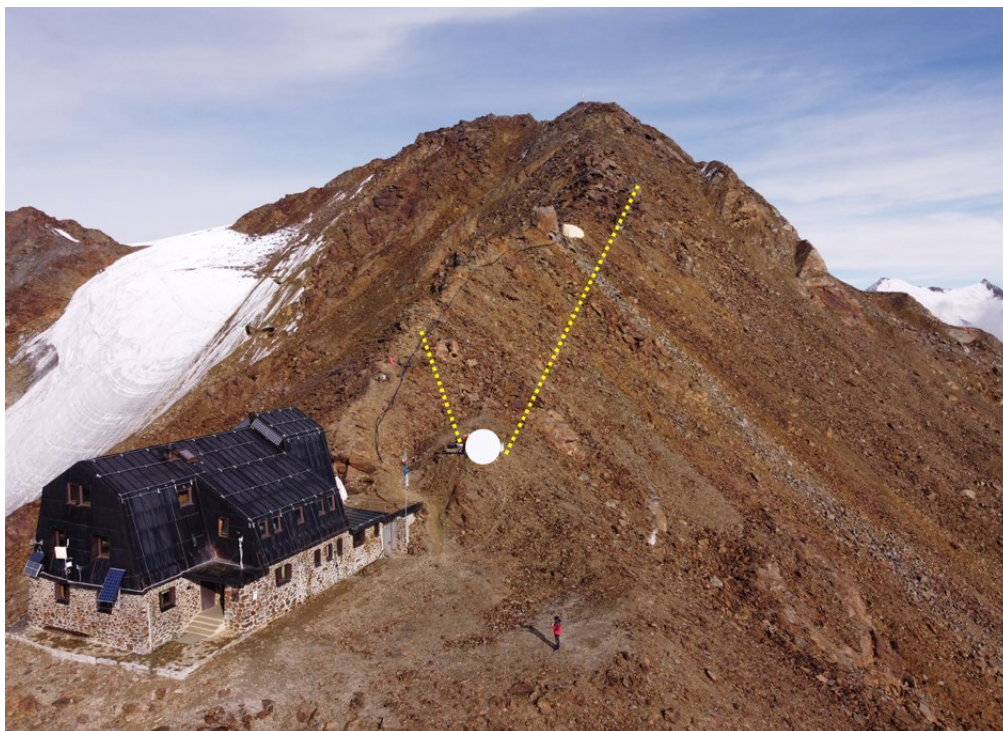


Fig. 10 – Punto di posizionamento del GB-SAR e settore di versante rilevato nel periodo di osservazione tra il 13 e il 30 agosto 2022.

Fig. 11 - Spostamenti del versante registrati dal GB-SAR nel periodo compreso tra il 13 e il 30 agosto 2022. Gli spostamenti rappresentati sono disposti lungo la linea di vista dello strumento (LOS – Line of Sight).

duzione di mappe di spostamento che consentono di distinguere aree stabili e aree in movimento nella zona in esame e di identificare anche piccoli e locali cambi di “comportamento” nel tempo di osservazione. Il movimento dei target puntuali è caratterizzato da un pattern eterogeneo e l'analisi cinematica ha mostrato come alcuni settori dell'area indagata abbiano fatto registrare, in poco più di 15 giorni, spostamenti lungo la LOS superiori anche a 30 cm (Fig. 11).

CONCLUSIONI

La cresta Sud-Est del Monte Vioz e l'area dove si trova l'omonimo rifugio sono soggette a processi morfogenetici attivi, in parte riconducibili alla presenza di permafrost e alla sua evoluzione. Le misure di temperatura del suolo, condotte continuamente per 12 anni presso quattro siti distribuiti attorno al rifugio, hanno mostrato valori medi annui (MAGST) largamente al di sotto degli 0°C, confermando un bilancio termico negativo della

superficie del suolo e suggerendo la presenza di permafrost. Si è osservata una considerevole variabilità interannuale nella temperatura media del suolo e nei valori annui cumulati di temperature positive e negative che caratterizzano i siti studiati. Tale variabilità è dovuta soprattutto alle diverse condizioni di innevamento che si sono susseguite nel corso degli anni di misura, in termini di spessore del manto nevoso e di durata al suolo.

Le fessure lungo la cresta che sono state osservate nel corso dell'estate del 2022 sono riconducibili alle condizioni strutturali delle litologie che costituiscono la cresta Sud Est del Monte Vioz e alla recente deglaciazione che ha caratterizzato i versanti Est e Ovest della cresta stessa, dove erano presenti piccoli corpi glaciali fino al termine della Piccola Età Glaciale (metà dell'800 circa). La possibile accelerazione del processo osservato può essere ricondotta alla degradazione del permafrost che caratterizza il substrato e si rende particolarmente evidente durante stagioni estive molto calde come quella del 2022. Le osservazioni realizzate con l'interferometria radar nella seconda parte dell'estate del 2022 hanno confermato come i processi che caratterizzano la cresta rocciosa siano effettivamente attivi, con spostamenti in atto quantificabili fino ad alcune decine di centimetri in circa 15 giorni.

RINGRAZIAMENTI

Niccolò Dematteis (CNR-IRPI Torino) per il supporto nell'elaborazione dei dati GB-SAR.

Daniela Ferrari (Servizio Geologico della Provincia autonoma di Trento) per l'elaborazione dei dati di temperatura del suolo. Mario Casanova (Gestore del rifugio Vioz “Mantova”) per il supporto logistico fornito durante l'indagine con il GB-SAR.

Pagina a fianco: La cresta Sud Est del Monte Vioz e il rifugio Vioz “Mantova” (3535 m). Sullo sfondo la Val di Peio e le Dolomiti di Brenta.

Bibliografia

- (1) Biskaborn, B. K., Smith, S. L., Noetzli, J., Matthes, H., Vieira, G., Streletskiy, D. A., Schoeneich, P., Romanovsky, V. E., Lewkowicz, A. G., Abramov, A., Allard, M., Boike, J., Cable, W. L., Christiansen, H. H., Delaloye, R., Diekmann, B., Drozdov, D., Etzelmüller, B., Grosse, G., ... Lantuit, H. (2019). Permafrost is warming at a global scale. *Nature Communications*, 10(1), 264. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08240-4>
- (2) Gruber, S., & Haeberli, W. (2007). Permafrost in steep bedrock slopes and its temperatures-related destabilization following climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 112(2), 1–10. <https://doi.org/10.1029/2006JF000547>
- (3) Jones, D. B., Harrison, S., Anderson, K., & Betts, R. A. (2018). Mountain rock glaciers contain globally significant water stores. *Scientific Reports*, 8(1), 2834. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21244-w>
- (4) Carturan, L., Filippi, R., Seppi, R., Gabrielli, P., Notarnicola, C., Bertoldi, L., Paul, F., Rastner, P., Cazorzi, F., Dinale, R., & Dalla Fontana, G. (2013). Area and volume loss of the glaciers in the Ortles-Cevedale group (Eastern Italian Alps): Controls and imbalance of the remaining glaciers. *Cryosphere*, 7(5), 1339–1359. <https://doi.org/10.5194/tc-7-1339-2013>
- (5) Zanoner, T., Carton, A., Seppi, R., Carturan, L., Baroni, C., Salvatore, M. C., & Zumiani, M. (2017). Little Ice Age mapping as a tool for identifying hazard in the paraglacial environment: The case study of Trentino (Eastern Italian Alps). *Geomorphology*, 295, 551–562. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.08.014>
- (6) Tarchi, D., Antonello, G., Casagli, N., Farina, P., Fortuny-Guasch, J., Guerri, L., & Leva, D. (2005). On the Use of Ground-Based SAR Interferometry for Slope Failure Early Warning: the Cortenova Rock Slide (Italy). In *Landslides* (pp. 337–342). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-28680-2_43
- (7) Caduff, R., Schlunegger, F., Kos, A., & Wiesmann, A. (2015). A review of terrestrial radar interferometry for measuring surface change in the geosciences. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40(2), 208–228. <https://doi.org/10.1002/esp.3656>
- (8) Wang, Y., Song, Y., Hong, W., Zhang, Y., Lin, Y., Li, Y., Bai, Z., Zhang, Q., Lv, S., & Liu, H. (2020). Ground-Based Differential Interferometry SAR: A Review. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 8(1), 43–70. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2019.2963169>
- (9) Dematteis, N., Giordan, D., Zucca, F., Luzi, G., & Allasia, P. (2018). 4D surface kinematics monitoring through terrestrial radar interferometry and image cross-correlation coupling. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 142, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.05.017>
- (10) Bertone, A., Seppi, R., Callegari, M., Cuozzo, G., Dematteis, N., Krainer, K., Marin, C., Notarnicola, C., & Zucca, F. (2023). Unprecedented Observation of Hourly Rock Glacier Velocity With Ground-Based SAR. *Geophysical Research Letters*, 50(9), e2023GL102796. <https://doi.org/10.1029/2023GL102796>



Orientarsi nella scelta e nell'uso dei modelli SIMULARE VALANGHE DI NEVE DENSA

Davide Negri

davide96.negri@gmail.com

Carlo Bee

carlo.bee@unitn.it

Daniel Zugliani

daniel.zugliani@unitn.it

Giorgio Rosatti

giorgio.rosatti@unitn.it

Dipartimento DICAM, Università di Trento,
Via Mesiano 77, 38123 Trento, Italia

Michele Martinelli

A.I.A. Engineering S.r.l.,
Passaggio Benvenuto Disertori 36
38121, Trento, Italia
michele.martinelli@studioaia.it

Simulating dense snow avalanches using two-dimensional models is an increasingly popular activity among practitioners. This study aims to quantitatively assess the impact of different numerical integration techniques on the simulation results of three operational models that share the same physical-mathematical description of the avalanche phenomenon. Analysing some test cases made highlighting precise limits of purely numerical origin possible. Moreover, the reconstruction of three actual events, characterised by different avalanches and climatic conditions, brought to light various aspects linked to the numerical techniques and the limits of the physical-mathematical model employed. Although it does not claim to be exhaustive, we believe that this work can help to tackle the choice of the most suitable model with greater awareness, as well as to dwell, when observing the results, on the elements that require greater attention and critical sense, especially when considering forecasting applications in a context of climate change.

