



# Cambiamento climatico e eventi meteorologici estremi nell'arco Alpino: come prepararsi

TRANS-ALP Extended Policy Brief



Co-funded by  
the European Union





# Cambiamento climatico e eventi metereologici estremi nell'arco Alpino: come prepararsi

TRANS-ALP Extended Policy Brief

## Riconoscimenti

*Questa pubblicazione è un'iniziativa organizzata nell'ambito del progetto TRANS-ALP – Transboundary Storm Risk and Impact Assessment in Alpine regions.*

*Questo progetto è stato finanziato dal Meccanismo di Protezione Civile dell'Unione Europea (Direzione Generale per la Protezione Civile Europea e le Operazioni di Aiuto Umanitario) con l'accordo di sovvenzione numero 101004843.*

*I testi sono stati preparati con il contributo di Massimiliano Pittore, Piero Campalani, Kathrin Renner, Alice Crespi, Andrea Vianello, Miriam Recchi from EURAC Research, Francesca Borga, Mauro Borin, Enrico Marin and Manuela Massi from EPC srl, Sebastian Lehner, Katharina Enigl and Klaus Haslinger from ZAMG, now Geosphere Austria, Fabrizio Tagliavini, Roberta Dainese and Gianni Marigo from ARPA Veneto, Matthias Plörer and Michaela Teich from BFW.*

*La supervisione generale è curata da Massimiliano Pittore (EURAC Research).*

*Manoscritto completato a Dicembre 2022*

*Questa pubblicazione e tutti i documenti e i materiali del progetto possono essere scaricati da*

<https://project-transalp.eu>

## Disclaimers

*Questa pubblicazione è stata realizzata con il contributo finanziario dell'Unione Europea. Il contenuto della pubblicazione riflette esclusivamente il punto di vista degli autori. L'Unione Europea non può essere ritenuta responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni in essa contenute.*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abstract</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Introduzione</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Parte 1- Towards Cross-Border Risk Assessment</b>   | <b>7</b>  |
| <b>Gli eventi passati più rilevanti, loro caratteristiche e impatti</b>  | <b>7</b>  |
| Dati e Metodi  | 7         |
| Risultati – Elenco degli eventi estremi  | 8         |
| Descrizione degli eventi – Focus sulla tempesta VAIA   | 9         |
| Tipi di tempo associati agli eventi estremi passati  | 10        |
| Hazard Trigger Patterns – Andamenti di precipitazione caratteristici   | 11        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 12        |
| <b>Cambiamenti climatici futuri per eventi meteorologici ad alto impatto nella regione transfrontaliera alpina</b>   | <b>14</b> |
| Dati e metodi  | 14        |
| Cambiamenti dei tipi di tempo in base a diverse proiezioni climatiche  | 15        |
| Variazioni di frequenza  | 15        |
| Variazioni di intensità  | 16        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 16        |
| <b>Analisi dell'esposizione e della vulnerabilità con i dati e le applicazioni esistenti nelle regioni pilota</b>  | <b>17</b> |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 19        |
| <b>Pericoli e rischi a cascata transfrontalieri</b>  | <b>20</b> |
| Effetti a cascata negli eventi intensi alpini  | 20        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 20        |
| <b>Linee guida metodologiche per la comunicazione della previsione degli effetti al suolo</b>  | <b>22</b> |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 24        |
| <b>Un'applicazione pratica di TRANS-ALP : la rivalutazione del rischio valanghe a seguito della tempesta Vaia</b>  | <b>26</b> |
| Confronto tra le due diverse zone di studio  | 31        |
| Determinazione di nuove potenziali aree di distacco di valanghe (PRA), simulazioni di runout per la valutazione del rischio di valanga a seguito dell'abbattimento della vegetazione | 31        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 36        |
| Armonizzazione dei rilievi in ottica multi rischio   | 36        |
| Armonizzazione dei metodi di valutazione degli effetti al suolo e dei potenziali effetti a cascata   | 36        |
| Misure di mitigazione  | 37        |
| <b>Parte 2: Data and Information Sharing Tools</b>   | <b>38</b> |
| <b>Metodologie di raccolta e mappatura dei dati sull'impatto delle tempeste</b>  | <b>38</b> |
| Raccolta di dati sull'impatto delle tempeste in Europa: perché è necessario registrare impatti, danni, perdite e qual è lo stato dell'arte?  | 38        |
| Quali sono le istituzioni responsabili e solitamente predestinate alla raccolta di dati sull'impatto delle tempeste nello spazio alpino?   | 39        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 41        |
| <b>Raccolta di dati sull'impatto nelle aree di studio transfrontaliere di TRANS-ALP</b>  | <b>44</b> |
| Dati relativi a danni ed eventi in Italia  | 44        |
| Banca dati degli eventi idrologici ED30  | 44        |
| IFFI   | 44        |
| <b>Dati relativi a danni ed eventi in Austria</b>  | <b>44</b> |
| WLK  | 44        |
| GEORIOS  | 45        |
| VIOLA  | 45        |
| Procedure di Armonizzazione  | 46        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 46        |
| <b>La piattaforma di mappatura WEB-GIS TRANS-ALP</b>   | <b>47</b> |
| Descrizione della piattaforma  | 47        |
| Discussione  | 50        |
| Sintesi e Raccomandazioni  | 50        |
| <b>Conclusioni</b>   | <b>51</b> |
| <b>Bibliografia</b>  | <b>52</b> |
| <b>Getting in Touch with the TRANS-ALP Partnership</b>   | <b>54</b> |

## Abstract

Il consorzio del progetto TRANS-ALP in 24 mesi ha spaziato su una vasta gamma di attività, affrontando l'ampio tema della valutazione del rischio nel caso di eventi estremi, come le grandi tempeste nelle regioni alpine, e comprendendo meglio la complessa interazione tra rischio, esposizione e vulnerabilità anche in relazione agli effetti a cascata in diverse aree alpine situate nel confine tra Italia e Austria. Il concetto e la definizione oggettiva di evento estremo nella regione interessa sono stati esplorati con mezzi statistici, portando a una selezione di eventi passati verificatisi tra il 1980 e il 2020 caratterizzati da forti anomalie idrometeorologiche e associati a impatti avversi osservati sulle aree colpite.

Un'analisi empirica di questi eventi ha mostrato un'apparente tendenza positiva nella frequenza e nell'intensità di tali eventi nell'ultimo decennio. Questa osservazione è stata corroborata da un'analisi preliminare degli scenari climatici che indica un potenziale aumento degli eventi estremi nel prossimo futuro a causa dei cambiamenti climatici. Il progetto ha anche affrontato la sfida del documentare adeguatamente gli impatti degli eventi estremi sui sistemi socio-ecologici colpiti, avanzando una proposta preliminare per una procedura standard di rilevamento e reporting. In termini di esposizione e vulnerabilità, è stato sviluppato ed esemplificato un modello innovativo di esposizione aggregata per fornire un quadro coerente per la previsione e valutazione quantitativa dell'impatto multirischio, per applicazioni utili alla mitigazione e alla segnalazione. Inoltre, TRANS-ALP ha affrontato il tema del probabile cambiamento delle condizioni di rischio dovuto agli impatti a cascata sulle aree boschive in seguito a un'intensa tempesta, come osservato nel caso di VAIA.

Un protocollo sistematico di rivalutazione del rischio valanghe è stato proposto ed esemplificato nell'area test della Valle del Cordevole e comprende procedure analitiche innovative e raccomandazioni per adattare dinamicamente la valutazione del rischio valanghe che sono state utilizzate con successo dalle autorità locali di protezione civile. Infine, tutti i dati raccolti, assemblati o generati nell'ambito del progetto TRANS-ALP sono stati archiviati e resi accessibili ai partner del consorzio e agli stakeholder del progetto in un'avanzata piattaforma GIS e di visualizzazione dei dati che consente una gestione e una condivisione coerente per un'ulteriore integrazione delle informazioni disponibili e delle metodologie proposte nelle attività della protezione civile attuali e future.

# Introduzione

Massimiliano Pittore (EURAC Research), Francesca Borga and Mauro Borin (EPC)

La crescente frequenza, accompagnata ad una maggiore intensità, con la quale gli eventi meteorologici estremi si presentano nell'area mediterranea, presumibilmente a causa dei cambiamenti climatici, costituisce una minaccia sempre più tangibile soprattutto per i sistemi ambientali e socioeconomici più vulnerabili.

Un esempio significativo è rappresentato dalla tempesta Vaia (classificata come "uragano") che tra fine ottobre e inizio novembre 2018 ha colpito tutto l'arco alpino causando lo sradicamento di 42 milioni di alberi e modificando la geomorfologia di intere vallate nel Nord-Est italiano ed in alcune aree di Austria e Svizzera. Dallo studio di questo e di altri eventi analoghi è nata l'idea del progetto europeo TRANS-ALP, "Transboundary Storm Risk and Impact Assessment in Alpine regions", finalizzato ad aumentare la capacità di reazione e di gestione dei fenomeni meteorologici estremi nel territorio alpino.

Vaia infatti è stato un evento di grande risonanza nel mondo della ricerca e dalla prevenzione, ma è importante ricordare che purtroppo non si è trattato di un evento così isolato o irripetibile. Anzi, analizzando gli eventi classificabili come "estremi" che hanno interessato l'area alpina tra Italia e Austria negli ultimi cinquanta anni emerge un'indicazione molto netta del fatto che eventi di questo tipo non solo erano presenti anche in passato – si pensi ad esempio alle grandi nevicate dell'inverno '85, ma sono diventati negli ultimi anni sempre più intensi e frequenti, tanto da registrare ben 6 casi di precipitazioni classificabili come "eccezionali" nel solo triennio 2018-2020.

La singolare irruenza che ha caratterizzato la tempesta Vaia, ci dà quindi purtroppo un'idea di ciò che verosimilmente la Protezione Civile dovrà prepararsi ad affrontare in futuro. Da qui la necessità e la volontà di contribuire a sviluppare e adottare soluzioni che possano aiutare a prevenire e, nel caso, reagire prontamente a questi fenomeni, per ridurre il più possibile i rischi e soprattutto i danni per le persone e per il territorio.

Il progetto TRANS-ALP è un progetto biennale avviato a gennaio 2021 e co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma per la prevenzione e preparazione nel campo della Protezione Civile e dell'inquinamento marino. Il progetto è coordinato dall'Istituto per l'osservazione della terra del centro di ricerca EURAC di Bolzano. Le altre organizzazioni che completano il partenariato transfrontaliero Italo-Austriaco sono: ARPAV, l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, ZAMG, l'Istituto centrale di meteorologia e geodinamica austriaco, BFW, l'Istituto di ricerca forestale austriaco e EPC srl, una società vicentina esperta nella gestione e nella comunicazione di progetti europei complessi.

Caratteristica principale del progetto TRANS-ALP è stata quella di considerare gli eventi estremi in un'ottica Multi-Hazard, ovvero cercando di focalizzarsi non su un singolo fenomeno, ma tenendo conto dei molteplici pericoli cui uno stesso tipo di evento espone il territorio e la popolazione. Tornando all'esempio di Vaia, in quel caso l'impatto combinato della pioggia e del forte vento ha provocato in un lasso di tempo molto breve, il verificarsi di tre principali situazioni di rischio: la caduta di alberi su strade ed edifici, l'esondazione di torrenti e fiumi, l'innescò di frane e colate detritiche.

A questo, poi, si aggiungono anche una serie di eventi e fenomeni successivi che, in un "effetto cascata", continuano a impattare sul territorio per anni dopo un evento dalle caratteristiche così rilevanti, come un aumento dei fenomeni di ruscellamento, di erosione o del rischio valanghe, a causa della perdita di superfici boschive, o l'aumentato rischio incendi e di problemi parassitari (si pensi al "bostrico tipografo" che già sta colpendo molte aree nel Nord-Est italiano e nel Tirolo austriaco) favoriti proprio dalla presenza di piante abbattute dal forte vento di Vaia.

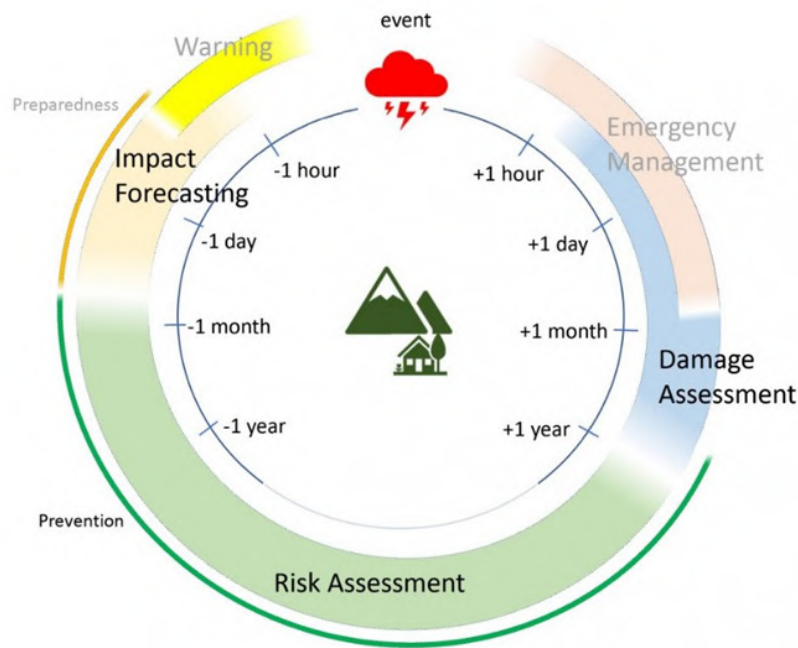


Fig. 1: Schematic visualisation of the risk management cycle

Partendo da queste considerazioni, i partners del progetto TRANS-ALP hanno inizialmente eseguito un'analisi degli eventi estremi verificatisi negli ultimi anni nell'area alpina. In parallelo sono state analizzate le principali metodologie e approcci per l'analisi del rischio e la valutazione dei danni relativi agli eventi meteorologici estremi, nonché la disponibilità e il livello di condivisione anche transazionale di dati e informazioni su queste tematiche. Sulla base di queste informazioni, sono stati poi approfonditi alcuni temi specifici legati alla valutazione del rischio, con particolare riferimento a tre aree pilota: la valle del Cordevole in Veneto, l'area del Sud Tirolo-Alto Adige, e l'Est Tirolo in Austria. Con i dati raccolti durante il progetto è stato inoltre popolato una piattaforma Web GIS raggiungibile dal sito [project-transalp.eu](http://project-transalp.eu).

La presente pubblicazione riporta quindi la descrizione dei più significativi risultati del progetto conseguiti grazie ad una fruttuosa ed efficace cooperazione transnazionale.

