

GIANLUCA FERRINI - PIERLUIGI MAGISTRI - ANTONIO MORETTI -
ELIO URSINI*

CARTOGRAFIA SPEDITIVA DELLE TRACCE DI VALAN-
GA SUI VERSANTI MERIDIONALI DELLE MALACOSTE
(CATENA DEL GRAN SASSO, ABRUZZO) AI FINI DI UNA
MIGLIORE CONOSCENZA DEL RISCHIO AMBIENTALE

Introduzione. – Da circa 20 anni sono disponibili liberamente in rete *software* dedicati all'osservazione della Terra basati su rappresentazioni terilerivate. Tra queste il programma *Google Earth* (Google LLC) permette di creare modelli virtuali del Pianeta estremamente dettagliati, sulla base di immagini satellitari, fotografie aeree e dati topografici memorizzati su piattaforma GIS. L'estremo dettaglio delle riproduzioni, la facilità e l'immediatezza dell'osservazione, insieme alla possibilità di cambiare rapidamente scala e punto di osservazione e di sovrapporre immagini relative a diversi intervalli temporali, aprono all'indagine geografica e geo-ambientale prospettive insospettabili anche solo dieci anni fa.

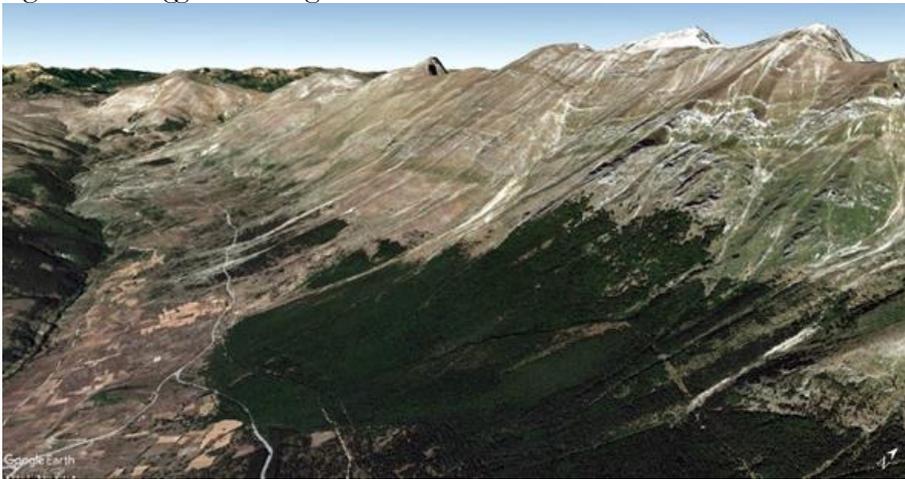
Ciò ha consentito, negli ultimi anni e con un *trend* crescente, di produrre cartografia speditiva digitale che permette di integrare le informazioni ricavabili dalla cartografia tradizionale a media e piccola scala con informazioni e dati georeferenziati raccolti mediante tecniche *low-cost* e in tempi abbastanza contenuti.

Questi strumenti relativamente nuovi e le tecniche di indagine che è stato possibile mettere a punto a partire dall'uso degli stessi hanno permesso di eseguire, nell'ambito dei programmi di ricerca del Gruppo di Protezione Civile dell'Università dell'Aquila, un rilevamento speditivo, ma dettagliato, delle tracce, delle forme e dei depositi caratteristici di movimenti nevosi in massa (valanghe, colate detritiche nivali e fluvio-nivali) avvenuti nel passato geologicamente recente sul fronte meridionale della catena del Gran Sasso.

* Il presente articolo, pur essendo frutto di comune riflessione, presenta paragrafi che andranno così attribuiti: secondo, terzo e quarto a G. Ferrini, A. Moretti ed E. Ursini, quinto a P. Magistri, mentre i paragrafi primo e sesto sono di comune elaborazione.

Come area campione è stata scelta la fascia compresa tra il Valico delle Capannelle e Valle Fredda ad Est di Fonte Cerreto. La zona studiata è formata da una lunga cresta montuosa orientata Ovest-Est che si estende per circa 15 km dal Monte S. Franco (m. 2132) a Monte Scinderella (m. 2233), attraverso cime di quota sempre superiore ai 2200 m. I versanti della montagna degradano in maniera uniforme ed ininterrotta verso Sud fino alla Valle del Vasto, oltre 1000 m più in basso (fig. 1). La pendenza dei versanti varia da oltre il 60% nella parte più alta al 15% in prossimità del fondovalle. Buona parte della porzione inferiore dei versanti è occupata da ampi rimboschimenti eseguiti negli anni '50 del secolo scorso, i quali conservano chiaramente traccia delle ferite lasciate dalle numerose slavine che li hanno attraversati negli ultimi decenni.

Fig. 1 – Area oggetto di indagine



Fonte: Google Earth

L'area è diffusamente frequentata per tutto il periodo invernale e primaverile sia per attività sportiva, sia per semplice transito verso le zone turistiche ed una adeguata conoscenza delle aree percorse o potenzialmente soggette alle slavine, affiancata alle informazioni storiche disponibili, riveste un'ovvia importanza ai fini della valutazione della pericolosità.