Un confronto sistematico tra alcuni modelli operativi 2D

Simulare valanghe di neve densa attraverso l'uso di modelli bidimensionali è una attività sempre più diffusa tra gli addetti ai lavori. L'obiettivo di questo approfondimento è quello di valutare quantitativamente l'impatto delle diverse tecniche di integrazione numerica sui risultati delle simulazioni di tre modelli operativi che condividono la stessa descrizione fisico-matematica del fenomeno valanghivo. L'analisi di alcuni casi test ha permesso di evidenziare precisi limiti di origine prettamente numerica mentre la ricostruzione di tre eventi reali, caratterizzati da tipologie di valanga e condizioni climatiche differenti, ha permesso di far emergere vari aspetti legati sia alle tecniche numeriche che ai limiti del modello fisico-matematico impiegato. Pur non avendo la pretesa di essere esaustivo, riteniamo che questo lavoro possa aiutare ad affrontare con maggior cognizione di causa la scelta del modello che si ritiene più adatto nonché ad imparare a soffermarsi, nell'osservazione dei risultati, sugli elementi che necessitano di maggior attenzione e senso critico, soprattutto in relazione ad applicazioni previsionali in un contesto di cambiamento climatico.



40 ANNI DI AINEVA

INTRODUZIONE

L'uso di modelli bidimensionali per la simulazione numerica di valanghe di neve densa è una attività che è sempre più diffusa sia tra i professionisti che tra i servizi pubblici che si occupano di valanghe. La disponibilità di DTM ad alta risoluzione sino alle vette delle montagne, i progressi della ricerca nel campo della modellazione numerica e la disponibilità di hardware sempre più potenti hanno reso l'uso dei modelli bidimensionali uno standard nelle attività di ricostruzione di eventi e di mappatura del pericolo.

Gli ingredienti che costituiscono un modello di simulazione numerica sono essenzialmente due: la descrizione fisico-matematica del fenomeno, cioè il sistema di equazioni differenziali derivanti da principi di conservazione della meccanica (a cui vanno aggiunte opportune ipotesi e relazioni algebriche per esprimere la resistenza al moto della neve) e la tecnica di integrazione numerica di queste equazioni differenziali. Negli ultimi anni sono stati sviluppati vari modelli che, nella loro versione operativa di base, condividono la descrizione fisico-matematica ma usano differenti approcci numerici. Questo ultimo aspetto, che a prima vista può risultare un dettaglio di secondaria importanza, ha in realtà un impatto significativo sulla qualità dei risultati che si possono ottenere: pur presentando la stessa descrizione fisico-matematica, differenti modelli possono produrre risultati che, in qualche caso, possono essere anche molto differenti.

L'obiettivo di questo approfondimento, derivato da una tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio presso il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Trento (Negri, 2023), è quello di valutare quantitativamente l'impatto delle tecniche di integrazione numerica impiegate in tre differenti modelli operativi, sui risultati relativi alla modellazione di differenti situazioni di moto di valanghe di neve densa.

I modelli qui considerati sono:

AvaFrame com1DFA: è un modello sviluppato da una partnership tra *Austrian Avalanche and Torrent Service* e *Austrian*

Research Centre for Forests afferenti a Federal Ministry Republic of Austria: Agriculture, Regions and Tourism, il codice è open source e può essere utilizzato come applicativo del software QGIS su PC. Nel proseguo dell'articolo, per brevità, si indicherà questo modello con AvaFrame.

► **RAMMS::AVALANCHE:** è un modello sviluppato dal *WLS Institute for Snow and Avalanche Research SLF* (Davos, Svizzera), il codice è proprietario e la sua gestione avviene tramite una interfaccia dedicata su PC. Nel proseguo dell'articolo, per brevità, si indicherà questo modello con RAMMS

► **TRENT2D*:** è un modello sviluppato dal *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento*, il codice è proprietario e la sua gestione avviene tramite il sistema WEEZARD, un servizio online basato su piattaforma WebGIS.

Per un approfondimento relativo alla modellazione fisico-matematica e alle differenti tecniche numeriche usate da questi modelli si rimanda al **Box 1**.

La metodologia utilizzata per raggiungere l'obiettivo si basa sul confronto sistematico dei risultati di simulazioni effettuate con i tre codici di calcolo. Si sono utilizzati due set di simulazioni differenti: il primo gruppo, costituito da quattro casi differenti, considera moti molto semplici ed è stato concepito per evidenziare il comportamento numerico in relazione ad un singolo aspetto modellistico alla volta. Tre casi presentano soluzione analitica esatta per cui il confronto di questa con le soluzioni numeriche permette di calcolare l'errore di ciascun modello e quindi di avere una valutazione quantitativa dell'abilità della tecnica numerica di riprodurre quell'aspetto. Questo primo gruppo è presentato nella sezione Casi test. Il secondo gruppo di simulazioni è relativo alla riproduzione di alcuni eventi valanghivi reali ed è presentato nella sezione Ricostruzione di eventi. In questo caso, i campi di moto sono molto complessi e quindi la valutazione delle prestazioni non può che essere essenzialmente globale. Gli aspetti che possono essere considerati in questo set di simula-

zioni sono due: a) i differenti risultati che si ottengono dai differenti modelli a parità di parametri modellistici e b) la differenza tra i risultati numerici e le osservazioni di campo disponibili. Questo secondo aspetto non dipende solo dalle differenti tecniche numeriche, ma anche da possibili limiti nella descrizione fisico-matematica del fenomeno. Una trattazione approfondita di questi limiti va oltre gli obiettivi specifici di questo lavoro e pertanto ci limiteremo ad analizzare soltanto alcuni elementi.

Il frutto di questo lavoro vorrebbe da un lato essere un possibile supporto per una scelta ragionata del modello che si intende utilizzare, dall'altro fornire indicazioni utili per un uso operativo consapevole delle caratteristiche di ciascun codice di calcolo.

CASI TEST

Dei quattro test appartenenti a questo gruppo, i primi due sono relativi a situazioni statiche, il terzo a condizioni dinamiche mentre l'ultimo è relativo all'arresto di una valanga e quindi combina aspetti dinamici e statici. È bene sottolineare come le simulazioni relative a ciascun test sono state eseguite mentendo i valori dei parametri di resistenza costanti.

Test della vasca di neve ferma

Il primo caso affrontato è un test classico per valutare la capacità degli schemi numerici di mantenere in quiete un fluido confinato tra quattro pareti verticali e con superficie libera orizzontale (chiamata nel mondo scientifico *C-property*, vedi Bermúdez e Vazquez, 1994). Apparentemente, questa condizione statica può sembrare un caso banale e senza nessuna implicazione nelle applicazioni reali. La realtà è tuttavia diversa: la corretta rappresentazione numerica di queste condizioni è una sfida più impegnativa di quanto si pensi e influenza il risultato anche di simulazioni dinamiche in cui il campo di moto presenta contorni verticali o subverticali, quali canaloni incisi, terrapieni di contenimento, muri di deviazione, abitazioni ecc. La simulazione consiste nel considerare uno strato di neve ferma, di spessore costante, sul fondo di una vasca a pianta

In questo box si vanno a caratterizzare i tre modelli applicativi AvaFrame com1DFA, RAMMS::AVALANCHE e TRENT2D* che, seppur utilizzando la stessa descrizione fisico/matematica del problema, presentano discretizzazioni numeriche differenti. Per semplicità si presenta solamente l'approccio matematico monodimensionale, demandando la descrizione bidimensionale a specifici articoli indicati più avanti. Per un quadro delle variabili del moto e dei sistemi di riferimento usate nei modelli si faccia riferimento alla Fig. B1.

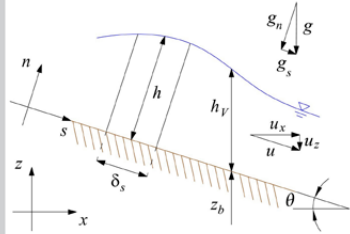


Fig. B1: Schema dei sistemi di riferimento e variabili utilizzate nei diversi modelli

Le equazioni del moto

I modelli analizzati descrivono le valanghe di neve densa tramite un approccio a fluido continuo ed omogeneo, pertanto impiegando equazioni differenziali alle derivate parziali (comunemente chiamate in ambito scientifico *Partial Differential Equations* o PDEs) che descrivono bilanci di massa e di quantità di moto. Inoltre, poiché le dimensioni planimetriche del moto di una valanga risultano almeno un ordine di grandezza più grandi rispetto allo spessore in movimento, le equazioni risentono delle approssimazioni di "acque basse" (o *shallow flow*): la velocità è parallela al fondo, la pressione risulta idrostatica lungo la normale al fondo e le variabili mediate lungo lo spessore descrivono adeguatamente il moto.

Al set di equazioni differenziali appena descritto, viene poi aggiunta una equazione algebrica, detta anche equazione di chiusura, che descrive lo sforzo al fondo generato dal moto della valanga. Tutti e tre i modelli impiegano la seguente formulazione proposta da Voellmy (1955):

$$\tau_0 = p_b \mu + \rho \frac{g u^2}{\xi}$$

dove p_b indica la pressione sul fondo, μ il coefficiente di attrito coulombiano, g il modulo dell'accelerazione di gravità, u la velocità e ξ un coefficiente di scabrezza.