# Part 1

## Towards Cross-Border Risk Assessment

### **Gli eventi passati più rilevanti, loro caratteristiche ed impatti**

*Sebastian Lehner, Katharina Enigl and Klaus Haslinger (Geosphere Austria), Alice Crespi (EURAC Research)*

Spesso si sente dire che gli eventi estremi si verificano con maggiore frequenza a causa dei cambiamenti climatici, ma quando un evento è "estremo" e come possiamo descriverlo? Intuitivamente ci riferiamo a eventi di particolare intensità, che hanno avuto un impatto significativo su un'area estesa, ma gli eventi idrometeorologici significativi possono essere caratterizzati attraverso vari approcci e sotto diversi aspetti. In questa sezione vengono descritti alcuni di questi metodi per l'identificazione e caratterizzazione degli eventi estremi di precipitazione e mostrati i loro risultati. In primo luogo, si è esaminato come gli eventi estremi possano essere identificati all'interno di serie osservative pluri-decennali attraverso l'uso di metodi basati sui percentili in cui gli estremi sono determinati dalle anomalie osservate nelle statistiche di precipitazione. Una volta identificati, questi eventi possono essere messi a confronto con le registrazioni dei danni osservati. Nel seguito, un'attenzione particolare è stata dedicata alla descrizione e all'analisi della tempesta Vaia. Successivamente, sono stati determinati i "tipi di tempo" su larga scala (cioè strutture di circolazione atmosferica su scala sinottica) collegati agli eventi estremi identificati, ottenendo i tipi di tempo caratteristici associati agli eventi meteorologici pericolosi sulla regione transfrontaliera Austria-Italia. Infine, sono stati ricavati i cosiddetti "Hazard Trigger Patterns", che descrivono localmente l'andamento temporale delle precipitazioni nei giorni che precedono un evento in cui si sono registrati danni. Complessivamente, i vari metodi impiegati hanno consentito di osservare le caratteristiche degli eventi meteorologici pericolosi nella regione transfrontaliera Austria-Italia sia su larga scala (zoom-out) sia su scala locale (zoom-in).

### **Dati e metodi**

L'identificazione degli eventi estremi si è basata su due diversi dataset meteorologici grigliati che coprono le regioni target: il dataset SPARTACUS di GEOSPHERE (Hiebl e Frei, 2017) per la regione target austriaca (Tirolo orientale e Carinzia) e il dataset di EURAC (Crespi et al., 2021) per la regione target italiana (Trentino-Alto Adige). Entrambi i dataset includono i totali giornalieri di precipitazione su una griglia di 1 km ricavati dai dati delle stazioni meteorologiche. Gli eventi estremi che hanno colpito entrambe le regioni target dal 1980 al 2020 sono stati identificati mediante due approcci complementari basati sui percentili. Il primo metodo mira a determinare gli eventi estremi che hanno prodotto le maggiori quantità di precipitazione a scala regionale, ovvero fenomeni su larga scala che hanno interessato un'ampia porzione dell'area analizzata. Il secondo metodo si concentra invece sull'identificazione di eventi su scala locale che hanno registrato elevate quantità di precipitazione in aree più limitate. Per ulteriori dettagli metodologici, si rimanda al deliverable D2.2.

I campi di pressione a livello del mare grigliati sull'Europa e sull'Oceano Atlantico, ricavati dalla rianalisi ERA5 (Hersbach, 2020), sono stati usati come input per la derivazione dei tipi di tempo. Il software COST733 per la classificazione dei tipi di tempo (Philipp et al., 2014) è stato applicato per determinare la classe dei cosiddetti 'Gross-Wetter-Types' (GWT) per ogni giorno dal 1961 al 2020. Intersecando l'elenco degli eventi estremi identificati con i tipi di tempo GWT risultanti è possibile determinare una distribuzione dei tipi di tempo potenzialmente critici connessi agli eventi estremi in analisi.



I cosiddetti “Hazard Trigger Patterns” (HTP) mirano invece a descrivere lo sviluppo meteorologico che precede un evento di danno. Per la loro derivazione, è necessario seguire due fasi principali: la compilazione dei dati di danno disponibili e la loro successiva intersezione con i dati meteorologici.

Per la prima fase, sono stati raccolti i dati sui danni in entrambe le regioni target attingendo a diverse banche dati disponibili. Per l'Italia, sono stati considerati i dataset IFFI (Triglia et al., 2008) e ED30 (Macconi e Sperling, 2008), che riportano i danni causati, rispettivamente da fenomeni franosi e alluvionali. I dati sugli eventi di danno in Austria relativi a questi processi sono stati invece estratti dal dataset GEORIOS (Tilch et al., 2011) e dal database WLK (BMNT, 2018; WLV, 2017). I dati raccolti dal 1961 al 2020 sono stati successivamente combinati in un unico archivio mediante un processo di armonizzazione. Le registrazioni dei danni per gli eventi alluvionali risultano particolarmente concentrate nella regione transfrontaliera del Tirolo orientale, mentre le registrazioni dei movimenti di massa si concentrano prevalentemente sul versante italiano. L'area austriaca (Tirolo orientale e Carinzia) riporta un numero confrontabile di eventi di inondazione e di movimenti di massa sul periodo, registrati con maggior frequenza nella stagione estiva per entrambe le categorie di evento. In Alto Adige invece gli eventi di movimento di massa registrati sono circa 3,5 volte più numerosi degli eventi alluvionali. In questo caso anche la loro distribuzione nell'anno è differente: gli eventi alluvionali hanno il loro massimo in autunno, mentre il maggior numero di movimenti di massa viene registrato in estate.

La seconda fase della derivazione degli HTP consiste nella combinazione dei dati sui danni con i dati meteorologici. In questo studio, le registrazioni dei danni sono state incrociate con i totali giornalieri di precipitazione e analizzate attraverso il metodo delle funzioni empiriche ortogonali (EOF), ottenendo gli andamenti temporali caratteristici delle precipitazioni nei giorni che precedono gli eventi estremi (Enigl et al., 2019). Per i dettagli tecnici si vedano i deliverables D2.1 e D2.4.

## Risultati – elenco degli eventi estremi

A partire dai due metodi basati sui percentili sopra descritti, sono stati identificati i 15 eventi estremi più rilevanti che hanno colpito tra il 1980 e il 2020 sia le regioni austriache che quelle italiane: Tirolo orientale, Carinzia (ET-C) e Alto Adige (ST). La data di accadimento degli eventi e il loro massimo locale di precipitazione giornaliera (in mm) per entrambe le regioni target sono elencate nella Tabella 1. Gli eventi più rilevanti determinati in una regione coincidono con quelli identificati nell'altra confermando la consistenza dei dati e dei metodi applicati sull'intera regione transfrontaliera.



| Event date | Local max (ET-C) [mm] | Local max (ST) [mm] |
|------------|-----------------------|---------------------|
| 18.07.1981 | 157,7                 | 128,5               |
| 31.01.1986 | 166,6                 | 162,9               |
| 25.11.1990 | 93,60                 | 173,4               |
| 02.10.1993 | 151,0                 | 144,3               |
| 20.09.1999 | 157,2                 | 144,6               |
| 01.11.2003 | 158,7                 | 127,3               |
| 29.10.2008 | 92,0                  | 148,0               |
| 27.05.2011 | 91,5                  | 150,6               |
| 05.11.2014 | 248,1                 | 195,7               |
| 25.08.2018 | 72,7                  | 119,7               |
| 29.10.2018 | 212,0                 | 184,6               |
| 01.02.2019 | 103,2                 | 240,5               |
| 15.11.2019 | 118,6                 | 166,3               |
| 29.08.2020 | 115,30                | 107,4               |
| 05.12.2020 | 251,5                 | 274,4               |

Tab. 1: Elenco dei 15 eventi di precipitazione più rilevanti per la regione transfrontaliera accaduti dal 1980 al 2020 e determinati attraverso i metodi basati sui percentili. L'area austriaca comprende Tirolo orientale e Carinzia mentre l'area italiana include l'Alto Adige.

## Descrizione degli eventi – focus sulla tempesta Vaia

La descrizione meteorologica e i danni registrati per tutti gli eventi estremi identificati sono stati descritti nel deliverable D2.2. A titolo di esempio, il paragrafo successivo si concentra sulla tempesta Vaia, che ha colpito fortemente la regione di studio alla fine di ottobre 2018.

Sia per l'Austria che per l'Italia è disponibile un ampio archivio di informazioni sui danni relativi a questo evento. La Figura 1 mostra gli eventi di danno registrati per la tempesta Vaia dal 27 al 31 ottobre 2018 in ST e ET-C. I punti grigi in ST rappresentano i danni provenienti dalle banche dati italiane IFFI e ED30, i poligoni grigi tratteggiati in ET-C derivano invece dal database austriaco VIOLA e rappresentano i distretti o i comuni in cui sono stati registrati i danni. La griglia sullo sfondo mostra i totali delle precipitazioni dal 27 al 31 ottobre per l'evento Vaia estratti dal dataset SPARTACUS. La somma delle precipitazioni su 5 giorni ha superato i 200 mm in vaste aree delle regioni target, con picchi fino a 475 mm nelle zone meridionali della Carinzia. La maggior parte dei danni è stata registrata nelle aree con i totali di precipitazione più elevati.

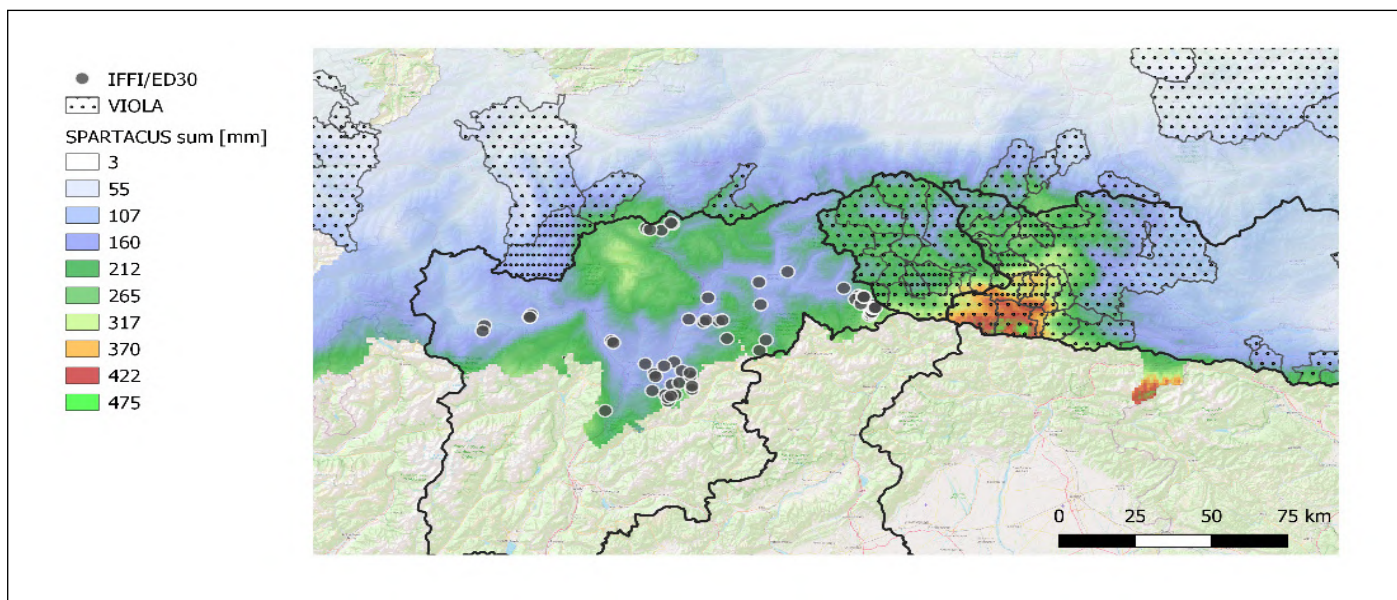


Fig. 1: Eventi di danno registrati e somma delle precipitazioni durante la tempesta Vaia (27-31 ottobre 2018, Fonte: GEOSPHERE)

## Tipi di tempo associati agli eventi estremi passati

I tipi di tempo GWT (Gross-Wetter-Types) descrivono 8 strutture atmosferiche cicloniche (dal n. 1 al n. 8) e 8 anticicloniche (dal n. 9 al n. 18). Il primo gruppo è legato ai sistemi di bassa pressione che interessano l'Europa centrale, mentre il secondo è caratterizzato da sistemi di alta pressione. Nella Figura 2 sono riportati i tipi di tempo GWT associati agli eventi estremi selezionati in base alla metodologia illustrata in precedenza (Tabella 1). Tutti gli eventi estremi risultano legati a tipi di tempo ciclonici e, in particolare, la maggior parte di essi sono associati ai GWT 2, 7 e 8, che sono accomunati da caratteristiche atmosferiche simili. Anche la tempesta Vaia rientra in questo sottogruppo di GWT. La Figura 3 mostra il campo medio delle anomalie di pressione a livello del mare per i giorni associati a GWT 8. L'Europa centrale è dominata da un sistema di bassa pressione sulle isole britanniche, che raggiunge la Francia, e da un sistema di alta pressione di blocco sull'Europa nord-orientale. La direzione del flusso risultante può causare forti precipitazioni nelle Alpi meridionali ed è quindi una caratteristica importante per l'analisi transfrontaliera Austria-Italia di eventi meteorologici pericolosi. I GWT 2 e 7 (non mostrati) sono tipi di tempo con una diversa posizione ed estensione dei sistemi di bassa e alta pressione, ma con strutture di flusso risultanti comparabili per la regione di riferimento. Pertanto, tutti questi tre tipi di tempo GWT risultano particolarmente rilevanti per la caratterizzazione degli eventi meteorologici estremi che interessano la regione transfrontaliera Austria-Italia.

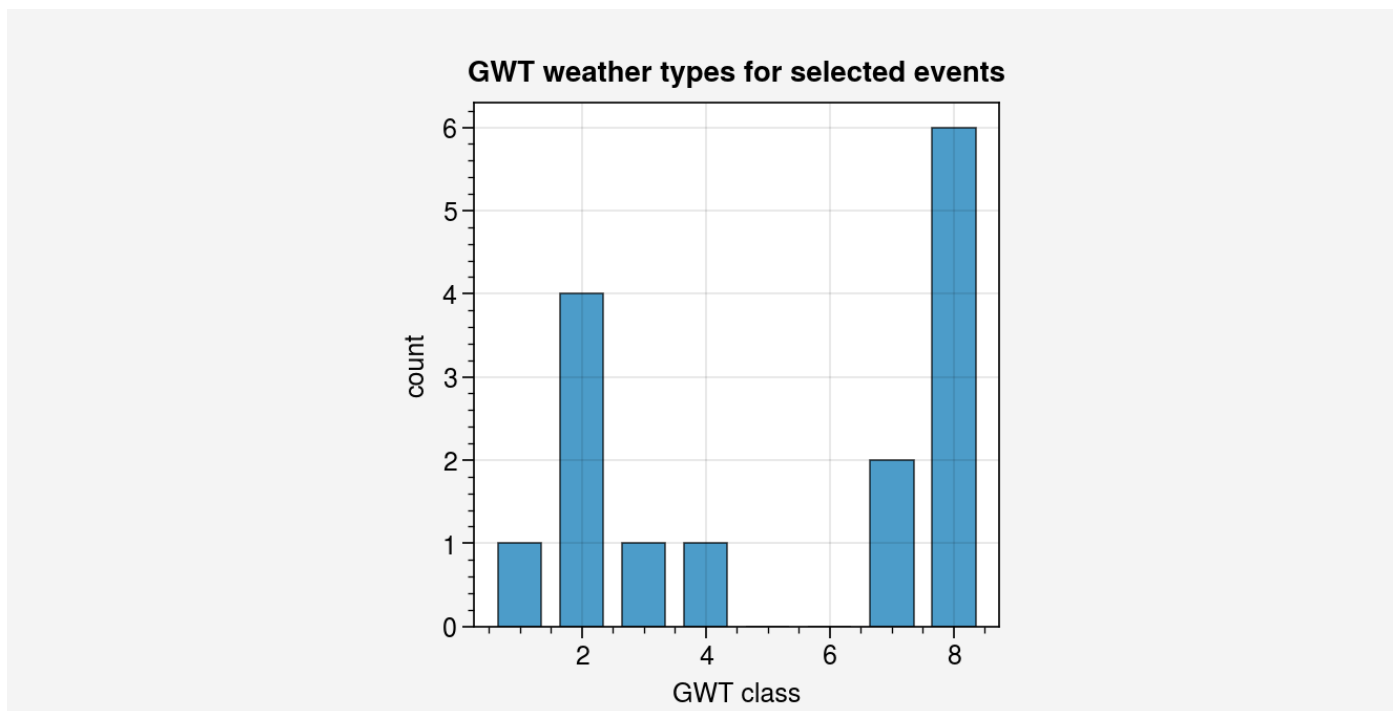


Fig. 2: Istogramma dei tipi di tempo GWT per gli eventi estremi elencati in Tab. 1.