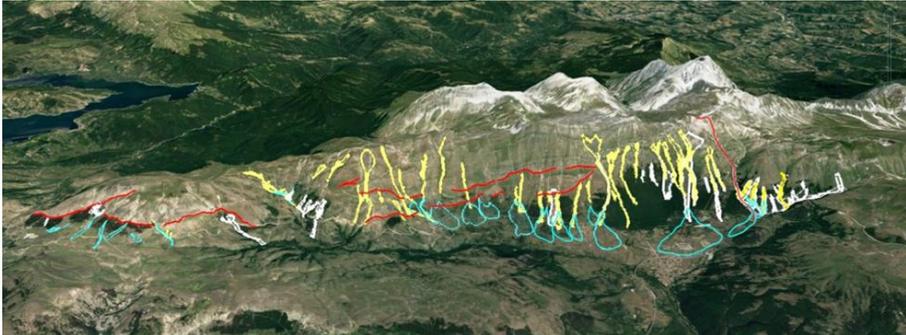
Nell'area indagata, le immagini Landsat fornite da *Google Earth* sono sufficientemente dettagliate negli ultimi 10-15 anni; per periodi precedenti (1997-2002-2005-2007) sono disponibili sul Portale Cartografico della Regione Abruzzo coperture in foto aerea ed ortofotocarte; sono anche

disponibili in forma grafica la Carta Storica delle Valanghe 1957-2017 e la recente Carta della Localizzazione del Pericolo Valanghe (2018).

In questo lavoro, in una prima fase speditiva, sono state rilevate e cartografate le tracce lasciate sul terreno e sulla vegetazione da eventi di valanga recenti (tra il 2007 ed il 2017). In una seconda fase, gli eventi principali sono stati caratterizzati sul terreno in base sia ai sedimenti detritici depositati dai ripetuti accadimenti nel passato geologicamente recente, sia ai danni inferti alla vegetazione di alto fusto, ancora osservabili per gli eventi più recenti. Per le tracce meno recenti è stato considerato anche lo stato della successione ecologica della vegetazione arbustiva in fase di ricrescita naturale.

Materiali e metodi: il rilevamento. – Dall’analisi preliminare sono state rilevate e cartografate 85 tracce di valanga avvenute nel periodo compreso tra il 2007 ed il 2017, di cui circa 30 già riportate dalla Carta delle Valanghe Storiche della Regione Abruzzo (fig. 2).

Fig. 2 – Tracce di 85 di valanghe relative al periodo 2007-2017



Fonte: elaborazione degli Autori su immagine Google Earth

Rosso: faglie attive; Azzurro: conoidi antiche e subattuali

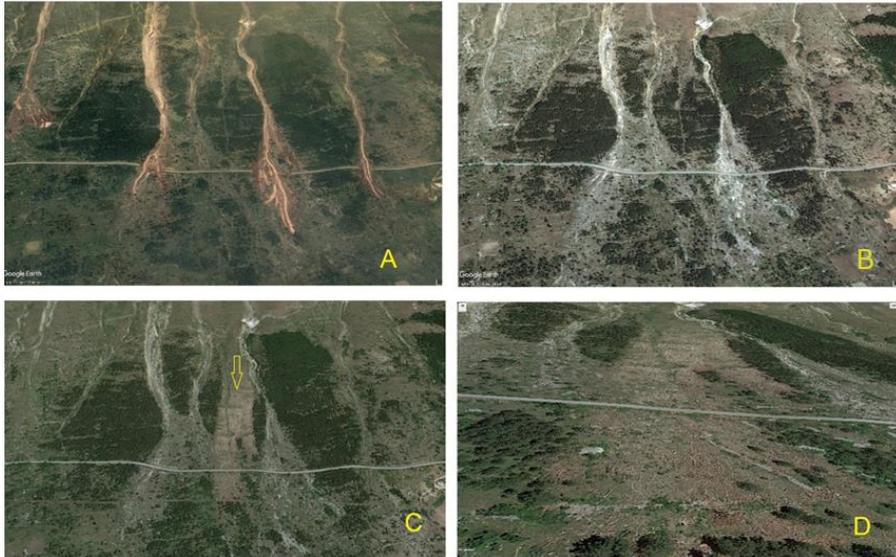
Tracce di valanga: arancio, precedenti al 2009; giallo, aprile 2009; viola, 2014-2016; bianco, gennaio-febbraio 2017 – bianco spesso, asportazione completa della vegetazione – bianco sottile, eradicazione parziale e/o sramatura all’interno di porzioni boscate

Sono stati anche rilevati e cartografati i principali corpi sedimentari fluvio-nivali caratteristici di depositi tipo *mass-flow* a matrice nevosa densa, i quali testimoniano la massima estensione raggiunta dai corpi di valanga nel passato geologicamente recente; a questo proposito sono stati esclusi i corpi terrazzati o chiaramente inattivi.