Seppur utilizzando gli stessi bilanci di massa e quantità di moto, e pertanto le stesse equazioni, nei tre modelli, esse sono scritte in maniera leggermente diversa. Infatti, lo stesso set di equazioni può essere scritto utilizzando diversi sistemi di riferimento: intrinseco dove gli assi s e n indicano le direzioni tangenziale e normale al fondo, oppure globale in cui gli assi coordinati x e z rappresentano le direzioni orizzontale e verticale. Inoltre, le equazioni possono essere derivate con un approccio Lagrangiano (si definisce un sistema e lo si segue valutando come variano le sue proprietà nel tempo) o Euleriano (si fissa un volume di controllo e si valuta come variano le proprietà al suo interno nel tempo). Nella Tabella 1 si riporta la tipologia di scrittura delle equazioni usate per tre modelli operativi analizzati.

Modello	Sistema di riferimento	Approccio
AvaFrame com1DFA	Intrinseco	Lagrangiano
RAMMS::AVALANCHE	Intrinseco	Euleriano
TRENT2D*	Globale	Euleriano

Tab. 1: Sistema di riferimento e approccio utilizzato per descrivere le equazioni del moto dello specifico modello operativo.

Il modello AvaFrame com1DFA

Il modello AvaFrame com1DFA (Tonnel et al., 2023), nella sua versione monodimensionale, è descritto dalle seguenti equazioni che descrivono rispettivamente il bilancio di massa e di quantità di moto:

$$\rho \frac{d}{dt}(\delta s h) = 0$$

$$\rho h \frac{d}{dt}(u) = \rho h g_s + \rho g_n h \frac{dh}{ds} - \tau_0$$

dove ρ è la densità della valanga, h il tirante di neve normale al fondo, δs la lunghezza del volume lagrangiano considerato, g_s e

Infine, la pressione al fondo, utilizzata nel valutare lo sforzo al fondo vale:

$$p_b = \rho g_n h$$

Inoltre, il modello presenta alcune funzionalità specifiche che permettono di considerare l'*entrainment* della neve dal fondo, la possibile anisotropia delle pressioni, la resistenza al moto determinata dalla presenza di ostacoli fissi e parzialmente l'effetto della curvatura. Tuttavia, per un corretto confronto con gli altri due modelli, queste specifiche funzionalità non vengono né descritte né impiegate nei casi applicativi descritti.

Il sistema di equazioni differenziali è risolto numericamente tramite un metodo che combina un approccio particellare ed un approccio su griglia. Con questo particolare metodo, la massa iniziale della valanga viene suddivisa in un numero finito di particelle con una certa massa e si valuta l'evoluzione spazio-temporale delle stesse tramite i seguenti passi: (i) identificazione del gradiente del tirante tramite una metodologia SPH semplificata; (ii) campionamento della massa delle particelle una griglia con celle regolari; (iii) identificazione del tirante come rapporto tra massa e dimensione della cella; (iv) campionamento del tirante sulle particelle; (v) valutazione della velocità tramite la risoluzione del bilancio di quantità di moto (trascurando lo sforzo al fondo e il termine gravitativo) per le singole particelle in cui la derivata temporale è discretizzata con il metodo di Eulero; (vi) modifica della velocità di ogni singola particella considerando dapprima il termine gravitativo e successivamente quello legato allo sforzo al fondo; (vi) valutazione della nuova posizione delle singole particelle. Per i dettagli si rimanda all'articolo di Tonnel et al. (2023).

Il modello RAMMS::AVALANCHE

Le equazioni di bilancio di massa e di quantità di moto che descrivono il modello RAMMS::AVALANCHE (Christen et al., 2010) nella sua versione monodimensionale sono le seguenti:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s}(u h) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(u h) + \frac{\partial}{\partial s}\left(u^2 h + g_n \frac{h^2}{2}\right) = \rho h g_s - \frac{\tau_0}{\rho}$$

mentre per la pressione al fondo, utilizzata nel valutare lo sforzo al fondo, viene utilizzata la stessa espressione usata nel modello AvaFrame. Il modello, inoltre, presenta uno specifico modulo aggiuntivo che permette di considerare gli effetti della curvatura ma, per un corretto confronto con gli altri due modelli, si esclude dalla specifica analisi.

Le equazioni vengono risolte numericamente con un approccio ai volumi finiti con i flussi alla Godunov. In particolare, le equazioni sono discretizzate su celle quadrangolari in cui i flussi (cioè, i termini derivanti dalle derivate spaziali) vengono valutati con un solutore HLL. Per garantire un'accuratezza del secondo ordine nel tempo, l'integrazione temporale è invece svolta con il metodo di Runge-Kutta Huen. Per i dettagli si rimanda all'articolo di Christen et al. (2010). Il modello arresta la valanga quando la quantità di moto dell'intera valanga all'istante t risulta inferiore o uguale ad una prefissata frazione della massima quantità di moto istantanea raggiunta dalla valanga sino al tempo t :

$$\left(\sum \rho u h\right)_t \leq K \left(\sum \rho u h\right)_{max}$$

dove la sommatoria viene fatta su tutte le celle. La grandezza K , non essendo direttamente presente nelle equazioni che descrivono il moto, diventa un ulteriore parametro del modello e va opportunamente definito dall'utente.

Il modello TRENT2D*

Le equazioni differenziali che descrivono il bilancio di massa e di quantità di moto del modello TRENT2D* (Zugliani e Rosatti, 2021) sono le seguenti:

$$\frac{\partial h_V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u_x h_V) = 0$$

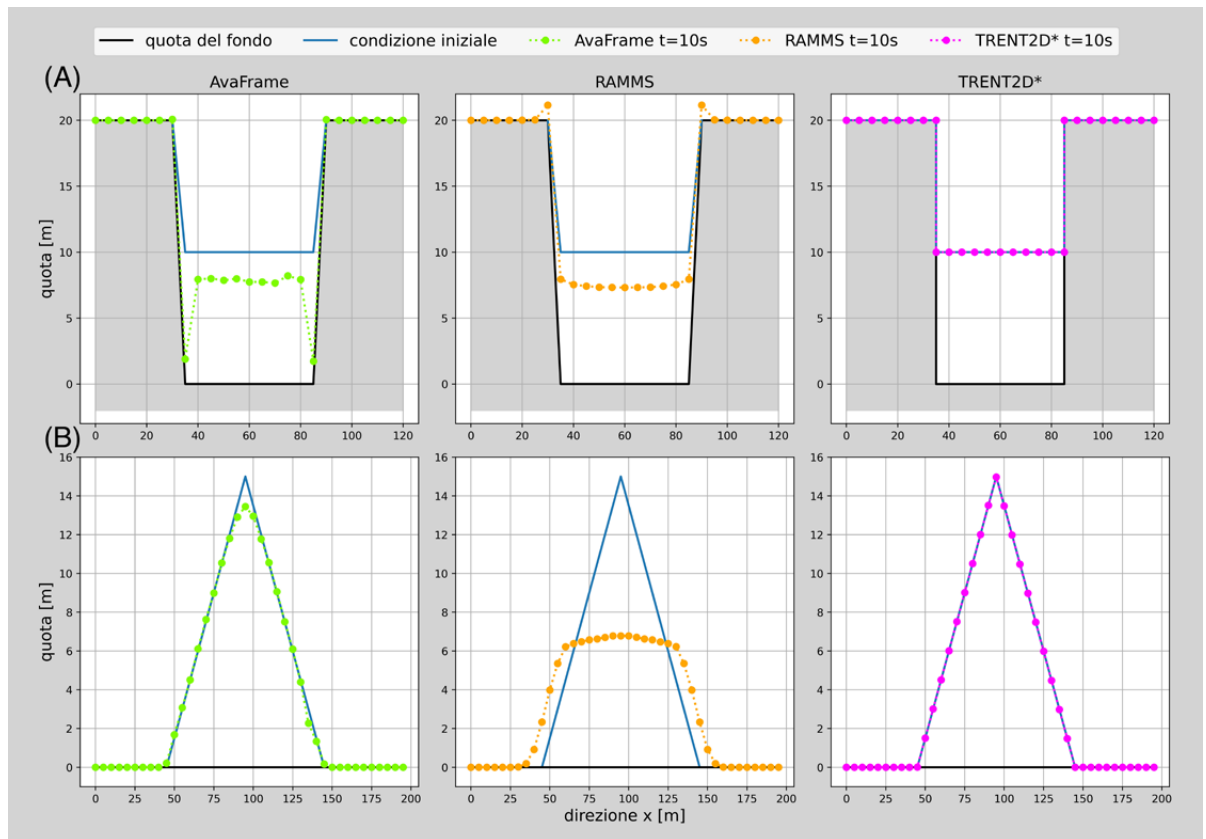
$$\frac{\partial}{\partial t}(u_x h_V) + \frac{\partial}{\partial x}\left(u_x^2 h_V + g \cos^2 \theta \frac{h_V^2}{2}\right) + g h_V \cos^2 \theta \frac{\partial z_b}{\partial x} = -\frac{\tau_0}{\rho}$$

dove h_V indica il tirante di neve misurato verticalmente, $u_x = u \cos \theta$ è la proiezione orizzontale della velocità, θ è l'angolo di inclinazione del fondo valutato rispetto l'orizzontale, g è il modulo dell'accelerazione di gravità e z_b è la quota del fondo. Per quanto riguarda la pressione sul fondo essa risulta:

$$p_b = \rho g \cos^2 \theta h_V$$

Fig. 1 - Sezione di mezzeria per: (A) test della vasca di neve ferma, (B) test della piramide di neve ferma.