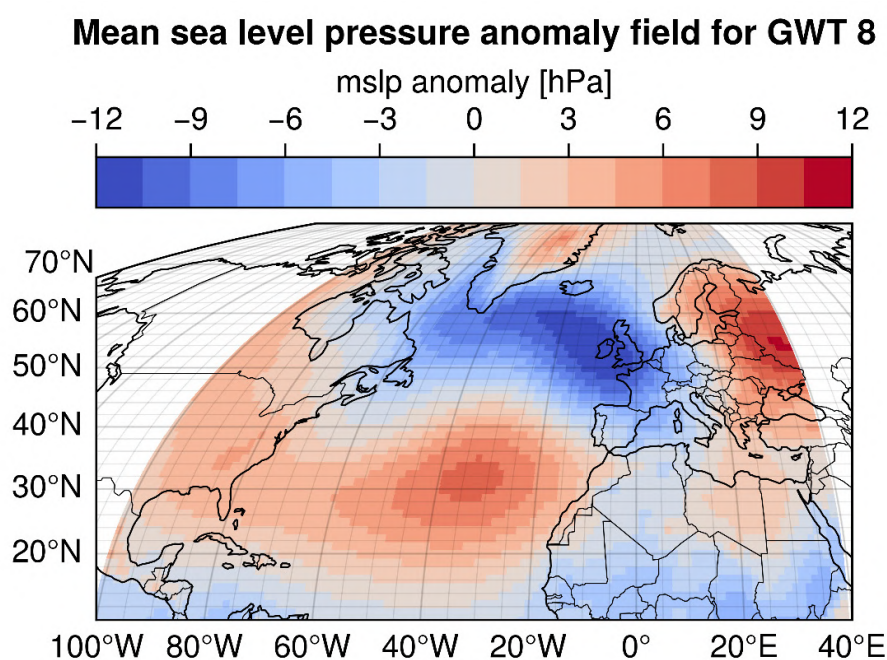


Fig. 3: Campo medio delle anomalie di pressione a livello del mare per i giorni associati a GWT 8 (dati: ERA5).

## Hazard Trigger Patterns – andamenti di precipitazione caratteristici

Gli HTP descrivono lo sviluppo temporale delle precipitazioni che precedono gli eventi di danno sulla base dei dati osservativi disponibili. Nella Figura 4 (pannello c) è mostrato un esempio di HTP per gli eventi alluvionali della stagione estiva per il Tirolo orientale e la Carinzia. La prima funzione ortogonale empirica (EOF), che ha una varianza spiegata del 24%, riporta una sequenza meteorologica caratterizzata da precipitazioni consistenti una settimana prima dell'evento e da precipitazioni particolarmente concentrate il giorno dell'evento e nei 2 giorni precedenti. La seconda EOF, con una varianza spiegata del 20%, presenta una caratteristica diversa e mette in evidenza il contributo degli apporti precipitativi intermedi e a breve termine (1-3 e 5-6 giorni prima). Infine, la terza EOF, con una varianza spiegata del 15,5%, rappresenta prevalentemente i contributi precipitativi intermedi, 5-6 giorni prima, e, con un segnale più limitato ma ben evidente, la pre-

cipitazione nel giorno stesso dell'evento. L'applicabilità degli HTP risultanti è stata valutata mediante una validazione incrociata in cui gli andamenti di precipitazione per ogni evento di danno sono stati estratti dal campione, ricostruiti mediante le EOF e confrontati con quelli osservati. I risultati della validazione hanno indicato che le EOF contengono un segnale consistente e sono utili per studiare l'evoluzione temporale delle precipitazioni che precedono gli eventi in cui si verificano danni. In conclusione, gli HTP evidenziano l'importanza dei contributi precipitativi, a breve termine e fino a una settimana prima, per l'innescio di eventi meteorologici pericolosi.

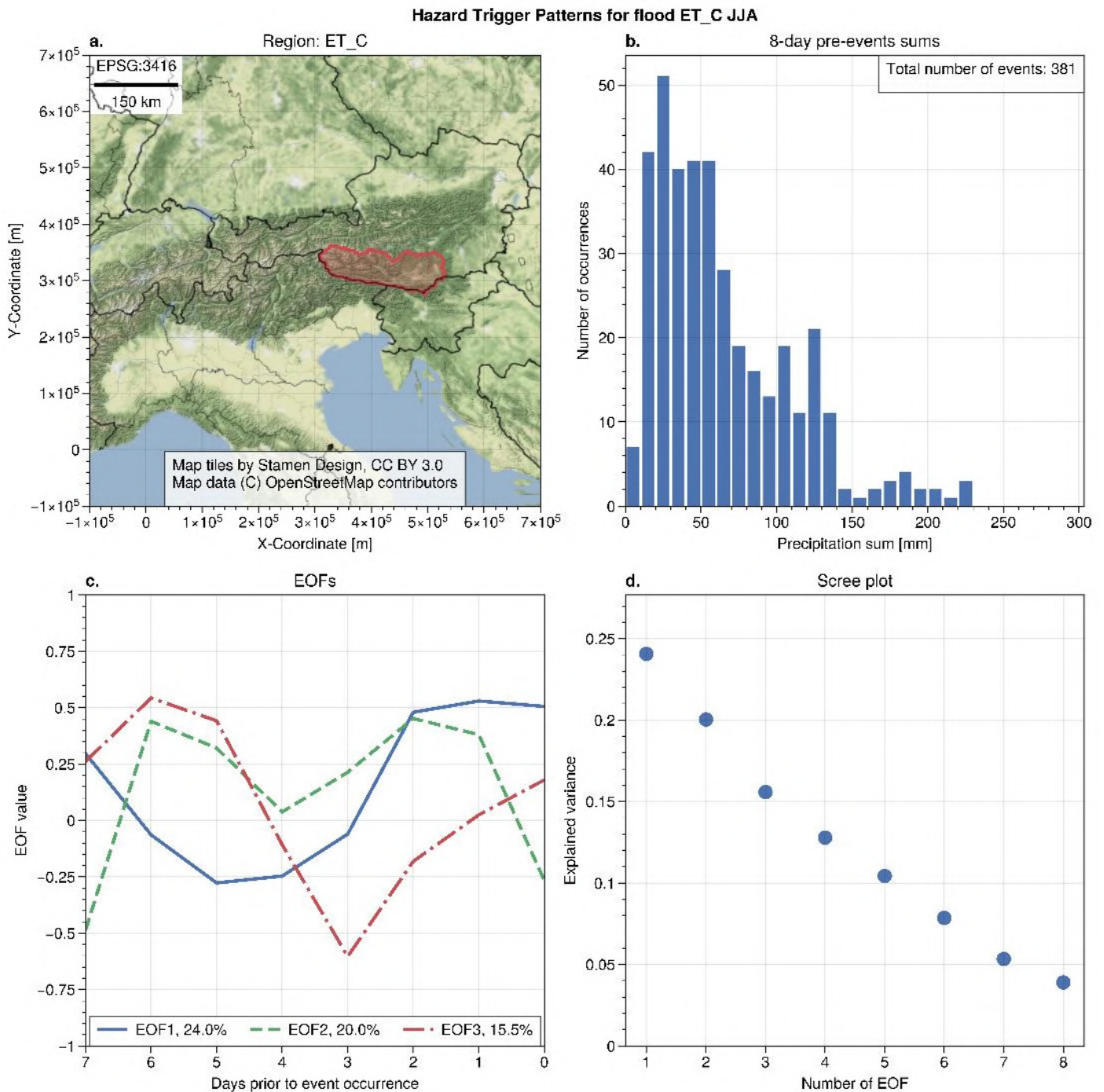


Fig. 4: Hazard Trigger Patterns per gli eventi di danno relativi alle alluvioni in Tirolo orientale e Carinzia. I pannelli riportano in a) la regione di interesse (area in rosso), in b) l'istogramma dei totali di precipitazione negli otto giorni precedenti l'evento, in c) i primi tre EOFs che mostrano le sequenze meteorologiche precedenti l'evento, e in d) la varianza spiegata dai singoli EOFs.

## Sintesi

Lo studio ha dimostrato che i metodi statistici basati sui percentili sono semplici e coerenti nell'identificazione degli eventi estremi in tutta la regione transfrontaliera, forniscono risultati in accordo con i dati di

danno registrati e sono dunque adatti a supportare l'analisi degli impatti climatici. A titolo di esempio, il testo qui proposto si è concentrato sulle condizioni meteorologiche e sui danni registrati durante la tempesta Vaia. Lo studio ha inoltre identificato i tipi di tempo più rilevanti, basati sulla classificazione dei tipi di tempo GWT, per la regione di studio e li ha associati agli eventi estremi analizzati. I tipi di tempo possono anche essere utilizzati per l'analisi dei cambiamenti climatici su larga scala, come mostrato nel deliverable D2.3 dove sono stati utilizzati per valutare i cambiamenti previsti in base a diversi scenari futuri di cambiamento climatico. Infine, sono stati ricavati gli Hazard Trigger Patterns per descrivere gli andamenti temporali delle precipitazioni su scala locale che meglio identificano le condizioni meteorologiche che precedono gli eventi di danno. La validazione degli HTP ha confermato la loro adeguatezza per lo studio del segnale temporale delle precipitazioni nei giorni che precedono eventi di danno e per l'integrazione in modelli di impatto climatico.

# Cambiamenti climatici futuri per eventi meteorologici ad alto impatto nella regione transfrontaliera alpina

Sebastian Lehner, Katharina Enigl, Klaus Hasslinger (Geosphere Austria)

Gli eventi meteorologici estremi e i relativi rischi naturali sono sempre stati una grande minaccia per le persone in tutto il mondo. Ormai è opinione comune che il cambiamento climatico sia accompagnato da un aumento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi (IPCC, 2021; Feyen, 2012). Di conseguenza, questo andamento comporta una crescita degli eventi associati ai pericoli naturali (EEA, 2016). Ciò rappresenta una sfida importante per i coordinatori della protezione civile, che necessitano di una metodologia integrata di valutazione multirischio del fenomeno della tempesta e di poter prevedere il suo impatto rispetto alle loro necessità.

In un contesto climatologico abbiamo bisogno di classificare i tipi di circolazione atmosferica ad alto impatto in modo tale che consenta solide valutazioni statistiche nel tempo. Pertanto, le informazioni rilevanti devono essere ricavate dal passato e proiettate in base a diversi scenari climatici, in modo da rendere fattibile una valutazione del cambiamento climatico. Le condizioni meteorologiche contengono informazioni rilevanti su larga scala riguardanti la situazione meteo di un dato giorno e consentono quindi una caratterizzazione meteorologica e statistica dei fenomeni su larga scala che possono portare a fenomeni meteorologici regionali ad alto impatto o a eventi meteorologici estremi. Applichiamo la classificazione dei tipi di circolazione atmosferica GWT (Beck et al. 2007) per assegnare a ogni giorno una delle 18 classi di situazioni meteorologiche per i dati storici e le proiezioni climatiche, il che consente di determinare i futuri cambiamenti nella frequenza dei tipi di circolazione atmosferica e i cambiamenti di intensità in termini di precipitazioni medie regionali per la regione transfrontaliera di Austria e Italia.

## Dati e metodi

Per calcolare i cambiamenti del potenziale sviluppo futuro, è necessario un riferimento storico. Utilizziamo i dati storici dei modelli di circolazione globale (GCM) tratti dall'archivio CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), per determinare la frequenza di riferimento e l'intensità delle precipitazioni associate nella regione considerata, per tutti i tipi di circolazione atmosferica. I campi di pressione a livello del mare in rete sull'Europa e sull'Oceano Atlantico sono utilizzati e inseriti nel software di classificazione dei tipi di tempo COST733 (Philipp et al., 2014) per calcolare la cosiddetta classe "Gross-Wetter-Typen" (GWT) per ogni giorno. Il totale delle precipitazioni è stato ricavato da GCM e rimodulati come media dell'area nella regione transfrontaliera di Austria e Italia. Il periodo di 30 anni dal 1961 al 1990 serve come riferimento storico per determinare i cambiamenti futuri.

I dati climatici futuri sono stati ricavati dal CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) e seguono la categorizzazione in SSP (Shared Socioeconomic Pathways). I quattro scenari principali del CMIP6 sono: SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5. In questo studio sono stati considerati i due scenari SSP1-2.6 e SSP3-7.0, che rappresentano rispettivamente uno scenario favorevole al clima e uno ad alta intensità di combustibili fossili. La prima cifra rappresenta lo scenario socio-economico (SSP1 per la sostenibilità, SSP2 per il percorso "in mezzo alla strada", SSP3 per le rivalità regionali, SSP5 per lo sviluppo fossile) e le ultime due cifre rappresentano l'RCP ("Representative Concentration Pathway") considerato, indicando il forcing radiativo in  $W/m^2$ . Un confronto tra gli scenari SSP e gli scenari RCP noti da CMIP5 si trova nel Deliverable 2.4 e fa riferimento a Riahi et al. (2016). In questo studio utilizziamo i suddetti scenari SSP (SSP1-2.6, SSP3-7.0) che coprono una gamma plausibile di potenziali sviluppi futuri.

Ai fini della classificazione del tipo di tempo consideriamo solo il parametro "pressione media al livello del mare" per un sottoinsieme di corse GCM controllate qualitativamente. Un elenco dettagliato dei 13 modelli utilizzati si trova nella tabella 1 del deliverable D2.3. Per l'intensità delle precipitazioni corrispondenti, le medie areali sulla regione transfrontaliera dell'Austria e dell'Italia sono calcolate dai dati GCM ridimensionati degli stessi modelli.

Per determinare i cambiamenti nella frequenza dei tipi di tempo calcolati, valutiamo il loro verificarsi in due diversi periodi di tempo futuri. Consideriamo quindi un ensemble di dati CMIP6, che comprende i percorsi socio-economici sopra menzionati, SSP1-2.6 e SSP3-7.0. Il primo periodo di tempo si riferisce al cosiddetto "futuro prossimo", che va dal 2036 al 2065, mentre il secondo periodo di tempo, il "futuro lontano", va dal 2071 al 2100. Le variazioni di frequenza sono rappresentate come variazioni percentuali rispetto alla frequenza nel periodo storico dei GCM dal 1961 al 1990.