La maggior parte degli eventi osservati sono avvenuti in corrispondenza, od immediatamente dopo, i due terremoti del 6 aprile 2009 e del

17 gennaio 2017. Questi eventi, secondo la più recente letteratura (Hao e altri, 2021) possono essere classificati in accordo con due casi limite: a) valanghe dense, con neve bagnata incanalata nel fondo di stretti impluvi (fig. 3, A e B), dove la dinamica del flusso è dominata dal moto delle particelle di ghiaccio che le compongono ed il ruolo dell'aria interstiziale è insignificante (Baggi, Schweizer, 2009; Fouinat e altri, 2018); b) valanghe polverose, con velocità maggiori e fronte valanghivo più ampio, la dinamica delle quali è dominata dalle turbolenze dell'aria che sostiene le particelle di neve. Nel prosieguo del lavoro questi due gruppi di valanghe saranno trattati separatamente, in quanto sono diverse le tracce geologiche da esse lasciate all'osservatore. In particolare, le prime hanno maggiore trasporto solido, vegetale o litoide, che viene depositato a valle. Le seconde hanno trasporto quasi assente, ma forte impatto sui manufatti e sulla vegetazione, che viene deramata o sradicata, ma deposta praticamente in situ (si veda fig. 3, C, D ed E e fig. 7, C e D).

Fig. 3 A, B, C, D – Immagini prospettiche Landsat



Fonte: elaborazione degli Autori su immagini da Google Earth.

A) maggio 2009: sono ben evidenti le colate fluvio-nivali conseguenti al terremoto del 6 aprile 2009; B) settembre 2011: le tracce delle colate più recenti sono ancora riconoscibili, mentre sono evidenziate le conoidi ed i relativi corpi deposizionali; C) luglio 2017: traccia sul terreno della valanga del 28 gennaio 2017 (freccia gialla); D) vista ravvicinata della stessa immagine: si noti come le essenze arboree siano state completamente abbattute, mentre la copertura erbosa e gli arbusti di piccola taglia hanno subito danni minori

Fig. 3 E – Immagine scattata sul terreno aprile 2021. È ancora ben visibile l'ampia fascia di vegetazione spazzata via dalla valanga, mentre si nota la ricrescita di nuova vegetazione (pini, arbusti di rosa canina e ginepro)



Fonte: fotografia degli Autori

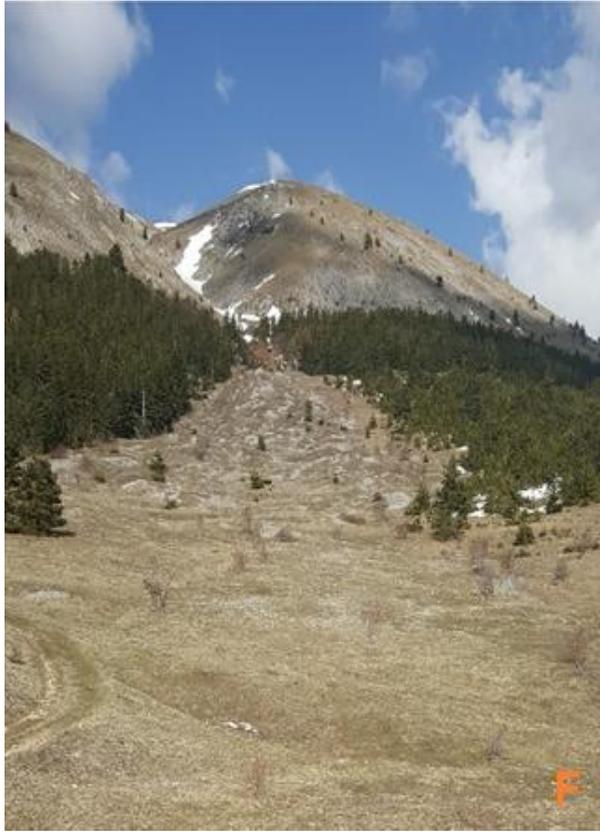
I due diversi tipi di movimento sono da mettere in relazione con le diverse condizioni del manto nevoso. È interessante notare dalle osservazioni aerofotogrammetriche che le maggiori colate di neve e detriti attivatesi a seguito del terremoto dell'aprile 2009, quando la neve era abbondante, compatta e parzialmente bagnata, appartengano prevalentemente al primo tipo. Certune di queste hanno raggiunto la loro massima estensione alcuni giorni dopo la scossa principale, probabilmente con l'occorrenza di qualche replica maggiore o per lo scorrimento lento della massa nevosa in via di fusione. Purtroppo, a causa dell'emergenza del terremoto, non sono riportate notizie di osservazioni dirette degli eventi, confermando l'importanza delle osservazioni geo-cartografiche telerilevate.

Le conoidi fluvio-nivali ed i depositi di valanga. – La forma a ventaglio caratteristica delle conoidi deposizionali è evidente già dalla cartografia IGM in scala 1:25.000 o dalle Carte Tecniche Regionali in scala 1:5.000 (fig. 4, A e B), tuttavia acquista la massima evidenza dalle immagini tridimensionali prodotte da *Google Earth* (fig.4, C e D). Dallo stesso programma sono anche ricavabili immagini prospettiche, delle quali è possibile variare a piacimento scala e punto di osservazione per analizzare tutti i dettagli morfologici, confrontandoli con quanto possibile osservare direttamente sul terreno (fig. 4, E ed F). Il programma offre anche la possibilità di confrontare tra loro immagini sintetiche rilevate in diversi intervalli temporali.