Linea continua: quota del fondo e della neve all'istante iniziale.
Linea con markers: soluzione dopo 10 secondi.



quadrata e con fondo orizzontale. Dal momento che non è presente nessuna forza in grado di indurre movimento e la velocità iniziale è nulla, la soluzione esatta altro non è che la condizione iniziale mantenuta in maniera indefinita nel tempo.

In Fig. 1(A) vengono rappresentati, per ogni modello impiegato, i grafici della superficie libera lungo la sezione di mezzeria della vasca dopo dieci secondi di simulazione. Nel caso di AvaFrame si può innanzitutto notare che le pareti laterali non sono rappresentate con linee verticali bensì con linee fortemente inclinate. Questo è dovuto alla scelta del sistema di riferimento intrinseco che perde di validità nel caso di pareti verticali per cui si deve in ogni caso approssimare una parete verticale con una molto inclinata. Si nota inoltre come la superficie nella neve non sia perfettamente orizzontale e il livello finale sia ben al di sotto di quello iniziale. Questo implica che, durante la simulazione, avviene un moto a cui è associata una perdita di massa. Secondo gli sviluppatori, questo fenomeno è dovuto al fatto che l'elevata curvatura del fondo in prossimità delle pareti molto inclinate non rispetti l'ipotesi di limitata curvatura

che sta alla base del sistema di equazioni impiegate nel modello e ciò determina un errore in fase di inizializzazione della massa di neve.

Anche nel caso di RAMMS, le pareti laterali non sono verticali a causa del sistema di riferimento intrinseco utilizzato. La neve posta su questi piani inizia a muoversi generando un moto oscillatorio dal bordo al centro della vasca (e viceversa). Parte della massa fuoriesce dalla vasca stessa e si ferma sul bordo superiore. Nell'istante riportato in figura, l'oscillazione presenta un minimo al centro della vasca.

Nel caso di TRENT2D* si può notare come, grazie al sistema di riferimento assoluto, le pareti laterali possano essere rappresentate come effettivamente verticali e la soluzione finale presenti, correttamente, assenza di movimento.

Test della piramide di neve ferma

Il secondo test è stato messo a punto per verificare l'approssimazione numerica della tensione tangenziale al fondo in condizioni statiche. Si consideri una piramide di neve ferma, a base quadrata, le cui facce presentano una data pendenza. In queste condizioni, l'equazione della conservazio-

ne della quantità di moto si riduce ad una espressione in cui la condizione limite di pendenza delle facce è quella per cui la tangente dell'angolo che la superficie forma con l'orizzontale uguaglia il coefficiente di attrito Coulombiano μ .

In Fig. 1(B) si possono osservare i risultati delle simulazioni dello scenario di condizione limite dopo 10 s di simulazione. Nel caso di AvaFrame vi è solo un leggero abbassamento del vertice della piramide ma nel complesso la condizione limite è verificata. Nel caso di RAMMS invece, la piramide crolla e non si arresta, continuando ad espandersi sul piano orizzontale mantenendo, per buona parte del crollo, le facce della piramide parallele alla condizione iniziale. Infine, la soluzione fornita da TRENT2D* preserva correttamente la staticità della neve.

Anche questo test, come il precedente, ha una valenza che va oltre al caso specifico in quanto la qualità della soluzione numerica nel caso statico ha un impatto sulla qualità della soluzione numerica anche in condizioni quasi-statiche quali quelle che si determinano in prossimità della zona di arresto della valanga. A questo proposito si veda il test dell'arresto riportato più avanti.

Test del moto 1D uniformemente accelerato

L'obiettivo di questo terzo test è quello di quantificare l'errore numerico dei vari modelli in condizioni dinamiche. Esso consiste nel rilascio di un prisma di neve di altezza costante in un canale rettilineo che presenta larghezza e pendenza costante. Nello sviluppo del moto, questo prisma si deforma sul fronte e sulla coda, mentre il nucleo centrale si muove con un moto accelerato mantenendo lo spessore costante. Per questo nucleo è possibile calcolare la soluzione analitica che descrive come varia la velocità nel tempo (Zugliani e Rosatti, 2021).

La Fig. 2(A) presenta, nel pannello di sinistra, la sezione longitudinale del canale all'istante iniziale e dopo 20 s. Tutti i modelli sviluppano fronte e coda ma nel caso di AvaFrame, a causa della sua natura ibrida griglia-particellare, non compare un vero e proprio nucleo con altezza costante ma piuttosto una porzione di soluzione che presenta oscillazioni spaziali di altezza e velocità molto contenute. Al contrario, RAMMS e TRENT2D* presentano un nucleo ben definito.

Il pannello di destra della Fig. 2(A) presenta l'errore relativo (modulo della differenza tra soluzione numerica e analitica diviso il valore della soluzione analitica) delle velocità ottenute con i tre modelli al variare del tempo. Nel caso di AvaFrame, come valore rappresentativo della velocità è stato considerato il valore medio di tutti i punti che compongono il nucleo. Si può notare come questo modello, tra i tre considerati, presenti gli errori più elevati. Si è inoltre cercato di capire se all'aumentare del numero di particelle in cui viene suddiviso inizialmente il prisma (risoluzione spaziale, vedi Box 1) e conseguentemente al diminuire della massa associata ad ogni particella, diminuisce l'errore. Contrariamente a ciò che ci si aspetta, all'aumentare della risoluzione l'errore cresce.

La soluzione fornita da RAMMS è invece decisamente più accurata di quella di AvaFrame (si noti che il diagramma è logaritmico nelle ordinate), ma oltre i 30 s la soluzione risente dell'effetto delle pareti, e quindi non è stata più rappresentata perché fuori scala. La soluzione fornita da TRENT2D* è quella che presenta errori più limitati in tutto il periodo di simulazione.

Test dell'arresto

Questo ultimo test è stato messo a punto per quantificare il comportamento degli algoritmi d'arresto dei modelli. Esso consiste nel rilascio di un prisma di neve (tirante normale al fondo di 5 m) su di un piano con pendenza costante pari al 30% (ossia un'inclinazione di 16.7°); dopo un tratto di lunghezza orizzontale pari a 1 km, la pendenza cambia e diventa orizzontale. È quindi un test dove ad una prima parte dinamica accelerativa, segue una fase decelerativa sino all'arresto e alla relativa condizione statica che ne consegue. Si fa notare che la legge di resistenza alla Voellmy, che è impiegata in tutti i modelli e che dipende da due parametri, è in grado di descrivere il processo di arresto. Il moto è bidimensionale e non ha soluzione analitica, per cui si può fare solo un confronto tra i vari modelli.

Nella Fig. 2(B), il pannello di sinistra riporta, oltre alla posizione iniziale di rilascio e la traccia del cambio di pendenza, l'estensione massima raggiunta dalla neve mentre nel pannello di destra viene presentata una sezione longitudinale (indicata con linea nera orientata nel pannello di sinistra)

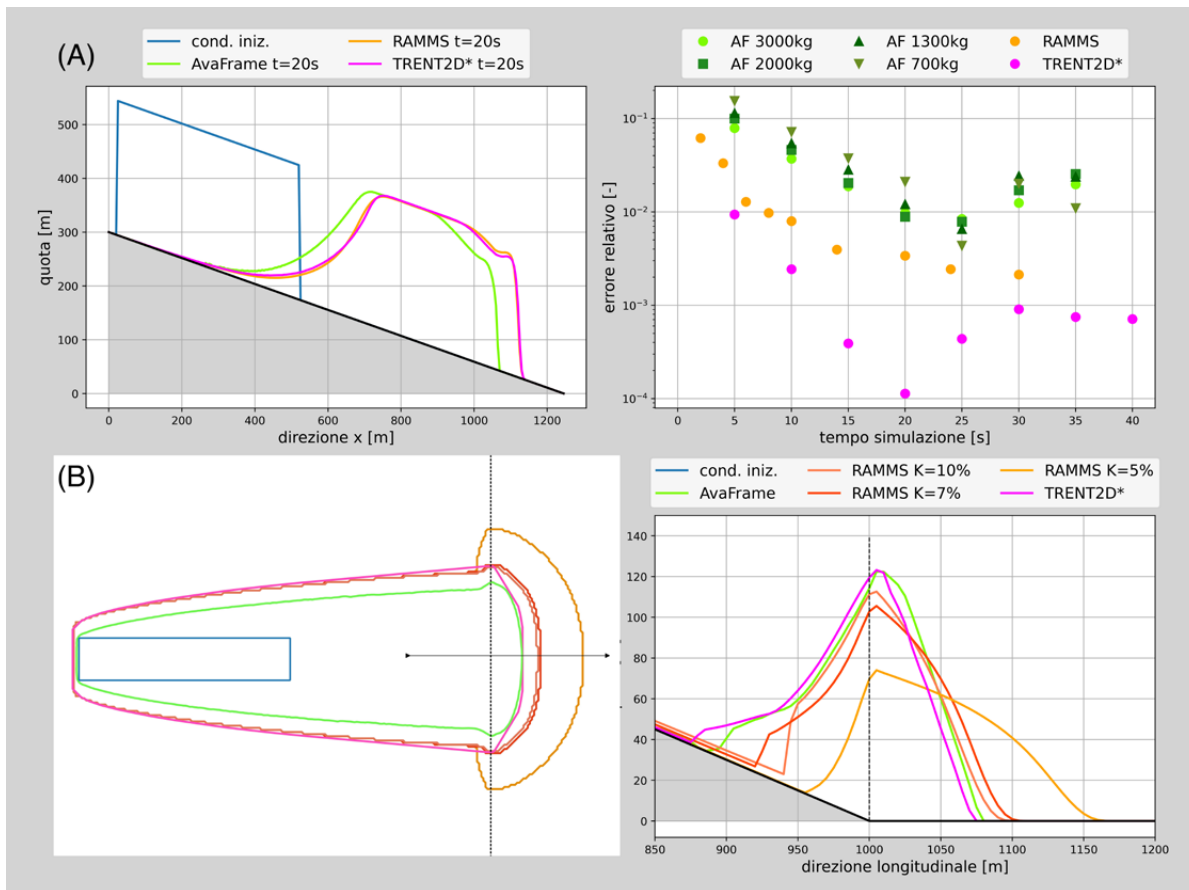


Fig. 2 - (A) Test del moto 1D uniformemente accelerato. A sinistra la sezione longitudinale a due istanti temporali (quello iniziale e dopo 20 secondi) dove il tirante di neve normale al fondo risulta ingrandito di 50 volte. A destra l'errore relativo della velocità al variare del tempo. (B) Test dell'arresto. A sinistra la massima estensione planimetrica ottenuta con i tre modelli, la zona di rilascio iniziale e la traccia del cambio di pendenza; a destra la sezione longitudinale nella zona del cambio di pendenza nell'istante di arresto. Il tirante di neve normale al fondo è ingrandito di 5 volte.