Per valutare i cambiamenti di intensità, determiniamo la variazione di diverse metriche di precipitazione calcolate per i giorni corrispondenti a specifici tipi di tempo. In entrambi i casi, la linea di base è stata determinata dalle simulazioni storiche dei GCM e da un periodo di riferimento dal 1961 al 1990. I cambiamenti sono stati calcolati per entrambi gli scenari SSP1-2.6 e SSP3-7.0 e sia per il "futuro prossimo" che per quello "lontano".

Valutiamo i cambiamenti di intensità corrispondenti ai diversi tipi di circolazione atmosferica ricavando i valori totali di precipitazione per i giorni in cui hanno prevalso le rispettive condizioni meteorologiche. Successivamente, viene calcolata e valutata la media nel tempo e nello spazio per un determinato sottoinsieme di giorni corrispondenti a una specifica condizione meteorologica. I cambiamenti dell'ensemble di GCM vengono poi analizzati nuovamente nel contesto dei due scenari e periodi temporali già delineati.

## Cambiamenti dei tipi di tempo in base a diverse proiezioni climatiche

### Variazioni di frequenza

La Figura 1 mostra i risultati dei cambiamenti di frequenza per entrambi gli scenari analizzati nel "futuro lontano". I risultati per SSP1-2.6 rivelano che circa la metà delle 18 classi meteorologiche GWT subisce un cambiamento insignificante rispetto alla variabilità dell'insieme dei GCM. Complessivamente, i risultati presentano tendenze comparabili per entrambi gli scenari, ma soprattutto nel "futuro lontano" sono visibili cambiamenti più pronunciati per lo scenario SSP3-7.0.

Soprattutto il tipo di meteo ad alto impatto GWT 7 che ha prevalso durante l'evento VAIA nell'ottobre 2018 (si veda il capitolo 1.1 per ulteriori dettagli) mostra un sostanziale aumento della frequenza nel "futuro lontano" di circa il 10 e il 20% per la media dell'ensemble di SSP1-2.6 e SSP3-7.0, rispettivamente. Nel complesso, i modelli considerati concordano non solo sulla direzione del cambiamento, ma mostrano un aumento significativo per tutti e tre i tipi di tempo critici (GWT 2, 7, 8; si veda D2.3 per i dettagli) con entità diverse. I cambiamenti previsti per tutti i GWT presentano un elevato accordo di ensemble in generale, indicando la solidità della direzione e della sicurezza dei cambiamenti.

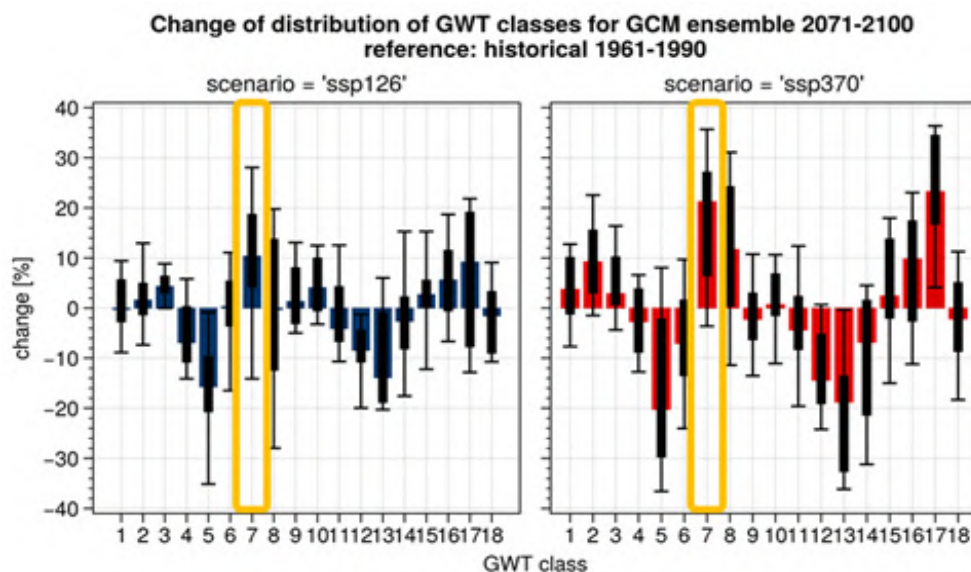


Fig. 1: Cambiamenti di frequenza per tutti i 18 tipi di tempo del GWT nel "futuro lontano" - 2071-2100. Il lato sinistro si riferisce allo scenario "rispettoso del clima" SSP1-2.6, mentre il lato destro rappresenta i risultati dello scenario "ad alta intensità di combustibili fossili" SSP3-7.0. Le caselle gialle indicano la VAIA associata al tipo di tempo GWT 7.

## Variazioni di intensità

I risultati per il "futuro prossimo" (non mostrati, si veda D2.3) mostrano che i tipi di circolazione atmosferica ad alto impatto (GWT 2, 7, 8) producono lievi aumenti nelle quantità di precipitazione di circa il 2-10% rispetto alla media dell'ensemble per entrambi gli scenari. La Figura 2 illustra le variazioni di intensità per tutti i 18 tipi di circolazione atmosferica per il "futuro lontano" rispetto alla media delle precipitazioni sulla regione di riferimento. I cambiamenti risultanti sono diversi a seconda del tipo di tempo. Le precipitazioni medie mostrano cambiamenti inconcludenti per i GWT 2 e 8, ma per il GWT 7 aumentano di circa il 4 e l'11%, rispettivamente per SSP1-2.6 e SSP3-7.0. Inoltre, soprattutto per il GWT 7, le precipitazioni medie sono aumentate di circa il 5%. Inoltre, soprattutto per il GWT 7, l'accordo tra gli ensemble è elevato e quindi fornisce un'alta fiducia nella direzione del cambiamento.

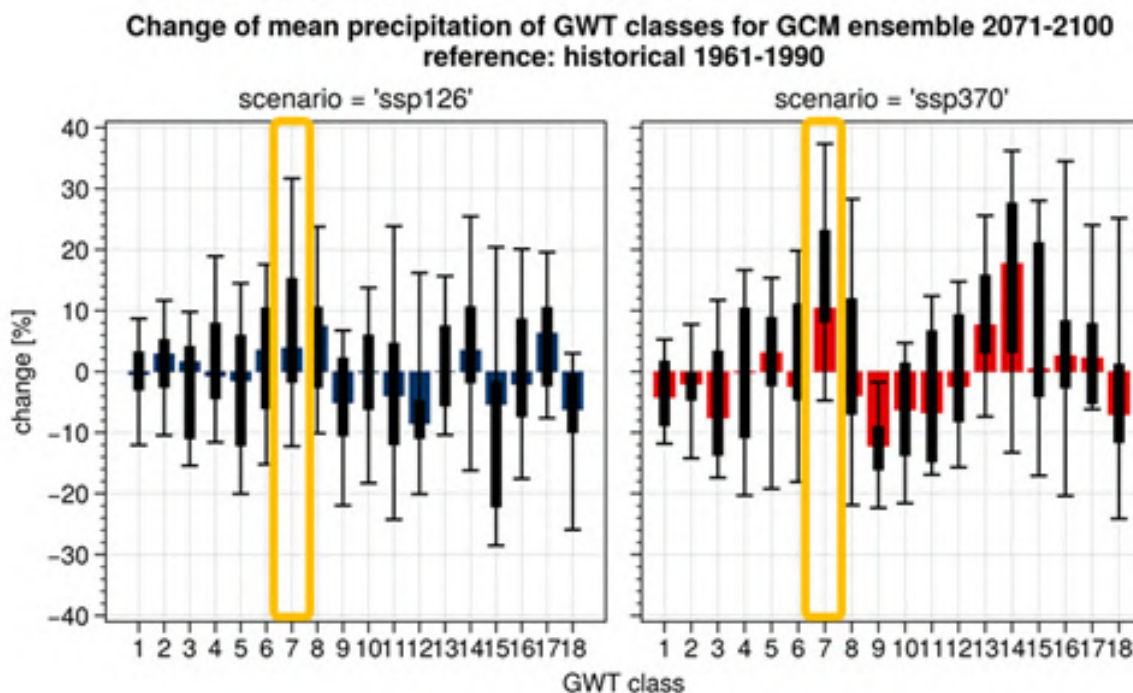


Fig. 2: Cambiamenti di intensità per tutti i 18 tipi di tempo del GWT nel "futuro lontano" - 2071-2100. La parte sinistra si riferisce allo scenario "climate-friendly" SSP1-2.6, mentre la parte destra rappresenta i risultati dello scenario "carbon-fuel-intensive" SSP3-7.0. I riquadri gialli indicano la VAIA associata al tipo di tempo GWT 7.

## Sintesi e raccomandazioni

I cambiamenti previsti sono eterogenei tra gli scenari e i tipi di circolazione atmosferica sia per la frequenza che per l'intensità. Ma un sottoinsieme di tipologie di fenomeni meteorologici ad alto impatto mostra aumenti sostanziali nella frequenza e nell'intensità. In particolare, il tipo di tempo associato a VAIA (GWT 7) mostra aumenti significativi della frequenza e dell'intensità con un elevato accordo collettivo e quindi un'alta attendibilità. I potenziali rischi derivanti dall'aumento o dall'intensificazione delle tempeste devono quindi essere presi in considerazione per la gestione del rischio e per il coordinamento della protezione civile. Inoltre, i cambiamenti sono più drastici, con l'aumento del riscaldamento globale, il che evidenzia l'importanza delle strategie di protezione dai cambiamenti climatici.



## Analisi dell'esposizione e della vulnerabilità con i dati e le applicazioni esistenti nelle regioni pilota

Piero Campalani, Kathrin Renner, Massimiliano Pittore (EURAC Research), Fabrizio Tagliavini, Roberta Dainese, Gianni Marigo (ARPA Veneto)

L'esposizione e la vulnerabilità sono due componenti fondamentali nella valutazione del rischio. L'esposizione si riferisce a tutte le persone, i beni (ad esempio, gli edifici), i sistemi (ad esempio, le infrastrutture di trasporto) e le funzioni che sono esposti a uno o più pericoli. La vulnerabilità si riferisce al grado di suscettibilità dei beni esposti a essere danneggiati e, in generale, ad altre condizioni istituzionali o ambientali che possono amplificare ulteriormente la gravità del rischio complessivo. È stata raccolta un'ampia gamma di informazioni sull'esposizione provenienti dalle regioni dell'Alto Adige, della Valle dell'Agordino (IT) e del Tirolo Orientale (AT), che sono state aggregate in un quadro spaziale comune, rappresentato da una tassellatura regolare di esagoni con una risoluzione di 250 metri. Questa risoluzione è stata scelta come minimo comune denominatore spaziale adatto a riunire i vari set di dati in un quadro comune armonizzato. Una risoluzione spaziale di 250m consente di ridurre l'elevata complessità di un'analisi su scala regionale, preservando al contempo un'aggregazione sufficientemente ampia, evitando così problemi di privacy su asset sensibili come la posizione della popolazione. Gli esagoni, rispetto ai quadrati solitamente utilizzati, consentono una rappresentazione più ricca della connettività tra le località (o "celle") grazie al maggior numero di vicini adiacenti (6 invece di 4). Il modello di esposizione sviluppato in TRANS-ALP consente di visualizzare non solo le attività di esposizione tangibili, ma anche i flussi (ad esempio, di persone o veicoli) e la loro distribuzione spaziale in un quadro geo-spaziale semplice e coerente, alla base di una valutazione del rischio più realistica a livello regionale.

La Tabella 1 presenta l'elenco completo e dettagliato dei beni considerati nel modello di esposizione. Oltre agli edifici, alla popolazione e alle infrastrutture stradali, sono stati raccolti diversi set di dati aggiuntivi: ad esempio, siti sanitari, strutture scolastiche, strutture turistiche, foreste di protezione, superfici impermeabilizzate e aree boschive (la Figura 2 mostra due mappe di esempio). Il processo di armonizzazione dei dati tra i confini regionali e nazionali è stato semplice. I dati patrimoniali non disponibili da fonti ufficiali sono stati raccolti da set di dati globali. È stata necessaria una pre-elaborazione dei dati per rappresentare la popolazione ad alta risoluzione spaziale per il Tirolo Orientale e l'Agordino. I dati ad altissima risoluzione sulla popolazione residente erano prontamente disponibili a livello di indirizzo presso le autorità della Provincia Autonoma di Bolzano. Per l'Agordino e il Tirolo Orientale sono state create distribuzioni grigliate della popolazione disaggregando i dati più recenti sulla popolazione per comune alle località degli edifici utilizzando lo strumento GHS-POP2G, disponibile gratuitamente. Per la Provincia Autonoma di Bolzano sono disponibili i dati sugli spostamenti delle persone dai luoghi di residenza a quelli di lavoro - "Commuter Flow" nella tabella - per un totale di circa 260'000 spostamenti da punto a punto, pari a circa la metà delle persone residenti in Alto Adige (512'000 ca).

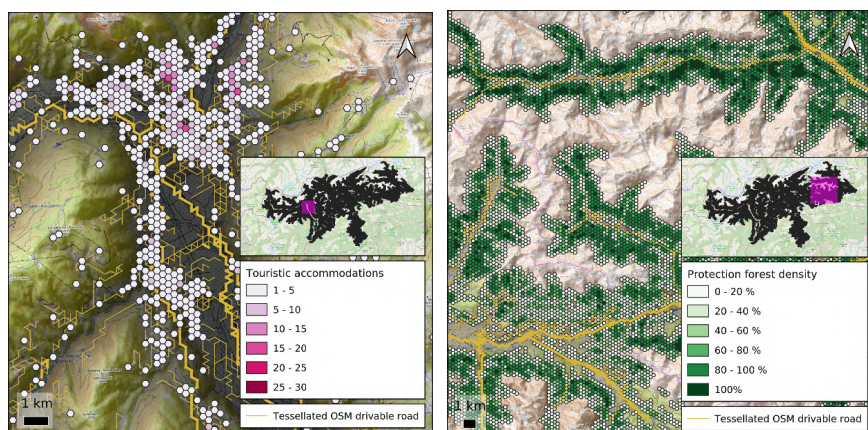


Fig. 1: Due esempi di dati di esposizione transnazionale dopo essere stati aggregati sulla tassellatura esagonale a 250m di risoluzione: numero di strutture ricettive turistiche a sinistra e densità di foreste protette a destra.

| #  | Name                              | Description   | Unit           | Source  |
|----|-----------------------------------|---|----------------|---|
| 01 | <b>Buildings</b>                  | Number of buildings   | -              | OpenStreetMap, 2021; Veneto regional administration, 2022; Tyrol regional administration, 2003                              |
| 02 | <b>Buildings</b>                  | Area covered by buildings                                       | m <sup>2</sup> | OpenStreetMap, 2021; Veneto regional, 2022; Tyrol regional administration, 2003   |
| 03 | <b>Population</b>                 | Number of people  | -              | Autonomous Province of Bolzano, 2022, Italian National Statistical Office, 2021; Austrian National Statistical Office, 2019 |
| 04 | <b>Hospitals</b>                  | Number of health facilities                                     | -              | Autonomous Province of Bolzano, 2022; OpenStreetMap, 2022   |
| 05 | <b>Schools</b>                    | Number of education facilities                                  | -              | Autonomous Province of Bolzano, 2022; OpenStreetMap, 2022; Tyrol regional administration, 2021                              |
| 06 | <b>Tourist accommodations</b>     | Number of hotels and guesthouses                                | -              | Autonomous Province of Bolzano, 2022; OpenStreetMap, 2022   |
| 07 | <b>Protection forest</b>          | Proportion of the cell covered by protection forest             | %              | Autonomous Province of Bolzano, 2013; Veneto regional administration, 2009; Tyrol regional administration, 2021             |
| 08 | <b>Artificial surface density</b> | area density of artificial surfaces                             | 1              | CORINE Landcover 2018   |
| 09 | <b>Forest surface density</b>     | area density of forest and semi-natural areas                   | 1              | CORINE Landcover 2018   |
| 10 | <b>Main roads</b>                 | Length of main roads (motorways, primary)                       | m              | OpenStreetMap, 2022   |
| 11 | <b>Other roads</b>                | Length of roads not included in #10 (secondary, tertiary, etc.) | m              | OpenStreetMap, 2022   |
| 12 | <b>Commuter flow</b>              | Daily flow of residents from home to work                       | -              | Autonomous Province of Bolzano, 2019  |

Tab. 1: L'elenco dei dataset di esposizione che sono stati aggregati sulla tassellatura esagonale comune a 250m di risoluzione sull'area di studio transfrontaliera che comprende l'Alto Adige (IT), l'Agordino (Veneto, IT) e il Tirolo orientale (AU).