Le maggiori conoidi nivali attive in tempi recenti si riconoscono an-



Fonte: elaborazione degli Autori su immagine Google Earth



Fonte: fotografia degli Autori

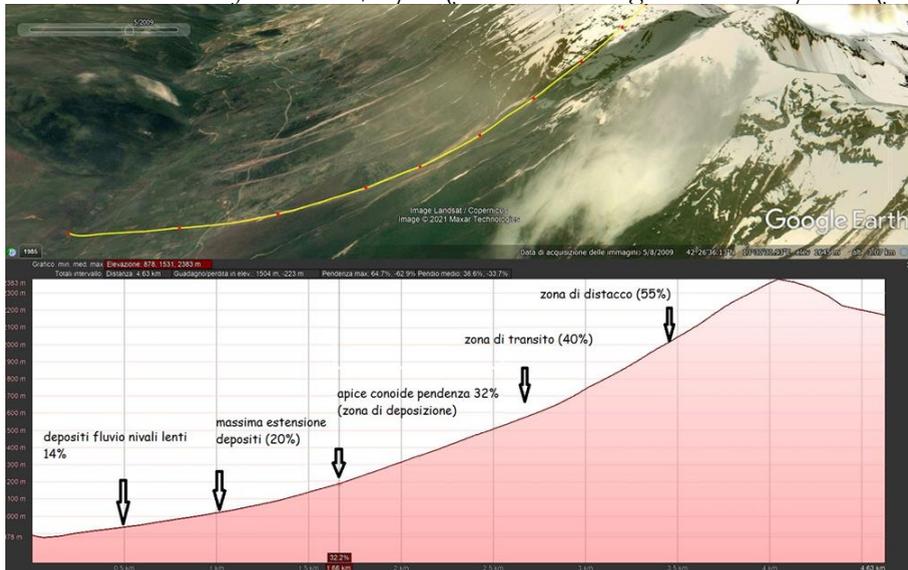
È intuitivo che la presenza di ampie conoidi glacio-nivali e di un consistente spessore di depositi implica il ripetersi nel tempo di più eventi di valanga secondo lo stesso percorso formando dei veri e propri canali di valanga anche essi spesso ben evidenti morfologicamente, che raccordano l'area di accumulo delle masse nevose con quelle sorgenti o di distacco.

Seguendo il profilo delle diverse tracce di valanga tra la zona di accumulo e quella di alimentazione (anche in questo caso, agevolmente ricavabile dal *software Google Earth*), si possono distinguere quattro zone principali, corrispondenti alle relative distinzioni sui corpi di valanga.

La **zona superiore** (zona di distacco o di alimentazione) comprende la porzione più alta dei versanti, dai costoni immediatamente sottostanti fino circa alla zona di confluenza delle numerose vallecole verso i canali che scendono al fondovalle. La tipologia dei fenomeni che possono

causare il movimento iniziale delle masse nevose è ben descritta in bibliografia (si veda p.es. Baggi, Schweizer, 2009; Hao e altri, 2021) e varia in funzione delle condizioni atmosferiche e del manto nevoso: a lastroni, di versante, di fondo ecc. Le condizioni ottimali per la formazione di valanghe lungo il pendio sono versanti uniformi con pendenze superiori al 50%; la presenza di un manto erboso favorisce il distacco della coltre nevosa, così come, viceversa, versanti rocciosi o troppo acclivi impediscono l'accumulo di consistenti masse di neve. Un tipico profilo del versante, tracciato seguendo il percorso di una delle valanghe dell'aprile 2009, è riportato in figura 5.

Fig. 5 – Profilo altimetrico dai versanti del Pizzo Cefalone verso la Valle del Vasto, con indicate le diverse fasce erosive/deposizionali delle valanghe e le relative pendenze



Fonte: elaborazione degli Autori su immagine da Google Earth

Indipendentemente dal meccanismo di distacco, la massa nevosa in movimento si incanala seguendo le linee di impluvio che spesso evolvono in canali ben incisi (**zona di scorrimento** o di transito), dove aumenta rapidamente di densità, velocità e potere erosivo. Infatti, durante lo scorrimento, la temperatura della massa nevosa aumenta a causa degli attriti interni (mediamente 2-3 °C / 100 m), fino a raggiungere rapidamente la temperatura di fusione (0°C), trasformandosi in una massa di neve bagnata in grado di sostenere un maggiore carico solido. La velocità

della massa può raggiungere alcune decine di metri al secondo. Nella area studiata la pendenza della zona di scorrimento varia tra il 50 ed il 35%, oltre la quale l'inizio del deposito segnala che la massa perde velocità fino a fermarsi.

L'apice delle conoidi indica l'inizio della **zona di deposizione**, oltre la quale una parte della valanga rallenta fino a fermarsi e, fondendo, depone il proprio carico detritico in maniera tipicamente caotica. I depositi caratteristici che si originano dal ripetersi nel tempo di eventi di valanga sono classificabili come *mass-flow*, tipicamente mal classati, ghiaioso-sabbiosi ad elementi spigolosi, con matrice siltosa chiara o raramente rossastra, nei quali sono inglobati blocchi rocciosi di dimensione da decimetrica fino a metrica (fig. 6A). Sono completamente assenti le tracce di stratificazione, evidenti, invece, nei depositi di falda di versante (fig. 6B). L'apice delle diverse conoidi rilevate indica che la zona di deposito inizia circa quando la pendenza del versante raggiunge il 35-30%, per proseguire, verso valle, fino a raggiungere il 20% circa. Oltre questa pendenza la sedimentazione grossolana cessa bruscamente, indicando la massima estensione verso il basso delle masse nevose alimentate dalle valanghe.