40 ANNI DI AINEVA

che riporta l'altezza della neve normale al fondo quando sono state raggiunte le condizioni statiche.

Si può notare come AvaFrame e TRENT2D* presentino dei risultati comparabili: la distanza massima del fronte dal cambio di pendenza ed il valore massimo dell'accumulo è molto simile mentre l'estensione laterale è maggiore per TRENT2D*. Questo risultato conferma le indicazioni ottenute nei test statici e dinamici precedenti. Anche nel caso di RAMMS si ha una conferma delle indicazioni già ottenute, in particolare del fatto che questo codice non implementa in maniera corretta la legge di resistenza per cui la condizione statica non viene mantenuta e la neve continua a muoversi. Per ovviare a questo problema, il modello utilizza una condizione di arresto (o meglio, una condizione di termine della simulazione, non di velocità nulla) descritta nel Box 1, condizione non fisicamente basata, bensì dipendente dall'algoritmo numerico impiegato. In altre parole, mentre il modello fisico-matematico contempla solo due parametri, il modello numerico ne considera arbitrariamente tre. Per questo motivo, si sono eseguite tre simulazioni utilizzando un valore del parametro K (vedi Box1 per la definizione) pari a 10%, 7% e a 5% rispettivamente. Nei primi due casi i risultati sono abbastanza vicini ai risultati degli altri due modelli, mentre col valore del 5% la distanza percorsa nel piano è molto maggiore e di conseguenza il valore massimo dell'accumulo è molto inferiore. Si vuole sottolineare come, da altri test effettuati (ma non riportati qui) emerge che il valore di K che rende più simili i risultati di RAMMS ai risultati degli altri due modelli non è costante ma dipende da caso a caso.

RICOSTRUZIONE DI EVENTI

Questo secondo gruppo di simulazioni è relativo ad alcuni eventi reali avvenuti in siti valanghivi della Regione Veneto. Si sono scelti due eventi di versante, situati uno in zona dolomitica e l'altro in zona prealpina, ed uno incanalato, situato in zona dolomitica. La scelta di due casi simili

(valanga di versante), ma avvenuti in zone diverse, permette di indagare anche degli elementi legati alle differenze climatiche tra le due catene montuose. Infatti, al netto delle configurazioni meteorologiche che possono influenzare, anche significativamente, le caratteristiche delle singole stagioni invernali, la zona prealpina si caratterizza per precipitazioni elevate a carattere equinoziale con inverni non molto piovosi. Il manto nevoso è solitamente distribuito irregolarmente e, soprattutto negli ultimi anni, discontinuamente nell'arco della stagione invernale. Il caso in esame poi, situato sul gruppo del Monte Baldo, oltre che per la quota inferiore alle Dolomiti e la prossimità alla pianura, si distingue per la presenza mitigatrice del Lago di Garda. In questo contesto, i problemi valanghivi attesi con maggior frequenza sono legati alla neve bagnata e alle valanghe di slittamento. Nella parte centro-settentrionale della provincia di Belluno, invece, le Dolomiti presentano precipitazioni invernali leggermente inferiori ma spesso a carattere nevoso fino a fondovalle. Questa peculiarità, unita a temperature inferiori e una quota media decisamente più elevata, porta ad una stagione con un manto nevoso continuamente presente al suolo più lunga, sebbene l'orografia complessa ne accentui la variabilità spaziale. È lecito aspettarsi una maggiore varietà nelle tipologie dei problemi valanghivi presenti, in quanto la maggiore persistenza della neve al suolo, con spessori maggiori del manto e periodi anche miti alternati a periodi di freddo intenso, permettono un più complesso sviluppo di metamorfismi tra i grani.

Tutti i dati relativi agli eventi (quindi *shapefiles* del percorso delle valanghe, modelli 7 AINEVA con informazioni su spessore di neve distaccatosi e volumi coinvolti, materiale fotografico) sono stati forniti da ARPA Veneto - Centro Valanghe di Arabba. I DTM necessari per svolgere le simulazioni sono stati invece reperiti sul portale cartografico nel sito della Regione Veneto (Regione Veneto, 2020). Per delimitare l'area di distacco si è seguita la metodologia proposta da Maggioni e Gruber (2003), cercando di

rimanere il più possibile coerenti con le informazioni disponibili.

Come nei casi test, viene eseguito un confronto tra i risultati ottenuti dai tre modelli a partire dalle stesse condizioni iniziali e dagli stessi valori dei parametri di resistenza. Per ogni sito valanghivo si è considerato un primo scenario caratterizzato da valori dei parametri di resistenza costanti su tutto il dominio di calcolo scelti sulla base della tipologia di evento, delle sue dimensioni, della morfologia del territorio e del tempo di ritorno, come proposto da Gruber e Bartelt (2007) e tabellato nel manuale di RAMMS (WSL-SLF, 2022). Questo primo scenario permette anche di avere qualche indicazione sulla valenza predittiva dei valori forniti dalla suddetta tabella in zone climaticamente differenti da quelle usate per derivare i valori.

Un secondo scenario considera ancora valori costanti dei parametri di resistenza ma la scelta viene fatta in modo tale da ridurre il più possibile la differenza tra i risultati delle simulazioni e i dati relativi all'evento reale. Questo scenario permette anche di avere qualche indicazione sui possibili limiti della legge di resistenza alla Voellmy. Infine, per la valanga incanalata, si considera un terzo scenario in cui si utilizzano i valori dei parametri di resistenza ottenuti dall'algoritmo di spazializzazione automatica disponibile nel modello RAMMS (WSL-SLF, 2022). Questa opzione del software fornisce, per ogni cella del dominio di calcolo, una coppia di valori μ e ξ in base alle caratteristiche geometriche nell'intorno del punto (quota, pendenza e curvatura) e alle dimensioni dell'evento. Tale scenario, non riproducibile con AvaFrame in quanto non contempla la possibile variabilità spaziale dei parametri di resistenza, permette anche di avere qualche indicazione sulla efficacia della spazializzazione automatica.

In tutte le simulazioni di questo gruppo, il parametro K di RAMMS è stato posto pari a 5%, valore proposto come default.

Valanga di versante in zona dolomitica

Il primo evento considerato è una valanga di versante distaccatasi nel comune di Li-