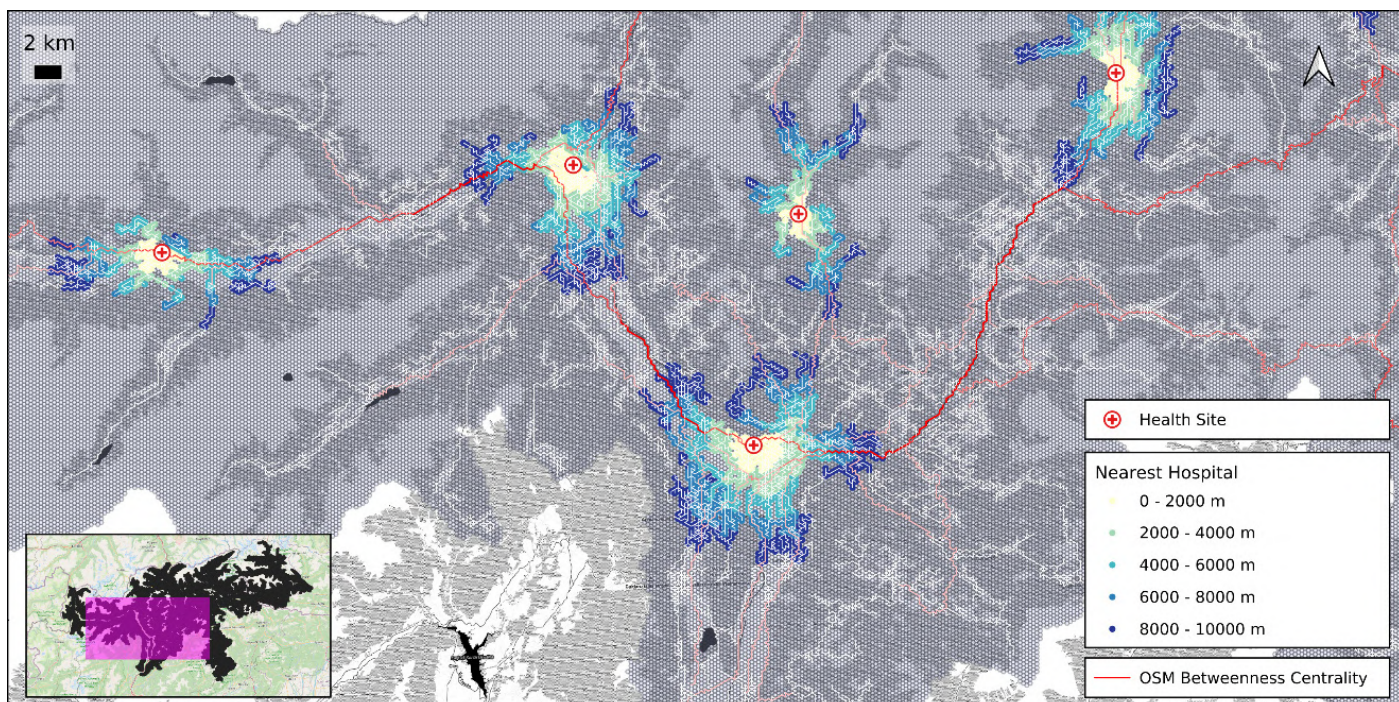


Fig. 2: Dall'esposizione alla vulnerabilità: visualizzazione congiunta della distanza stradale dalla struttura sanitaria più vicina (fino a 10 km) e della criticità topologica delle strade - "betweenness centrality" - sulla tassellatura esagonale a 250m di risoluzione. Più un tratto di strada è rosso scuro, più è critico, cioè importante per l'accessibilità dell'ospedale più vicino.

## Sintesi e raccomandazioni

In TRANS-ALP è stato sviluppato un innovativo modello di esposizione aggregata, esemplificato in una regione transfrontaliera tra Italia e Austria. Il modello è stato progettato specificamente per applicazioni di analisi del rischio multirischio ed è in grado di combinare efficacemente diverse fonti di informazione in un quadro comune coerente (sia attribuito alle celle dell'esagono che alla doppia rete di collegamenti dei centroidi), andando così oltre un contenitore statico di dati verso uno strumento dinamico e interattivo di rischio e vulnerabilità. La Figura 2 esemplifica come la visualizzazione della distanza dall'ospedale più vicino, insieme ai punti critici della rete stradale, possa aiutare a identificare le aree ad alta vulnerabilità potenziale per la popolazione: le aree vicine alle strade rosso scuro nella figura hanno meno probabilità di fornire percorsi alternativi in caso di interruzione e, combinate con grandi distanze dai siti sanitari, identificano i settori vulnerabili del territorio. Questi modelli non dovrebbero sostituire le informazioni ad alta risoluzione (ad esempio, edificio per edificio), che sono ancora molto importanti per le applicazioni localizzate di protezione civile. D'altra parte, l'uso di modelli efficienti, aggregati e armonizzati, definiti su tassellature regolari o irregolari, può fornire un quadro efficiente per effettuare analisi quantitative del rischio e previsioni di impatto basate su scenari specifici o su condizioni simulate, fornendo quindi un utile supporto alla progettazione e al miglioramento delle applicazioni di valutazione del rischio e di allarme.

# Pericoli E Rischi A Cascata Transfrontalieri

Fabrizio Tagliavini, Roberta Dainese (ARPA Veneto), Matthias Plörer, Michaela Teich (BFW)

## Effetti a cascata negli eventi intensi alpini

I cambiamenti nella copertura del suolo legati a eventi meteorologici intensi possono aumentare la suscettibilità al rischio (Kaltenböck et al. 2019). In particolare, gli effetti a cascata possono portare a un'amplificazione dei pericoli (Pöpll & Sass 2019) nella forma di eventi accoppiati, i.e. verificarsi di combinazioni di eventi simultanee, come la caduta di massi dovuta allo schianto di alberature durante una tempesta, o concatenazioni di eventi dove un evento cambia la predisposizione per ulteriori pericoli, i.e. più alta probabilità di valanghe a seguito della perdita di una superficie boschiva (Fig. 1).

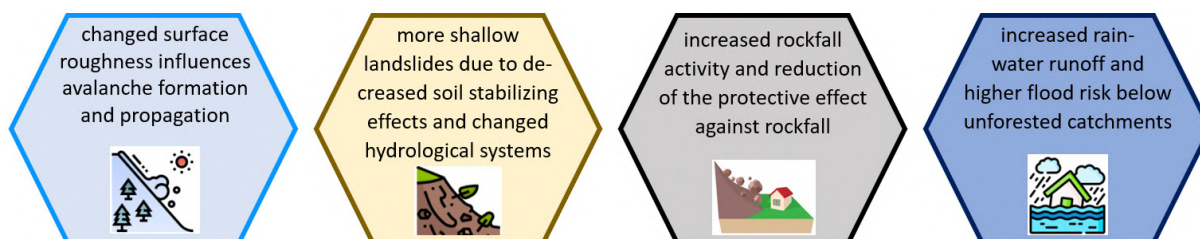


Fig. 1: I più important effetti a cascata legati alle tempeste

## Sintesi e raccomandazioni

Per migliorare l'identificazione e mappatura di potenziali effetti a cascata transfrontalieri legati al cambio di copertura del suolo a seguito di eventi intensi, sono stati identificati 6 passaggi (Fig. 2).

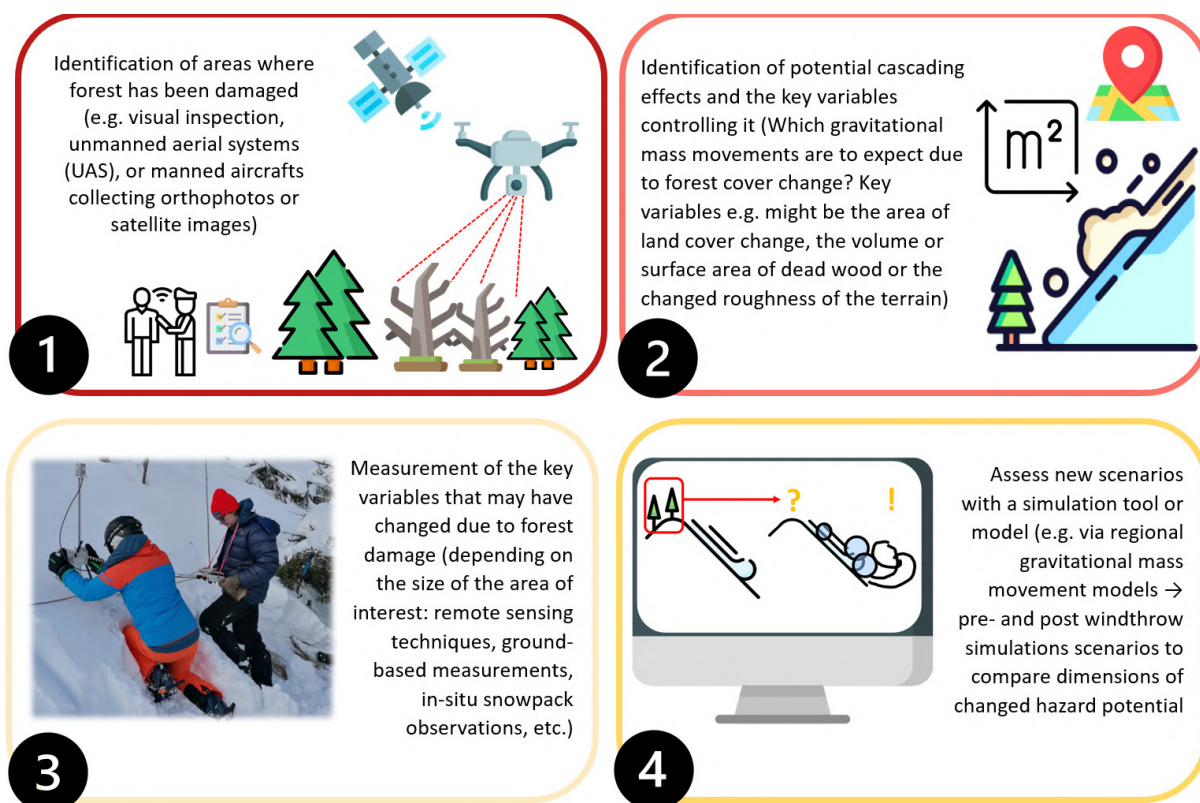




Fig.2: 6 passaggi per identificare, mappare e valutare l'impatto di effetti a cascata legati a eventi meteo intensi

Nel progetto TRANS-ALP, gli sforzi si sono concentrati nel determinare un processo di lavoro ottimale per scopi di protezione civile per la definizione del pericolo e rischio valanghivo. Il punto preliminare è stato definire le ragioni per cui uno studio specifico si dimostri necessario. Gli effetti della distruzione della superficie boschiva a seguito di eventi intensi sul rischio valanghivo sono quindi stati studiati per i due siti pilota del progetto TRANS-ALP (Tirolo orientale e Valle del Cordevole in provincial di Belluno, Italia). I due siti sono stati scelti in quanto simili in termini di morfologia ed estensione del danno al patrimonio boschivo causato dalla tempesta VAIA. Tuttavia, gli obiettivi per i due siti discostavano. Nel caso del Tirolo Orientale, lo scopo era identificare le variabili chiave da analizzare nelle zone soggette a schianti, così da meglio comprendere lo sviluppo della stratificazione nel manto nevoso; nella valle del Cordevole è stata invece sviluppata una metodologia in ambiente GIS per velocizzare la creazione di piani di protezione civile per mitigare il rischio valanghivo. Pur avendo obiettivi differenti, il processo in entrambi i casi è iniziato dalla valutazione del pericolo valanghivo e del rischio correlate, divergendo poi nelle conclusioni. Dovrebbe essere evidenziato che obiettivi differenti richiedono tempistiche differenti: la comprensione degli elementi che determinano la stabilità del manto nevoso nelle aree soggette a schianti può essere utilizzato in processi che richiedono tempo, mentre è fondamentale che per scope di protezione civile vengano applicate procedure che permettano di pianificare le misure di mitigazione in modo tempestivo prima della stagione invernale. I successive paragrafi presentano una metodologia utilizzata per la valle del Cordevole e una tabella di confronto con la metodologia utilizzata nel Tirolo orientale, sottolineando i punti di accordo e le differenze, ma soprattutto per fissare un punto di partenza per un ulteriore sviluppo che prenda ispirazione da entrambi per una possibile integrazione e armonizzazione per future applicazioni.

# Linee guida metodologiche per la comunicazione della previsione degli effetti al suolo

Roberta Dainese, Fabrizio Tagliavini (ARPA Veneto)

La riduzione del rischio associato ad eventi intensi- e ai possibili effetti al suolo conseguenti –è solitamente raggiunta tramite strategie differenti, come ad esempio l'implementazione di azioni che puntano a mitigare o ridurre danni e perdite, come un'accurata progettazione territoriale sul lungo periodo, la creazione di appropriate opere di difesa, o lo sviluppo di piani di protezione civile per ridurre la vulnerabilità. La localizzazione del rischio, dei pericoli e delle vulnerabilità è preliminare a qualunque tipo di azione, diventa così fondamentale la corretta rappresentazione grafica di tali informazioni. La realizzazione di mappe è affidata ad esperti per poter comunicare in modo accurato ed efficiente le caratteristiche del pericolo in questione. L'uso di mappe permette una rapida visualizzazione sull'intero territorio, trasmette informazioni in modo solitamente più veloce che il mero messaggio testuale o numerico, e aiuta il cittadino ad identificare la sua area di interesse. Mappe multi-rischio possono essere utilizzate a supporto della pianificazione –per minimizzare la vulnerabilità e ottimizzare l'uso di investimenti e risorse ( come per il caso del report prodotto dalla World Bank , Figura 1. a) –o per raccogliere informazioni su fenomeni recenti e creare un database di eventi, da utilizzare come punto di partenza per studi successivi –come nel caso delle piattaforme a scala globale **GDACS** o **Disaster Alert** (Figura 1. b)– o per comunicare alla popolazione l'evolversi di una situazione critica.