Quando la massa nevosa cessa definitivamente il suo movimento e, fondendosi, depone bruscamente il proprio carico solido, si trasforma in piccoli rivoli di acqua, i quali possono trasportare ulteriormente verso il basso la porzione detritica più fine.

La **zona esterna** (fluvio-nivale od inferiore) della conoide, con pendenze che vanno dal 20 ai 10%, è formata da sedimenti sabbioso-siltosi rossastri, ossidati, che si estendono verso il fondovalle e sono sovente reinciati da nuove tracce di ruscellamento. Molto spesso, in assenza di significative incisioni che possano mettere in evidenza la tessitura dei corpi sedimentari, è difficile discriminare i depositi originati dal corpo della valanga da quelli eventualmente rimaneggiati (eolici, cineritici ecc.), per cui cartograficamente sono state riportate solamente le porzioni grossolane, corrispondenti peraltro al corpo della valanga vero e proprio.

Fig. 6 – Depositi da valanga lungo i versanti delle Malacoste



Fonte: fotografie degli Autori

Dalla cartografia digitale telerilevata, nonché dalle poche immagini disponibili degli eventi più recenti e da osservazioni personali degli scriventi, si evidenzia come la maggior parte delle slavine verificatesi nell'aprile-maggio 2009 (si veda fig. 3), ed in minor misura negli anni successivi, sia compresa nella fenomenologia descritta e classificabile come valanghe dense, composte (almeno in parte e nella loro porzione mediana e terminale) da neve compatta o bagnata, che va ad esaurirsi, depositando il proprio carico solido, sulle conoidi sottostanti. Indipendentemente dall'entità delle masse nevose in movimento e dal dislivello complessivo percorso, il corpo delle valanghe segue, con movimento radente, il terreno, le morfologie tracciate sui versanti dagli eventi precedenti (valloni, canali di valanga, conoidi, piane fluvio-nivali).

Dal punto di vista della pericolosità, quindi, si tratta di fenomeni ben definibili e facilmente prevedibili nel loro percorso e nelle zone di potenziale accumulo (Bolgov e altri, 2018). A questo proposito è da rilevare che spesso la velocità della porzione terminale delle valanghe è piuttosto bassa fino a trasformarsi in un lento movimento plastico della massa nevosa parzialmente fusa, ancora in grado di produrre danni sulle strutture senza tuttavia costituire pericolo per le vite umane.

Le valanghe a neve polverosa o nubiformi. – Un secondo tipo di valanga ben evidente e riconoscibile nell'area rilevata in base alle immagini Landsat è costituito da valanghe a neve polverosa o nubiformi. Le valanghe polverose, infatti, si innescano quando la neve è asciutta e soffice e raggiunge condizioni di stabilità critiche. Una volta innescato il movimento, la massa nevosa che frana verso il basso aumenta rapidamente di velocità, formando una nuvola densa costituita da minuscole particelle di neve disperse in aria. La nuvola scende lungo il versante praticamente senza attriti con il suolo anche su pendii di modesta inclinazione (30-40%), sostenuta dall'aria stessa. Il fronte della valanga può raggiungere i 300 km/h, spingendo davanti a sé una violenta onda di pressione che sradica la vegetazione di alto fusto senza tuttavia trascinarla a valle. Sono riconoscibili in questo caso ampie aree con tronchi abbattuti ed allineati nella direzione del flusso. Paradossalmente le valanghe nubiformi hanno sovente ridotto impatto sui tappeti erbosi e sulla vegetazione prostrata, in quanto la nuvola viaggia su un cuscino di trazione fluido, senza giungere all'erosione del suolo sottostante il manto nevoso. Per contrappunto,

questo tipo di movimenti nevosi, sia per la maggiore velocità che per minore attrito interno, si propaga a maggiore distanza fino a risalire in alcune occasioni sul versante vallivo opposto. È il caso, nella nostra zona, della valanga che nel gennaio 2017, precipitando dai versanti meridionali della Scindarella, attraversò da Nord verso Sud Valle Fredda, risalendo e distruggendo il bosco nel versante opposto fino oltre 80 m di quota dal fondovalle per poi incanalarsi nella valle, sradicando alberi anche di alto fusto, fino ad esaurirsi in prossimità di Fonte Cerreto (fig. 7).

Purtroppo, le tracce lasciate sulla vegetazione tendono a scomparire nel giro di pochi decenni con la ricostruzione del manto forestale. Nonostante questo, sono state rilevate ampie aree con evidenti tracce di danneggiamenti al manto forestale, le quali interrompono l'ordinata continuità dei rimboschimenti a conifere degli anni '50 del Novecento.