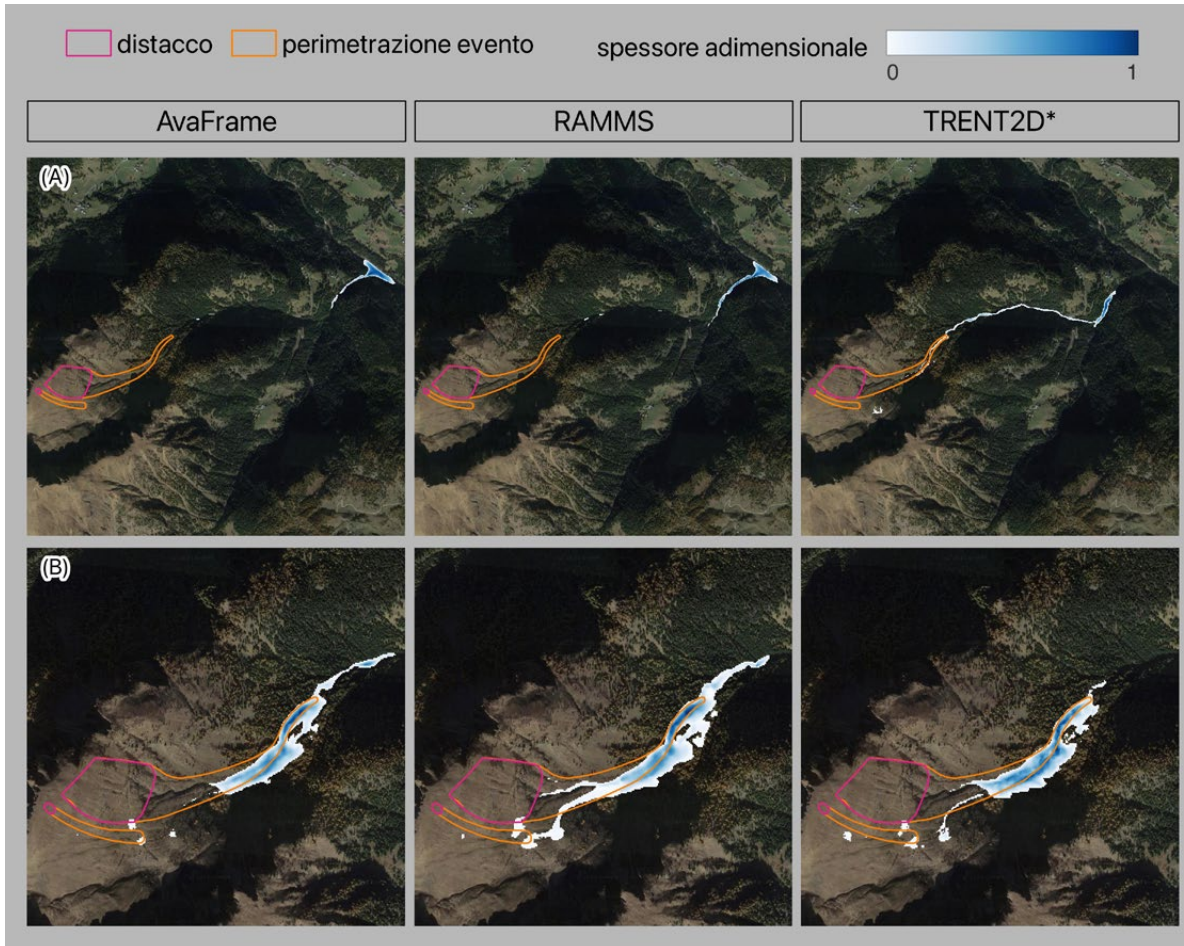


Fig. 3 - Distribuzione dello spessore adimensionale di neve per il caso della valanga di versante in zona dolomitica all'istante finale della simulazione per i diversi modelli usando (A) $\mu=0.18$ e $\xi=3000$ m/s² e (B) $\mu=0.30$ e $\xi=2000$ m/s².

vinallongo del Col di Lana (BL). Le relative informazioni sono state ottenute dal modello 7 AINEVA per la valanga n. 44.

Per il primo scenario, seguendo le indicazioni della tabella del manuale di RAMMS, si sono attribuiti i seguenti valori ai parametri: $\mu=0.18$ e $\xi=3000$ m/s². In Fig. 3(A) vengono rappresentate, per ogni modello, le mappe dello spessore di neve adimensionalizzato con il rispettivo valore massimo, all'istante finale della simulazione, sovrapposte al poligono che delimita l'evento, come ricostruito dagli osservatori di campo. Da una prima osservazione si nota che in nessun caso vi è somiglianza tra l'evento reale e quello simulato: in tutti e tre i modelli la neve scorre per distanze molto più lunghe rispetto a quanto rilevato, fino a raggiungere il fondovalle. Ciò è chiaramente imputabile ad una errata stima dei parametri di resistenze al moto. RAMMS e AvaFrame, in particolare, restituiscono accumuli molto simili per forma ed estensione, con il primo che presenta una maggior quantità di neve ferma lungo il percorso, mentre il secondo concentra tutta la neve nel tratto finale.

Anche TRENT2D* fa registrare una buona quantità di massa ferma lungo il percorso. Questo modello inoltre prevede l'arresto della valanga diverse centinaia di metri più a monte. Le differenze riscontrate tra i modelli sono ascrivibili primariamente al diverso algoritmo di calcolo della resistenza e conseguente arresto, come già fatto notare nei casi test.

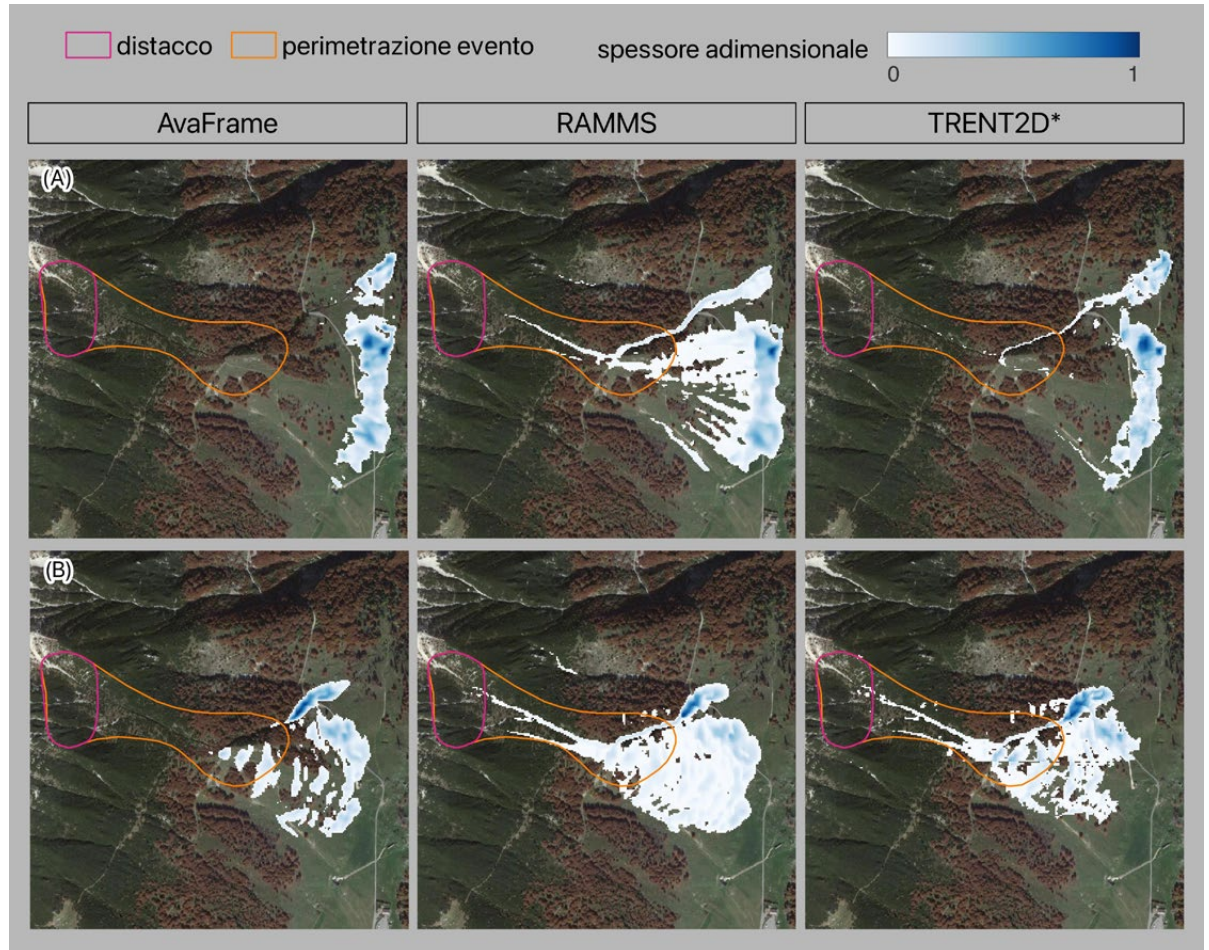
I valori dei parametri di resistenza scelti per il secondo scenario sono $\mu=0.30$ e $\xi=2000$ m/s². È da notare come tali valori siano molto differenti rispetto a quelli tabellari adottati nello scenario precedente. Questo suggerisce come i valori di tale tabella debbano essere considerati con dovuta cautela per simulazioni di tipo previsionale ed una taratura su eventi noti è caldamente consigliata. I risultati ottenuti sono riportati in Fig. 3(B). In questo caso, la valanga si arresta in una posizione molto più prossima a quella reale. Come per lo scenario precedente, i modelli AvaFrame e RAMMS presentano risultati molto simili tra loro mentre in TRENT2D* l'arresto è ancora una volta più a monte rispetto agli altri due. Inoltre, in questo caso non

si osserva la lingua di neve che negli altri due modelli si spinge lungo la vallata. La differenza tra evento reale e risultati ottenuti dalle modellazioni è inoltre influenzata, con buona probabilità, dall'effetto causato dalla presenza del bosco. Tuttavia, come già detto nell'Introduzione, l'approfondimento dei limiti della modellazione fisico-matematica considerata va oltre lo scopo di questo lavoro e pertanto non si sono considerati scenari che potessero considerare questo aspetto.

Valanga di versante in zona prealpina

Questo secondo caso di valanga di versante è caratterizzato da condizioni meteorologiche molto differenti rispetto al caso precedente. Ci si trova infatti quasi 200 km più a sud, in zona prealpina, sui versanti sud-orientali del Monte Baldo (comune di Ferrara di Monte Baldo, VR). Questo territorio, come detto in precedenza, è caratterizzato da una situazione climatica molto particolare e non tipicamente alpina. Tutto ciò si ripercuote sulla neve che è molto soggetta a cicli di gelo/disgelo e si presenta spesso come umida e molto co-

Fig. 4 - Distribuzione dello spessore adimensionale di neve per il caso della valanga di versante in zona prealpina all'istante finale della simulazione per i diversi modelli usando (A) $\mu=0.22$ e $\xi=2500 \text{ m/s}^2$ e (B) $\mu=0.32$ e $\xi=1500 \text{ m/s}^2$



esa. La valanga di versante considerata è la n. 2 e viene descritta dettagliatamente nel relativo *modello 7 AINEVA*.

Il primo scenario è stato ottenuto eseguendo le simulazioni con i valori tabellari $\mu=0.22$ e $\xi=2500 \text{ m/s}^2$ ed i relativi risultati, in termini di spessore di neve (adimensionalizzato rispetto al relativo valore massimo) all'istante finale della simulazione, sono riportati in Fig. 4(A). Si può osservare come anche in questo caso l'arresto fornito dai tre modelli sia molto diverso da quello reale, ma è tuttavia coerente con la morfologia del versante. La distribuzione finale della neve è piuttosto differente nei tre modelli ma la complessità del moto non permette di individuare in maniera chiara quale caratteristica di ciascun modello sia responsabile del risultato finale. Dal punto di vista modellistico, questi risultati evidenziano ancora una volta come i parametri derivanti da tabella non siano adeguati a questo tipo di condizione meteo-climatica.