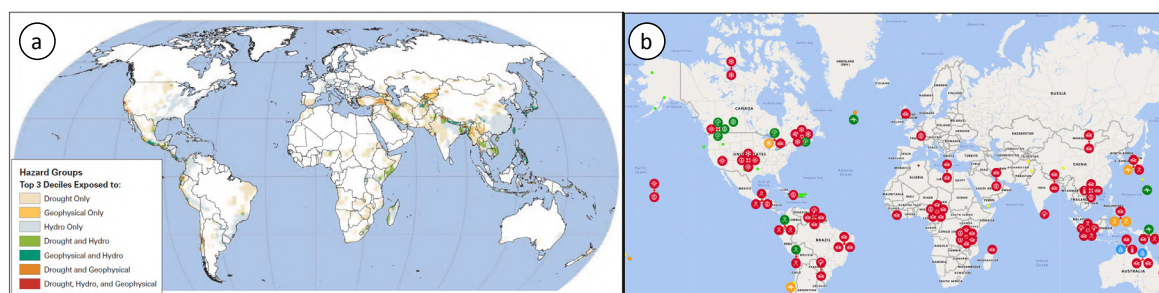


Fig. 1 a) Hotspot di disastri naturali, un report della World Bank: distribuzione globale di aree esposte a uno o più pericoli, per tipologia di evento. b) pagina degli eventi attuali, estratto da Disaster Alert

Quest'ultimo gruppo di mappe ha lo scopo di: i) dare informazioni sulle zone ed infrastrutture potenzialmente a rischio, la severità dell'evento e potenziali effetti al suolo; ii) raccomandare comportamenti o regole di sicurezza legate alla zona di interesse dell'utente; iii) indicare gli enti di riferimento e i servizi di supporto presenti in zona. La previsione di eventi potenzialmente rischiosi necessita di aggiornamenti frequenti sulla situazione, e una previsione per le ore successive. Per scopi di protezione civile, sono solitamente emessi dei bollettini giornalieri, a cui si aggiungono aggiornamenti più frequenti in caso di situazioni di allerta. Le mappe di previsione sono solitamente prodotte a scala nazionale, essendo di solito emesse da enti nazionali, ma possono coprire anche aree più grande, o regioni più limitate. Una selezione di mappe prodotte per tali scope è riportata in Tabella 1, descrivendo i pericoli considerati e la scala spaziale e temporale.

Per far sì che risultino efficaci, le mappe devono essere pensate in modo da comunicare in modo chiaro e rapido la distribuzione geografica del pericolo: le scelte grafiche giocano quindi un ruolo essenziale nella valutazione dell'efficacia di una mappa. Gli esperti hanno sviluppato una serie di raccomandazioni per migliorare la comprensibilità delle mappe, specialmente nel caso di mappe di pericolosità legate alla Protezione Civile, analizzando i diversi elementi visivi e la loro efficacia. Come primo punto, è opinione comune che la mappa di sfondo dovrebbe aiutare il lettore ad orientarsi ed identificare chiaramente le aree a rischio, possibilmente ricalcando noti confine amministrativi, o noti punti di riferimento; in ogni caso, la **mappa di sfondo non dovrebbe mai distrarre dal messaggio principale**, rimanendo solo complementare agli eventuali elementi o regioni evidenziati. L'utilizzo di una **mappa riassuntiva**, in cui vengano riportati tutti i pericoli correnti con priorità di visualizzazione per le situazioni più severe, è spesso considerate preferibile dagli utenti, e può essere utilizzata per accedere ad ulteriori mappe sviluppate per il singolo pericolo. Il risalto visivo porta l'attenzione dell'utente sugli aspetti più importanti: nel caso di mappe multi-rischio, ciò si realizza spesso attraverso l'uso di una **scala-colore legata al grado di pericolo**. L'uso di **icone auto-esplicative** è da

preferirsi, poichè rende più rapida ed accurata la comprensione da parte degli utilizzatori. Si consiglia l'utilizzo di **4-5 classi di pericolo**, con una **scala-colore che ne rifletta possibilmente la gravità**, possibilmente omogenee per tutti i fenomeni rappresentati. Questo è il caso di quasi tutti gli esempi riportati in Tabella 1, che generalmente adottano 4-5 classi di pericolo, da verde a rosso.

Un ulteriore elemento che può avere un effetto importante sulla comprensione di una mappa è la presenza di informazioni aggiuntive in forma di testo semplice e chiaro. Le informazioni dovrebbero includere eventuali **allerte** e ulteriori informazioni sullo stato di pericolo vigente, e possibilmente **raccomandazioni sui corretti comportamenti da tenere**, il tutto descritto **in modo chiaro e conciso**.

| Piattaforma                                  | Stato            | Tipologia di pericolo                   | Scala temporale                  | Scala geografica            | Categorie di pericolo armonizzate | Classi di pericolo (incluso il verde-nessun pericolo) | Mappa riassuntiva | Allerte | Azioni suggerite |
|--|------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|-------------------|---------|------------------|
| <b>NINA</b>                                  | Germania         | Naturali, antropogenici & socionaturali | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 4   | Si                | Si      | Si               |
| <b>Natural Hazard Portal- Switzerland</b>    | Svizzera         | Naturali                                | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 5   | Si                | Si      | Si               |
| <b>Meteo Swiss</b>                           | Svizzera         | Primariamente meteo                     | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 5   | SI                | SI      | SI               |
| <b>Naturgefahren Bayern</b>                  | Germania         | Primariamente meteo                     | A breve termine e in tempo reale | Locale                      | Si                                | 5   | SI                | SI      | SI               |
| <b>GDACS</b>                                 | Internazionale   | Naturali                                | A breve termine e in tempo reale | Globale, nazionale & locale | Si                                | 3   | SI                | No      | No               |
| <b>Unwetter Zentrale</b>                     | Germania         | Meteo                                   | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 6   | Si                | Si      | No               |
| <b>KATWARN</b>                               | Germania         | Antropogenici & socio-naturali          | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 2   | Si                | Si      | No               |
| <b>Met UK weather warnings</b>               | UK               | Meteo                                   | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 4   | Si                | Si      | Si               |
| <b>Vigilance Metèo France</b>                | Francia          | Meteo                                   | A breve termine e in tempo reale | Nazionale e locale          | Si                                | 4   | Si                | Si      | Si               |
| <b>Iceland SafeTravel</b>                    | Islanda          | Naturali e meteo                        | A breve termine e in tempo reale | Nazionale                   | Si                                | 4   | Si                | Si      | Si               |
| <b>ARPA Piemonte</b>                         | Piemonte         | Naturali                                | A lungo termine e in tempo reale | Locale                      | Si                                | 4   | Si                | Si      | No               |
| <b>Protezione Civile- Warning Bulletin</b>   | Italia           | Naturali, antropogenici & socionaturali | A lungo termine e in tempo reale | Nazionale                   | Si                                | 4   | No                | Si      | Si               |
| <b>Province of Bolzano -Warning Bulletin</b> | Prov. di Bolzano | Naturali e meteo                        | A breve termine e in tempo reale | Locale                      | Si                                | 4   | Si                | Si      | No               |
| <b>GEOSPHERE (ZAMG) Warning System</b>       | Austria          | Naturali e meteo                        | A breve termine e in tempo reale | Nazionale                   | Si                                | 4   | Si                | Si      | Si               |

Tab. 1 Lista di piattaforme che supportano mappe di pericolo per scope di protezione civile.

Una piattaforma sviluppata seguendo i suggerimenti appena elencati è **Natural Hazard Portal - Switzerland**, riportata in Figura 2. È stata creata per comunicare alla popolazione l'evolversi di situazioni potenzialmente pericolose, e suggerire adeguati comportamenti da tenere. La mappa principale sintetizza la situazione attuale, in cui tutti i pericoli sono rappresentati, dando priorità di visualizzazione ai casi di maggiore gravità. La legenda è chiaramente visibile, ed è valida per tutte le tipologie di pericolo, visualizzate nella barra soprastante la mappa. Al di sotto della mappa vengono riportate le eventuali allerte (parte destra di Figura 2): vengono ordinate in ordine di gravità, con un messaggio testuale e un'icona per identificare la tipologia di pericolo e la classe. È possibile accedere ad ulteriori informazioni riguardanti il pericolo in questione e i correlate comportamenti suggeriti (tramite testo e pittogrammi).

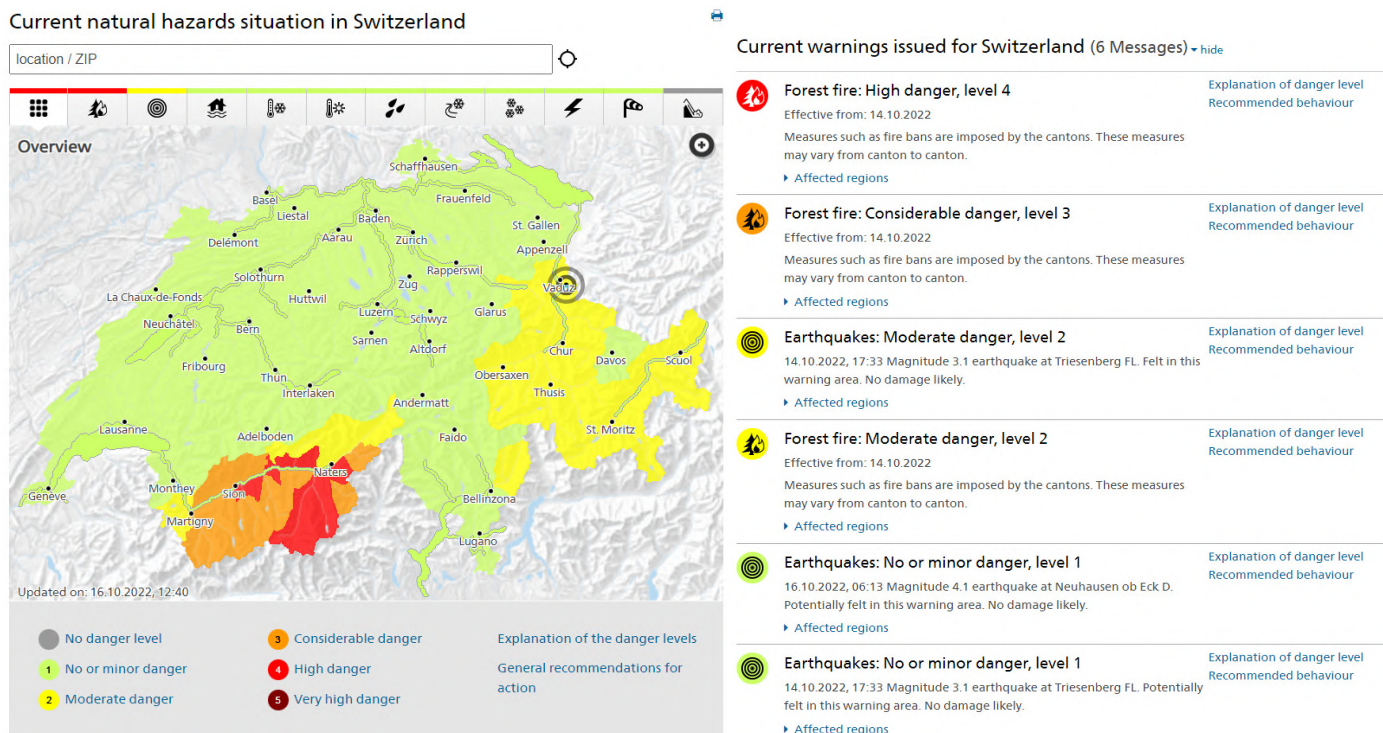


Fig. 2 Pericoli naturali attuali e allerte vigenti emesse per la Svizzera (Natural Hazard Portal)

Come mostrato in Tabella 1, molte mappe sono disponibili a scala globale ed europea per descrivere la distribuzione dei vari pericoli, ognuna con le sue scelte grafiche e una diversa selezione di informazioni da rappresentare. Tuttavia, nel caso di eventi meteo intensi transfrontalieri, sarebbe utile poter avere la possibilità di monitorare un evento e i correlati pericoli da ambo i lati del confine: in questo caso l'omogeneizzazione del dato e della rappresentazione è un elemento chiave. Nell'ipotesi di sviluppare una piattaforma multi-rischio transfrontaliera, sarebbe auspicabile poter imparare da design esistenti che si sono rivelati adeguati allo scopo. Come mostrato in Figura 1.b, la piattaforma **Disaster Alert** riporta eventi recenti su scala globale: tali eventi sono rappresentati in modo omogeneo come icone legate alla tipologia di pericolo, in cui il colore indica la gravità dell'evento, da verde a rosso. La rappresentazione dettagliata del pericolo può prendere ispirazione dalla piattaforma Svizzera, o da un prodotto simile creato dalla provincia di Bolzano (Province of Bolzano -Warning Bulletin).

## Sintesi e raccomandazioni

Basandosi su un esame degli approcci attuali e l'analisi di applicazioni specifiche per le regioni di studio del progetto TRANS-ALP, alcune raccomandazioni possono essere raccolte per migliorare la comunicazione della previsione degli impatti in uno scenario multi-rischio.

Una piattaforma multi-rischio transfrontaliera dovrebbe tenere conto dei seguenti punti:

- Delineare dei criteri condivisi per l'identificazione di aree omogenee in termini di pericolosità.



- Definizione di una scala di pericolo omogenea per le diverse tipologie e condivisa tra le regioni interessate.
- Criteri condivisi per valutare il grado di pericolo associate ad un evento.
- Fornire descrizioni semplificate di potenziali impatti e conseguenze, basati sulla stima della gravità del pericolo e le specifiche condizioni di esposizione e vulnerabilità delle varie regioni.
- Fornire raccomandazioni sui comportamenti da tenere può essere molto utile nell'accrescere la consapevolezza dei cittadini e incentivare azioni volte alla riduzione del rischio.
- Definire regole omogenee tra le varie aree coinvolte per l'emissione delle allerte, il loro contenuto e i comportamenti suggeriti.
- Adozione delle 'best practices' per la creazione di mappe, come riportato sopra: uso di una mappa di sfondo semplice e complementare, uso di una mappa riassuntiva, adozione di 4-5 classi di pericolo, con gradazione di colore legato alla gravità, e icone auto-esplicative.
- Riportare gli enti di riferimento e possibile supporto per tutte le aree coinvolte.

# Un'applicazione pratica di TRANS-ALP: la rivalutazione del rischio valanghe a seguito della tempesta VAIA

Fabrizio Tagliavini, Roberta Dainese (ARPA Veneto)

È ampiamente dimostrato che il cambiamento climatico produrrà effetti negativi in gran parte del mondo, tra cui l'aumento delle temperature, l'innalzamento del livello del mare, l'incremento delle precipitazioni intense e i relativi danni da stress da calore e inondazioni. Sebbene la portata e la scala dei loro effetti non siano ancora ben comprese, gli esempi empirici iniziano a suggerire che gli impatti e le conseguenze dei cambiamenti climatici si propagheranno a cascata su tutti i sistemi fisici e umani. Ad esempio, l'effetto combinato di una maggiore frequenza di tempeste ad alta intensità avrà un impatto crescente sulla capacità di individui, governi e settore privato di adattarsi in tempo prima che si verifichino perdite e danni. Nell'ambito del progetto "TRANS-ALP", sono stati affrontati gli effetti a cascata sugli eventi temporaleschi, concentrandosi sulle modifiche della copertura del suolo e sul loro impatto sui rischi naturali alpini di valanghe e frane.