Fig. 7 – *Tracce delle valanghe del 28 gennaio 2017 tra Fonte Cerreto e Vallefredda*



Fonte: Google Earth, immagini Landat e fotografie degli Autori

A) estate 2011: sono ancora visibili le tracce delle valanghe dell'aprile 2009 (tracce chiare nella vegetazione); B) estate 2017: una notevole parte del bosco è stata abbattuta da numerose slavine nel gennaio 2017; C) ingrandimento dell'immagine precedente. In Vallefredda una slavina di neve polverosa ha attraversato il fondovalle per risalire per oltre 80 m di dislivello sul versante opposto. Il flusso nevoso si è poi incanalato nel fondovalle lasciando una traccia lunga 2 km; D) marzo 2017: effetti del passaggio della valanga. La vegetazione di alto fusto è stata completamente sramata, sradicata ed abbattuta al suolo

Dal punto di vista botanico, le ferite inferte dalle valanghe ai rimboschimenti, generalmente a monocoltura (conifere), aprono nuovi spazi alla biodiversità con la conseguente rinaturalizzazione della successione ecologica fino alla ricostituzione di un bosco misto con maggiore presenza di essenze caratteristiche. L'occhio di un botanico esperto è quindi in grado di riconoscere una successione forestale “recente” da una “antica” indicandone anche approssimativamente l'età.

Purtroppo le valanghe in neve polverosa, seppur estremamente pericolose (raggiungono, come messo in evidenza poc'anzi, velocità di 300 km/h), hanno capacità erosive e di trasporto solido molto ridotte, per cui le zone colpite nel passato sono difficilmente definibili sulla sola base geologica. In più, le valanghe polverose non seguono un percorso facilmente prevedibile e definibile in base alla morfologia ed anche quando si incanalano nel fondovalle alberi sradicati o sramati sono rilevabili anche nel bosco od a molte decine di metri di quota sopra il fondovalle, indicando l'ampiezza e la violenza del fronte di avanzamento della massa nevosa.

I dati raccolti indicano chiaramente come anche versanti con pendenze modeste (30-40%), quali la maggior parte di quelli che bordano verso Sud la catena del Gran Sasso verso Fonte Cerreto e la Valle del Vasto, siano potenzialmente in grado di produrre valanghe di grandi dimensioni quando l'accumulo di neve abbia lo spessore e le caratteristiche opportune. Le tracce lasciate sulla vegetazione indicano anche che questi fenomeni, imprevedibili tanto nell'occorrenza quanto nel tracciato percorso, possono propagarsi su fronti molto larghi e a distanze ben maggiori rispetto a quanto osservato nella primavera del 2017.

Sotto la lente della Geografia antropica. – Le nuove tecnologie messe a punto per l'osservazione della Terra e dei fenomeni che la interessano, dunque, tanto di origine naturale quanto di derivazione antropica, hanno di molto accresciuto in anni relativamente recenti – come si sottolineava nell'introduzione – lo studio e la comprensione di quegli stessi fenomeni che si intende indagare. Di ciò evidentemente si è avvantaggiata anche l'analisi geografico-antropica (Favretto, 2006; Bozzato, 2010; Pesaresi, 2017; Capolongo, Zingaro, Lapietra, 2019; Noti, 2021), volta a comprendere le interconnessioni che esistono fra i modi in cui l'uomo abita la Terra e la umanizza (Farinelli, 2019) e le sollecitazioni provenienti dall'ambiente all'interno del quale egli agisce.

In particolare, la sempre maggiore attenzione alle problematiche connesse, da un lato, ai cambiamenti climatici, ai dissesti idrogeologici e, più in generale, alle calamità naturali (più o meno favorite dall'azione antropica), e, dall'altro, alla richiesta di maggior accortezza in tema di pianificazione territoriale avanzata dal mondo della ricerca e dalla società civile (più in specifico da tecnici ed amministratori accorti) contribuisce a favorire una migliore conoscenza dei territori ai fini di un più sostenibile rapporto uomo-ambiente, che tenga conto, fra l'altro, dei rischi e della loro gestione (Pinna, 2015). Rischi che sono in relazione alla presenza dell'uomo e da cui possono scaturire eventi catastrofici di varia portata. Infatti, «il rischio non esiste senza la presenza umana» e «le catastrofi non sono ineluttabili, ma dipendono dal modo con cui le società fanno fronte al rischio» (Salgaro, 2021, p. 8).

Rischi e catastrofi, dunque, sono connaturati alla storia dell'uomo. Sovente, però, la labilità della memoria storica di accadimenti funesti, verificatisi in tempi più o meno recenti per una mancata valutazione o sottovalutazione del rischio, ha comportato il ripetersi di catastrofi, che tanto incidono in termini ambientali, sociali, economici e, in definitiva, territoriali sulla vita delle popolazioni.

La conoscenza del pericolo, da un punto di vista sia quantitativo che qualitativo, risulta, quindi, di fondamentale importanza non solamente per la comprensione dei fenomeni naturali in sé o per la tutela dell'ambiente, ma soprattutto per una sempre maggiore possibilità di mitigazione del rischio stesso da parte dell'uomo e per la difesa del territorio mediante una più oculata gestione e pianificazione del medesimo (Pinna, 2002). Gestione che richiede una costanza ininterrotta e preventiva rispetto a possibili criticità e che, nell'eventualità si verificchino queste ultime, va al di là del momento in cui si generano eventi parossistici, i quali impongono l'urgenza nell'amministrare la fase critica (Bignami, 2010).