Il secondo scenario è stato ottenuto modificando i parametri in modo da aumen-

tare in maniera significativa la resistenza al moto. I valori considerati sono $\mu=0.32$ e $\xi=1500 \text{ m/s}^2$. Come si può notare in Fig. 4(B), la variazione di questi coefficienti non si riflette in un altrettanto importante cambiamento negli output, poiché l'arresto della valanga si sposta verso monte solo di qualche decina di metri. La differenza tra i risultati dei vari modelli rimane significativa.

Da tutte le simulazioni effettuate su questo scenario è emersa una costante differenza tra evento simulato ed evento reale. Per arrivare a soluzioni confrontabili è necessario modificare pesantemente i valori assegnati ai parametri rispetto a quanto consigliato dalle tabelle fornite nel manuale di RAMMS. Una osservazione generale che si può fare analizzando questo gruppo di simulazioni è che i risultati sono fortemente influenzati dalla presenza di incisioni relative a corsi d'acqua effimeri o stagionali per cui la massa di neve tende ad incanalarsi e a scorrere in essi. L'evento reale, tuttavia, non sembra esserne stato influenzato. Una possibile spiegazione è

che queste piccole incisioni, al momento dell'accadimento della valanga, fossero state completamente riempite dalla neve e pertanto la configurazione della superficie di scorrimento fosse molto più liscia del DTM di riferimento. In questo caso, emerge chiaramente il problema della rappresentatività del DTM quale effettiva superficie di scorrimento per una valanga, problema non ancora risolto nella letteratura scientifica.

Valanga incanalata in zona dolomitica

L'ultimo evento considerato riguarda una valanga incanalata, caratterizzata quindi da una geometria del campo di moto ben definita. In questo caso ci si aspetta molta meno variabilità spaziale dei risultati rispetto ai casi precedenti. Per evidenziare la traiettoria completa della valanga, in questo caso nelle figure si rappresenterà l'altezza massima raggiunta dalla neve in ciascuna cella durante l'intera simulazione (adimensionalizzata ancora una volta con il valore massimo di ciascuna simulazione). Eventi di questa tipologia sono



Fig. 5 - Distribuzione dello spessore adimensionale massimo di neve raggiunto, in ogni punto, durante la simulazione per il caso della valanga incanalata in zona dolomitica per i diversi modelli usando (A) $\mu=0.28$ e $\xi=1750 \text{ m/s}^2$ e (B) $\mu=0.32$ e $\xi=1350 \text{ m/s}^2$.

comuni lungo i ripidi versanti dolomitici, tipicamente molto segnati e scavati dal reticolo idrografico esistente. La valanga scelta (*modello 7 AINEVA n. 107*) si trova ancora nel comune di Livinallongo del Col di Lana (BL).

Il primo scenario è stato ottenuto considerando i valori costanti dei parametri suggeriti dalla tabella di RAMMS, che risultano essere $\mu=0.28$ e $\xi=1750 \text{ m/s}^2$. In Fig. 5(A) si può osservare che nel primo tratto di scorrimento i risultati sono molto simili tra di loro e in linea con l'evento reale. Nel secondo tratto invece, AvaFrame e RAMMS forniscono una soluzione dove una grande quantità di neve fuoriesce dal canalone in prossimità delle curve e scivola sul pendio come se fosse una valanga di versante, con chiare conseguenze anche su posizione e forma dell'accumulo. Questo fenomeno è molto contenuto con TRENT2D*, dove la valanga segue più fedelmente il tracciato del canalone. Molto probabilmente questo effetto è associato alla difficoltà, evidenziate da AvaFrame e RAMMS nel test della vasca di neve ferma di descrivere in

maniera dettagliata il moto lungo contorni molto inclinati.

Il secondo scenario è stato ottenuto aumentando la resistenza al moto, ponendo i valori dei parametri pari a $\mu=0.32$ e $\xi=1350 \text{ m/s}^2$. Ottenendole velocità di scorrimento più basse, si determina una minore fuoriuscita della neve dal canalone, come si può notare dalla Fig. 5(B). Tuttavia, con AvaFrame ed in particolare con RAMMS, vi è ancora, soprattutto in corrispondenza dell'ultima curva, una certa massa che fuoriesce sul versante.

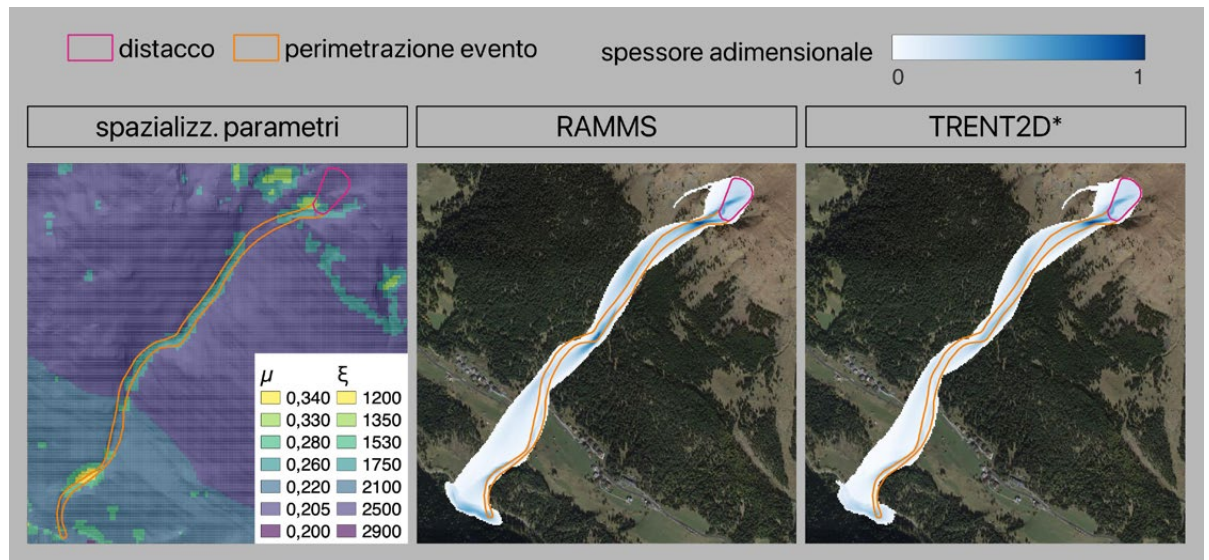
Il terzo scenario riguarda l'uso di valori spazialmente variabili dei parametri di resistenza forniti dalla specifica funzione di RAMMS. Le matrici di valori così ottenute sono rappresentate in Fig. 6, pannello di sinistra (ad ogni colore è associata una coppia di valori dei due parametri). È da sottolineare come l'algoritmo assegni, alla quasi totalità delle celle del dominio, dei valori tipici "di versante aperto", a cui corrispondono resistenze al moto piuttosto basse. Solo alcune ridotte porzioni di superficie sul fondo del canalone presen-

tano valori dei parametri tipici delle valanghe incanalate.

Questo scenario è stato analizzato solo con RAMMS e TRENT2D* poiché AvaFrame non offre la possibilità di considerare parametri spazializzati. Come si può notare in Fig. 6 (pannelli centrale e di sinistra), a causa della ridotta resistenza al moto, la valanga fuoriesce dal canalone pressoché ad ogni curva, anche con il modello TRENT2D*.

L'analisi dei risultati relativi a questo scenario suggerisce un paio di considerazioni. In primo luogo, nel moto che avviene in un canalone, la descrizione dei versanti ripidi gioca un ruolo fondamentale anche in condizioni dinamiche. La seconda considerazione è di tipo modellistico. C'è una certa difficoltà a ricostruire il fenomeno, e può essere fatta solo utilizzando valori di resistenza superiori a quanto ci si potrebbe aspettare. Questo è dovuto alla particolarità della valanga considerata: dal materiale fotografico raccolto in fase di sopralluogo e allegato al modello 7 dell'evento emerge infatti che la neve è agglomerata in forme

Fig. 6 - Caso della valanga incanalata in zona dolomitica. Da sinistra a destra: valore e spazializzazione dei parametri, distribuzione dello spessore adimensionale massimo di neve raggiunto, in ogni punto, durante la simulazione ottenuta dai modelli RAMMS e TRENT2D*.



globalari tondeggianti. Il moto della valanga deve quindi aver avuto un carattere che si avvicina più ai moti di fluidi granulari dilatanti più che a moti di fluidi alla Voellmy (fluido di Bingham con dipendenza quadratica dalla velocità) assunti dai modelli considerati.