I piani di Protezione Civile sono uno strumento essenziale per la mitigazione degli effetti a cascata derivanti dai cambiamenti climatici. Grazie ai piani di Protezione Civile è possibile ridurre le perdite di vite umane e di beni minimizzando l'impatto delle calamità. Sebbene i piani di Protezione Civile siano generalmente il risultato di un'attenta programmazione, è possibile che, a causa di improvvisi cambiamenti nello stato naturale delle cose come a seguito di forti temporali che sconvolgono l'assetto forestale del territorio, sia necessario sviluppare specifici piani di mitigazione del rischio in tempi brevi. Nell'ambito del progetto TRANS-ALP sono stati quindi sviluppati strumenti specifici per accelerare il processo decisionale alla base della creazione di tali piani. Le pagine seguenti forniscono un esempio di come questi strumenti possano essere utilizzati a supporto della redazione di tali piani o per l'aggiornamento di piani esistenti. L'esempio riportato si riferisce alla mitigazione del rischio valanghe nella Valle del Cordevole (BL) in Italia, sito pilota del progetto TRANS-ALP.

Una corretta analisi del rischio valanghe deve considerare diversi aspetti:

- 1) deve essere determinata l'Area di Distacco Potenziale (PRA);
- 2) deve essere valutato il percorso della valanga;
- 3) devono essere identificati tutti gli elementi vulnerabili che possono essere interessati dal percorso della valanga.

L'area di distacco delle valanghe è un parametro importante da stimare per la procedura di mappatura del pericolo valanghe. Mentre parametri come la runout distance (distanza massima raggiunta dal fronte della valanga) o l'altezza di deposito (spessore del deposito della valanga) sono solitamente facili da misurare, il PRA è spesso difficile da determinare, a causa dell'inaccessibilità del terreno e/o delle condizioni meteorologiche avverse nelle aree superiori del tracciato della valanga (dove si origina e dove si esaurisce). Utilizzando algoritmi specifici in ambiente GIS, lo strumento sviluppato nell'ambito del progetto TRANS-ALP, identifica automaticamente tutte le potenziali aree di rilascio in un'area estremamente vasta.

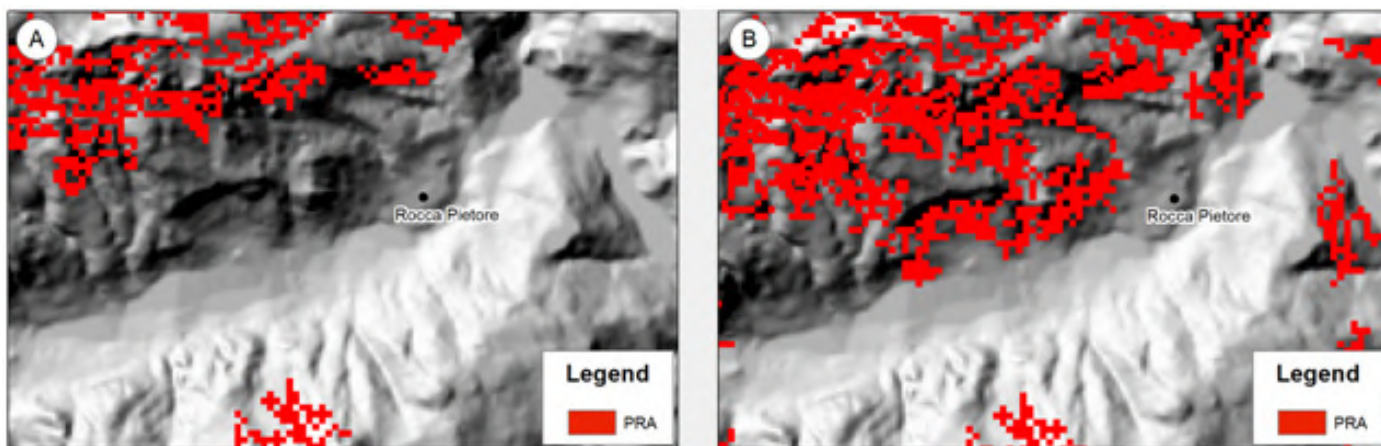


Fig. 1. Le PRA calcolate automaticamente dal modello sviluppato per il progetto TRANS-ALP dal Centro Valanghe di Arabba (ARPAV). (A) PRA prima degli effetti della tempesta VAIA, (B) PRA calcolati tenendo conto dei cambiamenti della vegetazione successivi alla tempesta VAIA.

Una volta identificati i PRA è necessario modellizzare il percorso delle ipotetiche valanghe su tutto il bacino in esame. Lo strumento sviluppato è quindi in grado di simulare, su la base di un'analisi morfologica, centinaia di valanghe contemporaneamente. Ogni valanga è simulata a partire dalle PRA e il risultato rappresenta il runout di ogni singola valanga.

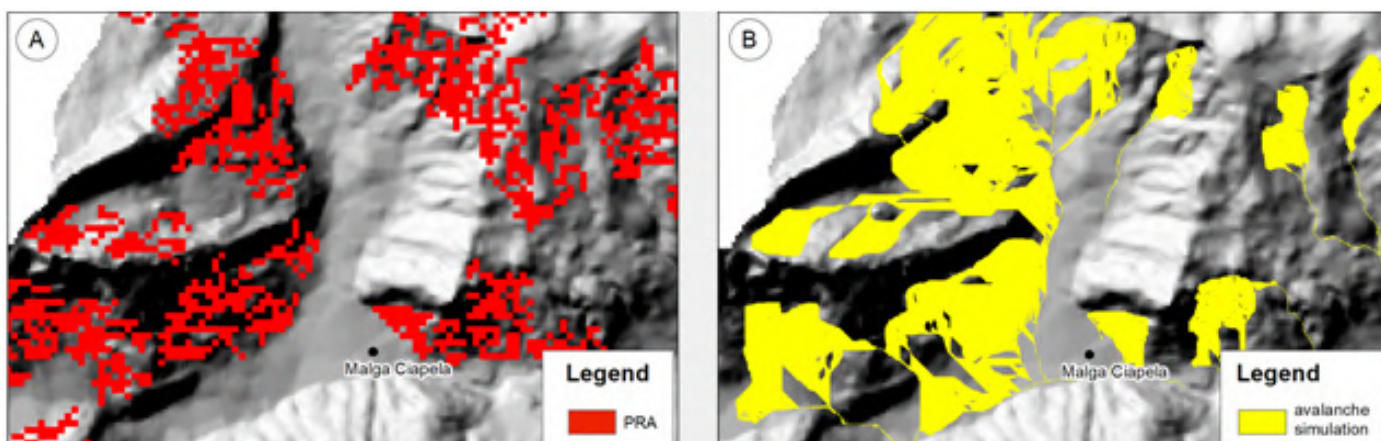


Fig. 2. Esempio di funzionamento dello strumento sviluppato dal Centro Valanghe di Arabba (ARPAV): Una volta identificate le PRA (A), da queste viene simulato simultaneamente il percorso di tutte le potenziali valanghe nell'area di studio (B).

Un'estensione supplementare degli strumenti GIS sviluppati per il progetto TRANS-ALP consente di identificare quali elementi a rischio possono essere colpiti dalle valanghe. Elementi a rischio è un termine generico che indica tutto ciò che potrebbe essere esposto ai pericoli, dagli edifici, alle attività economiche e dalle singole persone alle comunità. Gli elementi a rischio riguardano l'esposizione al pericolo: ciò che può essere danneggiato o distrutto, ferito o ucciso, ostacolato o interrotto. La misura in cui ciò accade dipende dall'intensità della valanga e dalla vulnerabilità di ciascun elemento a rischio di subire un danno a causa di quel particolare pericolo con quella particolare intensità. Gli strumenti sviluppati nell'ambito del progetto TRANS-ALP consentono quindi, sulla base della mappa delle zone di scorrimento delle valanghe, di estrapolare automaticamente gli elementi a rischio interessati, sulla base dei quali è quindi possibile stilare un elenco di priorità su cui basare il calcolo dinamico delle valanghe e gli interventi di Protezione Civile.

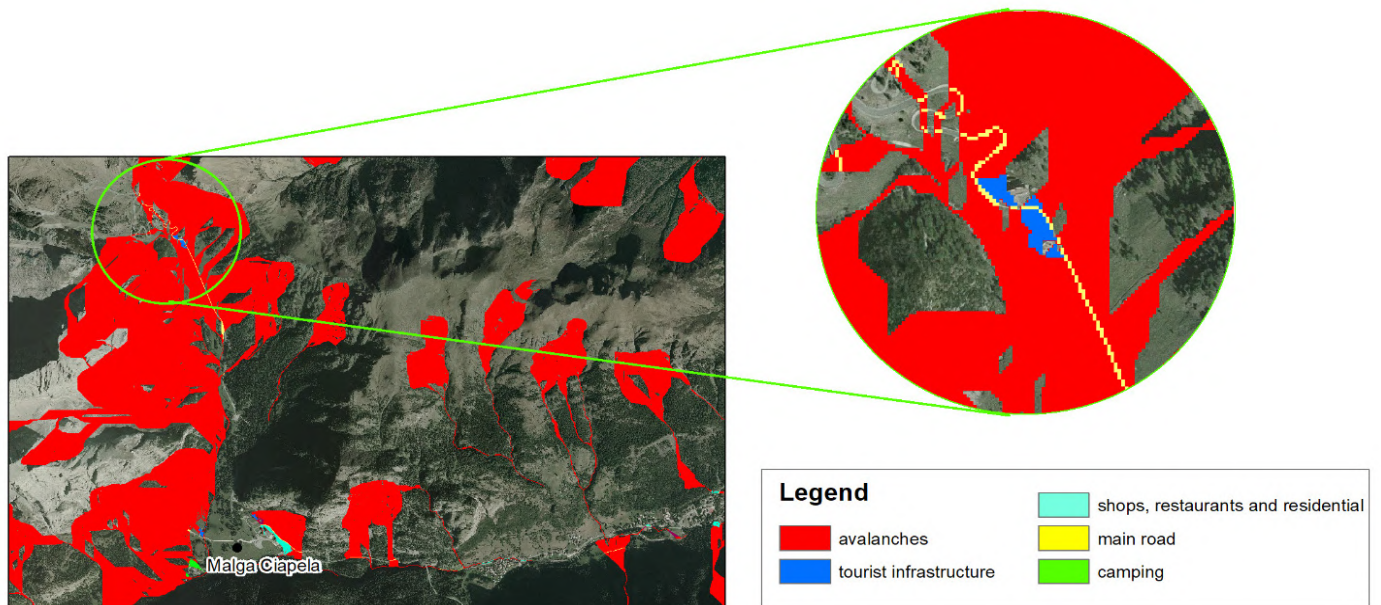


Fig. 3: la mappa degli elementi a rischio calcolata dall'applicazione sviluppata dal Centro Valanghe di Arabba sovrapposta alla mappa delle valanghe.

Una volta individuate le aree caratterizzate da un maggior grado di vulnerabilità, è possibile condurre una serie di modellazioni dinamiche per indicare lungo il percorso della valanga le massime altezze di flusso di detriti, le pressioni di impatto e il perimetro della valanga stessa. I risultati di questa modellazione finale possono essere utilizzati per l'attuazione di speciali piani di protezione civile.

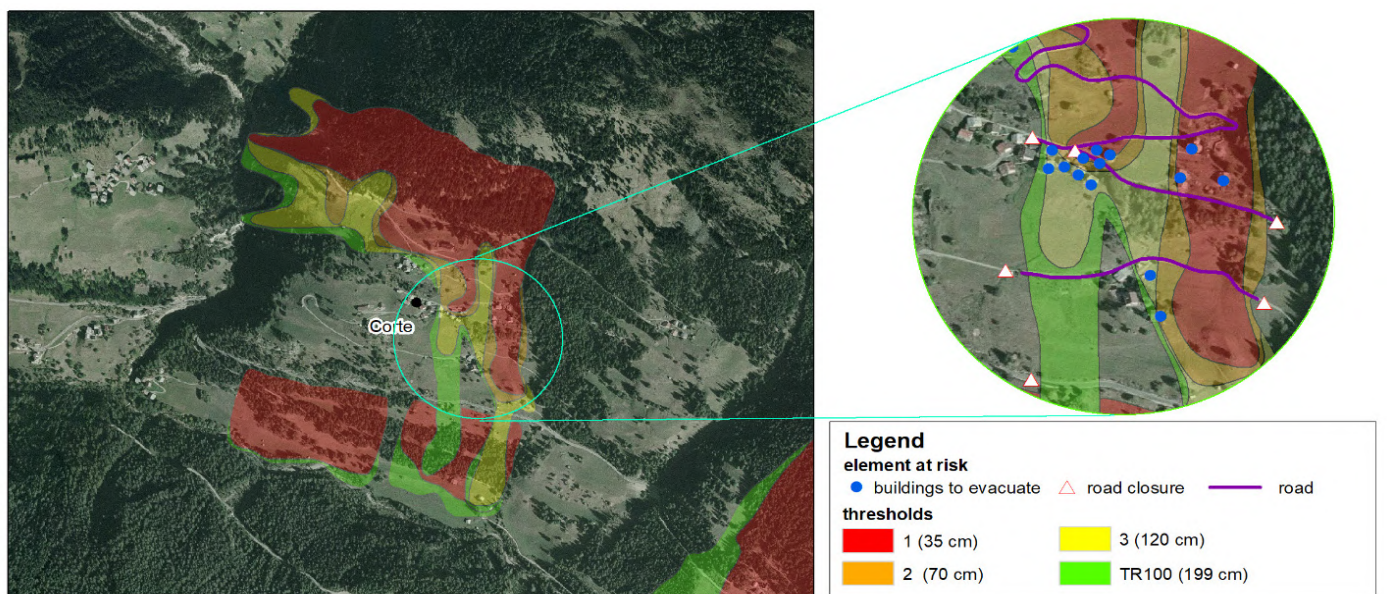


Fig. 4: La classificazione del rischio nel sito di Lasta Sief in funzione delle soglie di neve al suolo registrate. Nel riquadro è indicato quali case devono essere evacuate a seconda della soglia DH3gg raggiunta e dove la strada deve essere chiusa al traffico.

I piani di Protezione Civile oggi attivi nella Valle del Cordevole per mitigare il rischio valanghivo derivato dagli effetti della tempesta VAIA, prevedono l'evacuazione di alcune abitazioni e la chiusura di strade in base a specifiche soglie di altezza del manto nevoso individuate per ogni sito. Le soglie individuate non tengono però conto dell'effetto stabilizzante degli alberi abbattuti lasciati a terra. È quindi necessario trovare una soglia, detta "soglia 0", da cui partire per fare le considerazioni di cui sopra. Questa soglia deve essere in qualche modo legata all'altezza media della vegetazione abbattuta.

Negli ultimi decenni, il ruolo del telerilevamento è diventato sempre più importante per le applicazioni di

monitoraggio nell'agricoltura di precisione e per la valutazione della rugosità delle superfici topografiche. È possibile utilizzare il Modello Digitale del Terreno (DTM) per identificare la rugosità della superficie topografica e il Modello Digitale delle Superfici (DSM) per valutare alcuni parametri relativi alla vegetazione. È anche possibile combinare entrambi i modelli per ottenere informazioni essenziali sull'altezza della vegetazione, identificando il cosiddetto Canopy Height Model (CHM)

Il Canopy Height Model (CHM) misura l'altezza della vegetazione al di sopra della topografia del terreno. Questo prodotto è utilizzato in diverse applicazioni forestali, tra cui il monitoraggio della vegetazione e degli alberi in una foresta nel tempo, il calcolo della biomassa e la stima dell'indice di area fogliare.