La verifica *ex post* delle tracce lasciate sul terreno dagli eventi valanghivi accaduti in tempi relativamente recenti nel versante meridionale del comprensorio del Gran Sasso si è posta, dunque, nel solco dell'orizzonte appena tracciato. L'indagine, infatti, ha messo maggiormente in luce la reale portata del fenomeno (come si ricordava all'inizio, 85 valanghe individuate sulle 30 ufficialmente registrate nell'arco cronologico considerato) e le varietà tipologiche (principalmente valanghe dense, ma anche valanghe polverose) che interessano un'area frequentata sia dalla popola-

zione locale, sia da fruitori occasionali che raggiungono la zona per pratiche turistiche e/o di svago. In tal modo si rende maggiormente evidente quale sia il grado di rischio cui i fruitori dell'area sono soggetti in determinati periodi dell'anno e ciò dovrebbe certamente sollecitare una più attenta valutazione dello stesso da parte dei decisori pubblici che hanno la responsabilità della gestione territoriale.

L'indagine condotta, invero, dimostra l'importanza di un approccio olistico e sistemico alle problematiche del rapporto uomo-ambiente (nel caso specifico rischi valanga e frequentazione antropica del comprensorio del Gran Sasso). Approccio che, vedendo compartecipi metodologie e prassi in uso tanto nell'indagine propria della geografia antropica quanto in quella specifica geo-ambientale, non solo sembra riscuotere negli ultimi anni maggiore successo che in passato¹, ma è anche auspicabile per una visione a tutto tondo delle problematiche da affrontare, sia nella comprensione dei fenomeni, sia nel tentativo di risoluzione delle questioni sollevate.

Infatti, le notizie di valanghe verificatesi in loco e registrate da documenti ufficiali o, più semplicemente, da fonti emerografiche, non sempre sono esaustive e capaci di produrre una eco di lunga durata, con risposte efficaci (Vincenzi, 2020). Ciò ha stimolato, da una parte, la necessità di una più puntuale rilevazione dei fenomeni valanghivi; dall'altra, di revisione, in senso critico, dell'elaborazione di strategie logistiche atte a generare una maggiore contezza del rischio, documentabile mediante una specifica produzione cartografica.

I metodi di osservazione e notazione dei fenomeni indagati, infatti, hanno permesso, mediante le tecniche proprie della cartografia speditiva, la rielaborazione dei dati e la produzione di documenti aggiornati che tengono conto dei macro-elementi presenti nell'area di studio e delle micro-strutture che possono ravvisarsi solo attraverso il rilevamento puntuale delle misurazioni di campo.

Conclusioni. – In conclusione, l'analisi geo-morfologica, aerofotogrammetrica e cartografica delle tracce degli eventi di valanga sulla copertura vegetale e sul terreno, facilitata dalla recentissima diffusione di *soft-*

¹ A tal proposito si consideri lo sforzo che da alcuni anni sta facendo il gruppo di lavoro A.Ge.I. "Geografia fisica e geografia umana: teoria e prassi di una possibile integrazione" sul tema dell'interazione fra i due settori scientifico-disciplinari.

ware di libera consultazione, permette, grazie alle metodologie proprie della cartografia speditiva, di definire con notevole velocità ed accuratezza le aree percorse dalle valanghe, contribuendo così a valutare la pericolosità prodotta dai movimenti nevosi, anche quando l'informazione storica non sia disponibile. L'analisi dei corpi deposizionali e dello stato della vegetazione permette anche di individuare le aree che nel passato geologicamente recente sono state soggette a fenomeni di trasporto nevoso in massa.

Il caso di studio, quindi, da un lato, aiuta a comprendere, in generale, le dinamiche dei movimenti nevosi e le conseguenze che questi possono causare con il relativo impatto ambientale; dall'altro, nello specifico del comprensorio considerato, trattandosi di un'area notevolmente frequentata sia dai residenti, sia da visitatori occasionali, mette in evidenza non solo la necessità di un adeguato e costante monitoraggio del rischio, al fine di una migliore gestione dello stesso e di una più oculata pianificazione territoriale, ma anche di una maggiore presa di coscienza dei possibili pericoli causati tanto da valanghe dense, più facilmente prevedibili nelle dinamiche e nel percorso, quanto da valanghe nubiformi, assai più infide e pericolose, non potendosi determinare a priori il percorso che seguiranno.

I dati presentati indicano, infatti, che anche versanti ricoperti da foresta o con pendenze relativamente modeste (30-40%), quali la maggior parte di quelli che bordano verso Sud la catena del Gran Sasso, sono potenzialmente in grado di produrre valanghe a neve polverosa anche di grandi dimensioni, quando l'accumulo di neve a monte abbia lo spessore e le caratteristiche opportune. Questi eventi possono propagarsi ad alta velocità e raggiungere anche distanze ben maggiori rispetto a quanto osservato nella tragica primavera del 2017.