CONCLUSIONI

Dal confronto sistematico dei risultati ottenuti con i modelli AvaFrame, RAMMS e TRENT2D* relativi ad un set di casi test e a un set di ricostruzioni di eventi reali si possono trarre alcune considerazioni conclusive:

- ▶ nella scelta di un modello, va posta attenzione sia alla descrizione fisico-matematica del fenomeno che all'approccio numerico impiegato: i tre modelli, pur considerando lo stesso set di equazioni differenziali e di espressioni per la resistenza al moto, presentano risultati che a volte differiscono in maniera significativa;
- ▶ è importante usare dei casi test semplici, possibilmente con soluzione nota a priori, per capire le caratteristiche di base di un approccio numerico; nei casi reali, infatti, la differenza tra i risultati delle simulazioni e quanto è stato rilevato in campo è dovuto sia a caratteristiche numeriche che a limiti modellistici, per cui è difficile distinguere quale componente sia responsabile delle differenze;
- ▶ è emersa l'importanza del sistema di riferimento utilizzato: AvaFrame e

RAMMS condividono un sistema di riferimento intrinseco mentre TRENT2D* usa un sistema di riferimento assoluto che si è rivelato più efficace nel caso di discontinuità nella superficie di scorrimento, quali asperità del terreno con pareti verticali;

- ▶ RAMMS presenta alcuni limiti nella descrizione di situazioni statiche o quasi-statiche quali quelle che si presentano nella fase di arresto della valanga; per ovviare a questo effetto, utilizza il parametro K (vedi Box 1) che però non è fisicamente basato e quindi va tarato di caso in caso, rendendo problematica la sua stima in simulazioni previsionali;
- ▶ l'ottica lagrangiana di AvaFrame porta in qualche caso a soluzioni con asimmetrie (per esempio il test della vasca di neve ferma e il test della piramide di neve ferma) ed oscillazioni (per esempio nel test del canale rettilineo) che si mantengono anche aumentando la risoluzione, cioè il numero di particelle con cui si discretizza la valanga;
- ▶ i valori tabellari dei parametri inseriti all'interno del manuale di RAMMS, mutuati principalmente dal lavoro di Gruber e Bartelt (2007), vanno utilizzati con molta cautela nelle simulazioni previsionali per due motivi:
 - ◆ essi derivano da un significativo numero di eventi geograficamente concentrati nelle Alpi Svizzere; ne consegue che tali valori possono risultare inadeguati a descrivere situazioni tipiche del versante sud

alpino, dove il clima è meno continentale, la neve è sovente appesantita da temperature più elevate e le precipitazioni influenzate dall'interazione delle perturbazioni con il mare Mediterraneo;

- ◆ a parità di parametri, come dimostrato dai casi test, i risultati delle simulazioni variano al variare del modello. Infatti, i valori tabellari sono stati valutati specificamente per RAMMS e quindi possono non essere del tutto adeguati per gli altri due modelli;
- ▶ la spazializzazione automatica dei parametri effettuata da RAMMS non sempre contribuisce ad ottenere ricostruzioni migliori rispetto a quelle ottenibili con valori costanti.

In sintesi, il risultato di questo lavoro evidenzia come sia necessario conoscere un modello nelle sue due componenti (fisico-matematiche e numeriche) per usarlo in maniera consapevole e responsabile, non potendo prescindere dalla presa di coscienza che ciascuna soluzione modellistica porta con sé una serie di pregi e di difetti con cui l'utilizzatore deve necessariamente confrontarsi. Pur non avendo la pretesa di essere un lavoro esaustivo (il numero di casi è limitato, non tutte le peculiarità dei modelli sono state analizzate nel dettaglio, ...), alla luce di quanto illustrato in questo approfondimento sarà possibile affrontare con maggior cognizione di causa la scelta del modello più adatto nonché soffermarsi, nell'osservazione dei risultati,

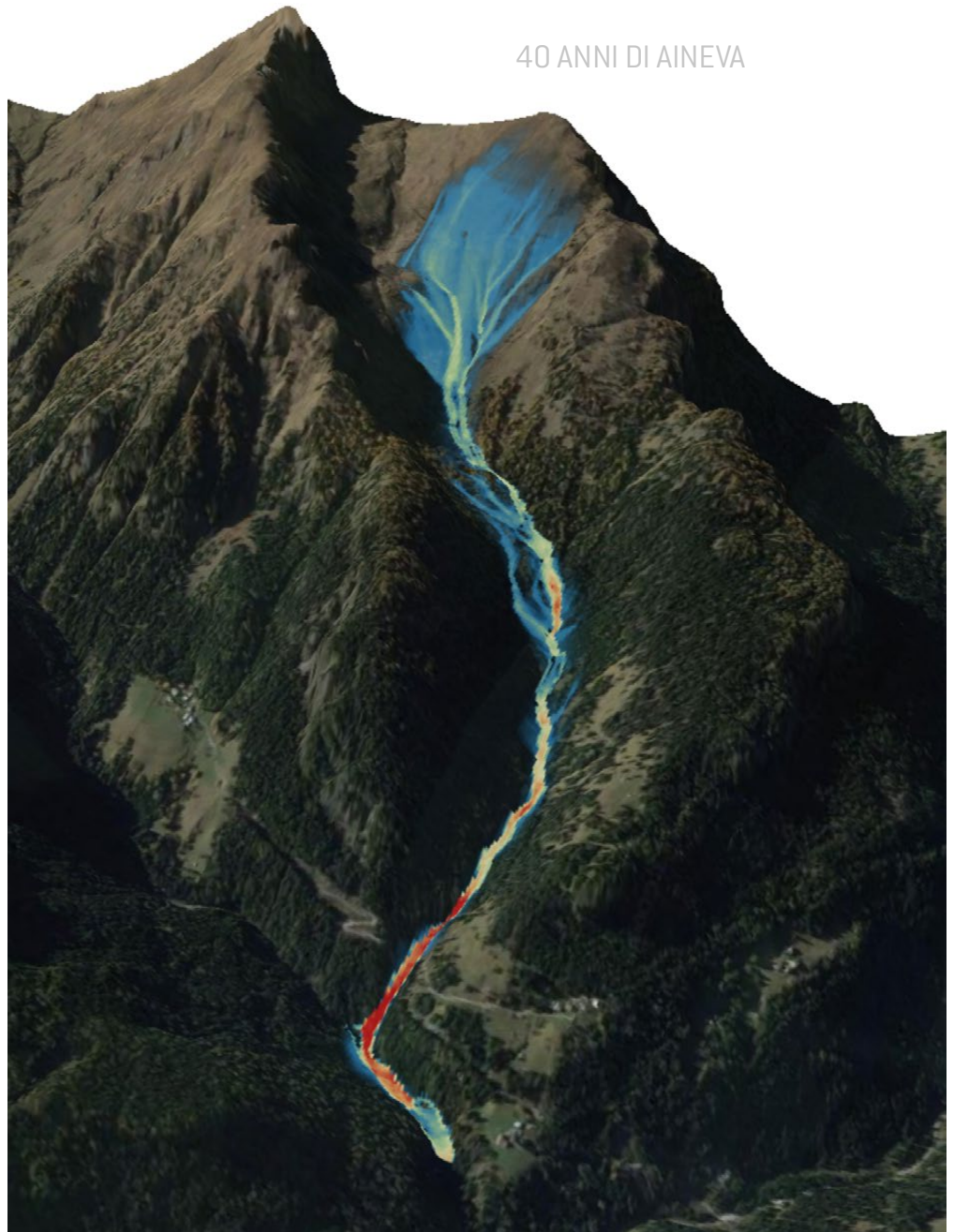
sugli elementi che necessitano di maggior attenzione e senso critico.

Una ultima osservazione riguarda la ricerca. Per avere una certa affidabilità previsionale, i modelli dovranno tenere conto degli effetti dei cambiamenti climatici in corso: da un lato sarà necessario capire le tipologie di valanghe più probabili nei prossimi anni, dall'altro si dovranno cercare descrizioni fisico-matematiche più complete, espressioni della resistenza al moto più aderenti alla realtà che ci aspetta, schemi numerici più accurati. Ed è proprio lungo queste direzioni che il gruppo di ricerca sulle valanghe del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università di Trento intende muoversi nel prossimo futuro, con lo scopo di produrre strumenti modellistici operativi sempre più affidabili.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro di tesi che viene riassunto in questo articolo è stato reso possibile grazie alla disponibilità offerta dallo studio A.I.A. Engineering di Trento, e in particolare dall'ing. Matteo Anderle, che ha messo a disposizione tempo e risorse.

Un ringraziamento particolare va anche a ARPA Veneto - Centro Valanghe di Arabba che, tramite Germano Dorigo, ha condiviso tutti i dati e il materiale cartografico relativi agli eventi ricostruiti.



Bibliografia

- Bermúdez, A. e Vazquez, M. E., Upwind methods for hyperbolic conservation laws with source terms, *Computers & Fluids* 23(8), 1049-1071, 1994
- Christen, M.; Kowalski, J. e Bartelt, P., RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain, *Cold Regions Science and Technology* 63(1-2), 1-14, 2010.
- Gruber, U. e Bartelt, P., Snow avalanche hazard modeling of large areas using shallow water numerical methods and GIS, *Environmental Modelling & Software* 22(10), 1472-1481, 2007.
- Maggioni, M. e Gruber, U., The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency, *Cold Regions Science and Technology* 37(3), 407-419, 2003.
- Negri, D., La simulazione numerica delle valanghe di neve densa: analisi e confronto dei modelli dinamici bidimensionali AvaFrame, RAMMS e TRENT2D*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Trento, 2023.
- Regione Veneto, Il GeoPortale Regionale, <https://idt2.regione.veneto.it/>, 2020.
- Tonnel, M.; Wirbel, A.; Oesterle, F. e Fischer, J.-T., AvaFrame com1DF (v1.3): a thickness-integrated computational avalanche module - theory, numerics, and testing, *Geoscientific Model Development* 16(23), 7013-7035, 2023
- Zugliani, D. e Rosatti, G., TRENT2D*: An accurate numerical approach to the simulation of two-dimensional dense snow avalanches in global coordinate systems, *Cold Regions Science and Technology* 190, 103343, 2021.
- Voellmy, A., Über die Zerstörungskraft von Lawinen, *Schweizerische Bauzeitung* 73, 159-162, 212-217, 246-249, 280-285, 1955WSL
- WSL-SLF, RAMMS::AVALANCHE User Manual, manuale utente v1.8.0, 2022.