BIBLIOGRAFIA

- BAGGI S., SCHWEIZER J., "Characteristics of wet-snow avalanche activity: 20 years of observations from a high alpine valley (Dischma, Switzerland)", *Natural Hazards*, 2009, 50 (1), pp. 97-108.

- BIGNAMI D. F., *Protezione civile e riduzione del rischio disastri. Metodi e strumenti di governo della sicurezza territoriale e ambientale*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2010.
- BOLGOV Y. E ALTRI, “Mathematical Modeling in the Calculation of the Dynamic Characteristics of Snow Avalanches”, *IEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS)*, 2018, pp. 83-88.
- BOZZATO S. (a cura di), *GIS tra natura e tecnologia. Strumento per la didattica e la diffusione della cultura scientifica*, Roma, Carocci, 2010.
- CAPOLONGO D., ZINGARO M., LAPIETRA I., “Alcuni recenti sviluppi della geografia fisica e della geomorfologia. Implicazioni per la *critical physical geography*”, in Salvatori F. (a cura di), 2019, pp. 711-719.
- CARDELLO G.L., *Struttura del fianco occidentale del Massiccio del Gran Sasso d'Italia*, Sapienza Università di Roma, 2008.
- CASTELBRUNET H. E ALTRI, “Projected changes of snow conditions and avalanche activity in a warming climate: The French Alps over the 2020-2050 and 2070-2100 periods”, *The Cryosphere*, 2013, 8, pp. 1673-1697.
- CERRETI C., PIERUCCI G. (a cura di), “Mitigazione del rischio ambientale: letture geostoriche e governance territoriale”, *Geotema*, supplemento 2021.
- DE BIAGI V. E ALTRI, “Impact of snow avalanches on buildings: Forces estimation from structural back-analyses”, *Engineering Structures*, 2015, 92, pp. 15-28.
- FARINELLI F., “Il volto (umano) della Terra”, *documenti geografici*, 2019, 2, pp. 101-111.
- FAVRETTO A., *Strumenti per l'analisi geografica. GIS e telerilevamento*, Bologna, Pàtron, 2006.
- FOUNAT L. E ALTRI, “Wet avalanches: long-term evolution in the Western Alps under climate and human forcing”, *Climate of the Past*, 2018, 14(9), pp. 1299-1313.
- GIANINETTO M., SCAIONI M., GIUSSANI A., “Cartografia speditiva da immagini satellitari ad alta risoluzione: un contributo alla ricostruzione dei paesi colpiti da eventi bellici”, in ASITA, *L'informazione territoriale e la dimensione tempo. VII conferenza nazionale, Verona, 28-31 ottobre 2003*, Galliate Lombardo, Artestampa, 2003, pp. 1181-1186.

- HAO J. E ALTRI, “Characteristics and hazards of different snow avalanche types in a continental snow climate region in the Central Tianshan Mountains”, *Journal of Arid Land*, 2021, 13, pp. 317-331.
- LUCKMAN H.B, “The Geomorphic Activity of Snow Avalanches”, *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 1977, 59, pp. 31-48.
- NOTI V., *GIS Open Source per geologia e ambiente. Analisi e gestione di dati territoriali e ambientali con QGIS*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2021.
- PESARESI C., *Applicazioni GIS. Principi metodologici e linee di ricerca. Esercitazioni ed esemplificazioni guida*, Torino, UTET Università, 2017.
- PINNA S., *Geografia dei rischi naturali*, Roma, Aracne, 2015.
- PINNA S., *Rischi ambientali e difesa del territorio*, Milano, FrancoAngeli, 2002.
- SALGARO S., “La gestione del rischio: l’apporto della lettura geo-storica”, in Cerreti C., Pierucci P. (a cura di), 2021, pp. 5-15.
- SALVATORI F. (a cura di), *L’apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme. Atti del XXXII Congresso Geografico Italiano*, Roma, A.Ge.I., 2019.
- VINCENZI M., *La promessa della sicurezza. Il linguaggio utilizzato dalle istituzioni e dai media nella definizione del rischio ambientale e nella sua prevenzione*, Roma, Gruppo Albatros, 2020.

Fast mapping of the avalanche tracks on the Southern side of Malacoste (Gran Sasso Range, Abruzzi) for a better knowledge of environmental risk. – This note shows the results of a research, conducted in the Gran Sasso area, on the risk of avalanches and related territorial consequences. The study is based on a geological and geographic approach and uses techniques of fast mapping and field research. It was possible to identify the traces of 85 events that occurred between 2007 and 2017, which are many more than those officially registered. This made it possible to specify, at least for the type of wet-snow avalanches, the areas most subject to the phenomenon and highlighted the environmental risks and possible dangers for the visitors in the area. Therefore, it provided useful indications for a more prudent management of risk and better territorial planning.

Keywords. – Fast mapping, Wet-snow avalanche, Powder-snow avalanche, Gran Sasso Range, Environmental risk assessment

*Università degli Studi dell'Aquila, Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente
gianluca.ferrini@univaq.it*

*Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Dipartimento di Storia, Patrimonio culturale, Formazione e Società
pierluigi.magistri@uniroma2.it*

*Università degli Studi dell'Aquila, Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente
antonio.moretti@univaq.it*

*Università degli Studi dell'Aquila, Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente
elio.ursini.protezionecivile@univaq.it*