Per convertire la rugosità derivata dal CHM nella mappa dei franchi di sicurezza, nel progetto TRANS-ALP sono stati presi in considerazione e testati molti algoritmi, ma nessuno ha raggiunto pienamente l'obiettivo. È stato quindi sviluppato un nuovo algoritmo per effettuare una particolare analisi focale in ambiente GIS del Canopy Height Model. L'analisi focale esegue, per ogni pixel della mappa, 8 diverse sottrazioni, una per ogni pixel vicino. La mappa di output rappresenterà, per ogni pixel, il valore massimo di questa differenza.

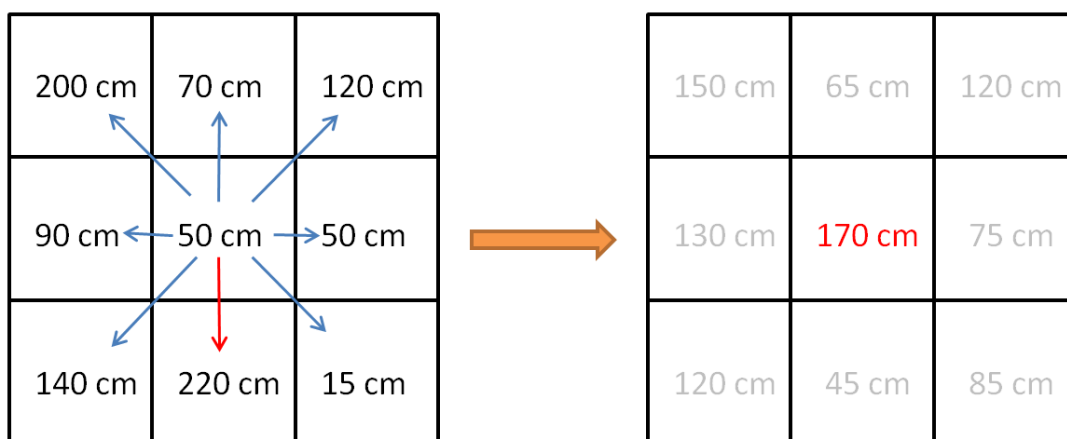


Fig. 5: Rappresentazione schematica del funzionamento dell'algoritmo: una volta calcolato il Canopy Height Model, ogni pixel della mappa esegue una sottrazione con gli otto pixel vicini. La mappa di output rappresenta i valori massimi di questa sottrazione.

Il risultato finale è una mappa raster che non rappresenta fedelmente la realtà, ma è perfettamente significativa per determinare i valori medi, per ogni area di schianto, del franco di sicurezza di neve al suolo per l'innesco delle valanghe.

Il risultato finale mostra che nelle 311 aree analizzate nel sito pilota, le altezze medie del manto nevoso in prossimità della zona di distacco sono diverse tra loro. Questo risultato non è del tutto inaspettato, poiché la linea di distacco è influenzato sia dalla densità del bosco danneggiato/abbattuto (densità degli schianti) sia dalla pendenza. La Figura 6 mostra i due estremi del risultato ottenuto e la Figura 7 è un estratto del progetto GIS in cui per ogni area di schianto viene rappresentata l'altezza del franco di sicurezza corrispondente.

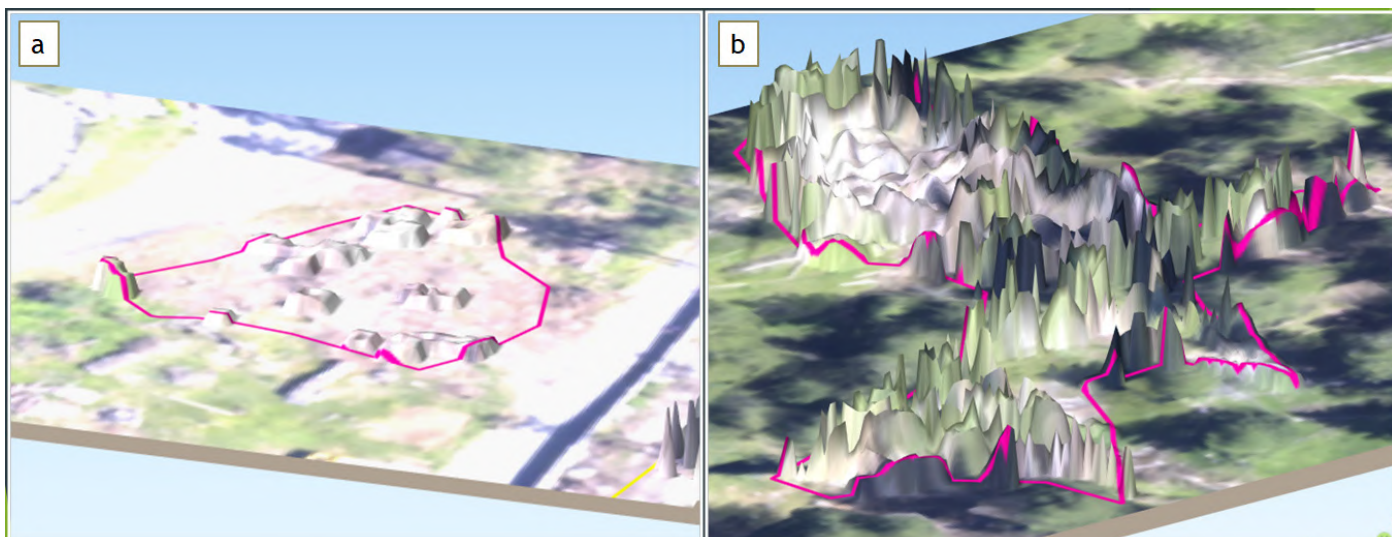


Fig. 6: due esempi di area di distacco della valanga a) area a schianti nei pressi dell'abitato di Alleghe con un'altezza media degli alberi schiantati al suolo pari a circa 80 cm; b) area a schianti nei pressi dell'abitato di Livinè con un'altezza media degli alberi schiantati al suolo 2,3 metri.

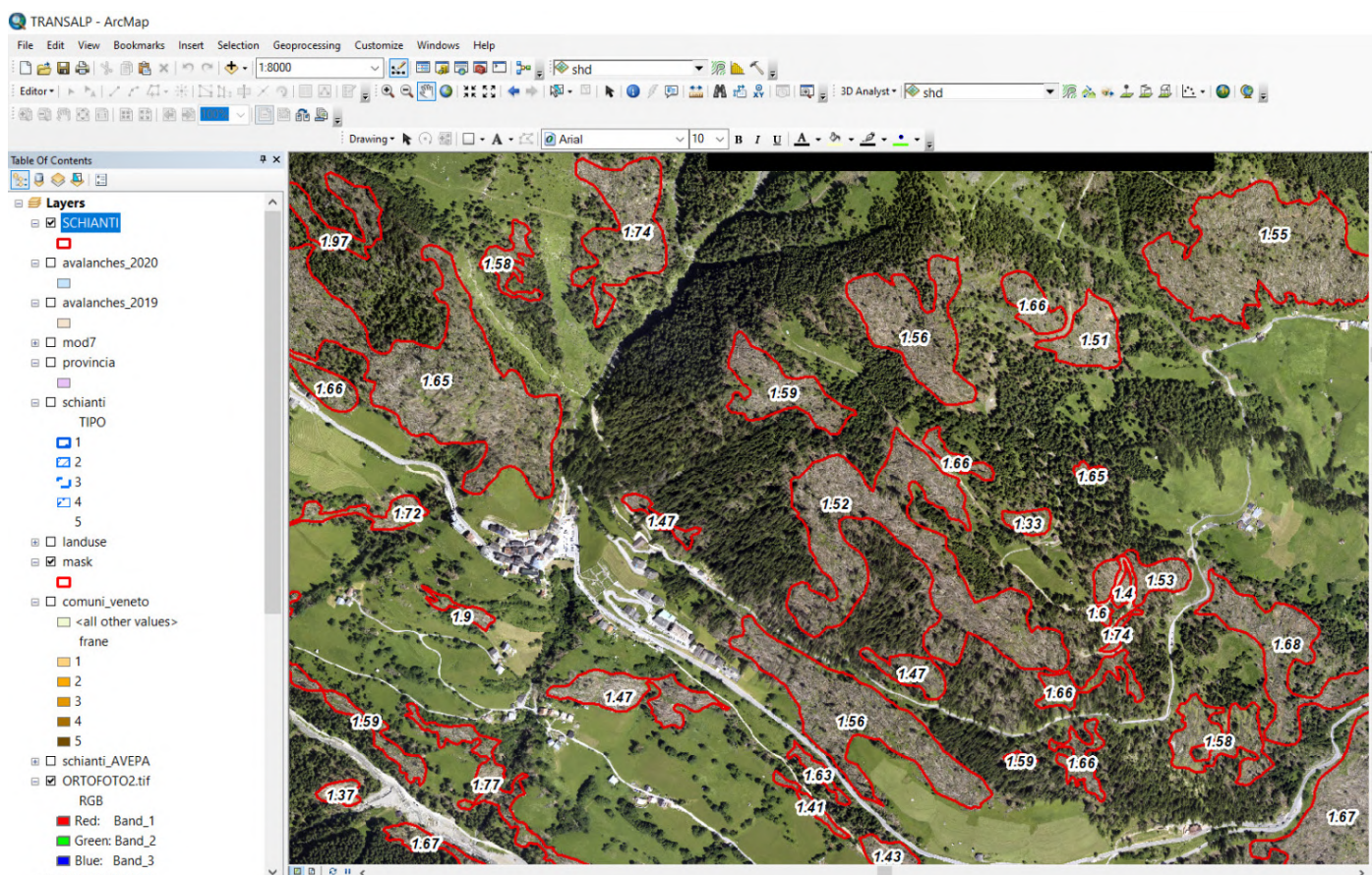


Fig. 7. i valori all'interno di ogni poligono dell'area di alberi schiantati rappresentano il franco di sicurezza per l'innesco delle valanghe che può essere considerato come la "soglia 0" da adottare nei piani di protezione civile.

Come accennato nell'introduzione di questo lavoro, gli strumenti sviluppati per la valutazione del pericolo e del rischio valanghe nell'ambito del progetto TRANS-ALP mirano ad accelerare i processi decisionali alla base dell'attuazione dei piani di Protezione Civile. In particolare, l'identificazione dell'area di distacco delle valanghe consentirà di attivare i suddetti piani solo quando l'altezza del manto nevoso raggiunge valori che potrebbero diventare un rischio per la popolazione. In tal modo, si vanno ad ampliare i margini di sicurezza in cui le operazioni di previsione di questi fenomeni possono essere svolte, garantendo una migliore gestione del rischio.

## Confronto tra le due diverse zone di studio

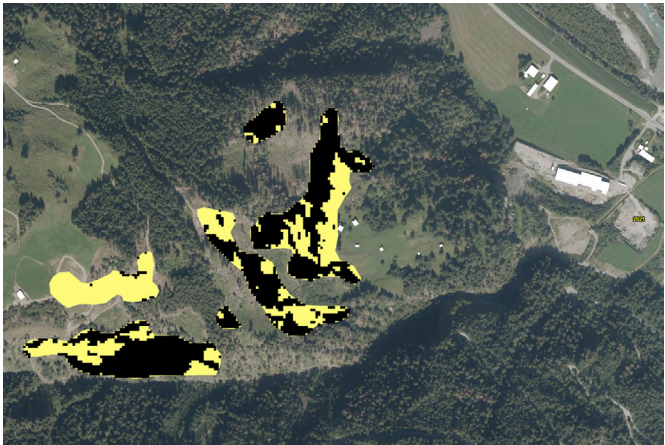
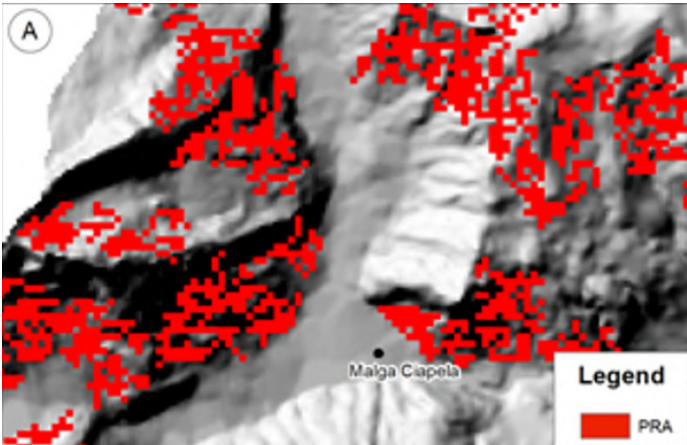
Le tabelle seguenti evidenziano le analogie negli approcci adottati per raggiungere i differenti obiettivi preposti. In particolare, in tabella 1 si evidenziano i tipi di dati necessari per determinare le principali variabili dei diversi siti.

| Tirolo Orientale   | Valle del Cordevole   |
|--|---|
| <b>Acquisizione dati / fornitore di dati (di aree forestali esplicitamente danneggiate)</b>  |   |
| Ufficio del Governo Tirolese   | Centro Valanghe di Arabba; Regione del Veneto   |
| <b>Procedura di elaborazione dei dati</b>  |   |
| Aereo fotogrammetria; LiDAR  | A) Mappatura manuale aree danneggiate<br>B) vegetation indices da immagini satellitari<br>C) Volo LiDAR   |
| <b>Identificazione dei punti in cui si sono verificati cambiamenti significativi della vegetazione</b>   |   |
| Modelli digitali differenziali di superficie prima e dopo la tempesta ("NDSM")   | Per ogni indice è stata calcolata la differenza (indice post-evento) - (indice pre-evento); modelli digitali di superficie differenziali prima e dopo la tempesta ("NDSM")  |
| <b>Determinazione della superficie dei popolamenti forestali danneggiati</b>   |   |
| Tramite elaborazioni GIS   | Tramite elaborazioni GIS  |
| <b>Area complessiva di foresta abbattuta [ettari]</b>  |   |
| 2.155 (1,1 % dell'intera area del Tirolo orientale)  | 100 (0.5 % dell'intera area di studio)  |
| <b>Determinazione delle variabili chiave</b>   |   |
| L'identificazione della rugosità del terreno lungo la massima pendenza è stata sviluppata per quantificare l'effetto degli alberi abbattuti sulla suscettibilità del distacco di valanghe; | I dati LiDAR sono stati utilizzati per la restituzione delle PRA e per identificare il franco di sicurezza fornito dalla vegetazione abbattuta a terra al fine di mitigare il rischio di valanghe e applicare piani speciali di protezione civile |
| <b>Tecniche utilizzate</b>   |   |
| Micro penetrometro; profili del manto nevoso; aereofotogrammetria.   | Apposite algoritmi GIS sviluppati per il progetto TRANS-ALP   |

Tab. 1 : differenti approcci nei diversi siti di studio.

## Determinazione di nuove potenziali aree di distacco di valanghe (PRA), simulazioni di runout per la valutazione del rischio da valanga a seguito dell'abbattimento della vegetazione.

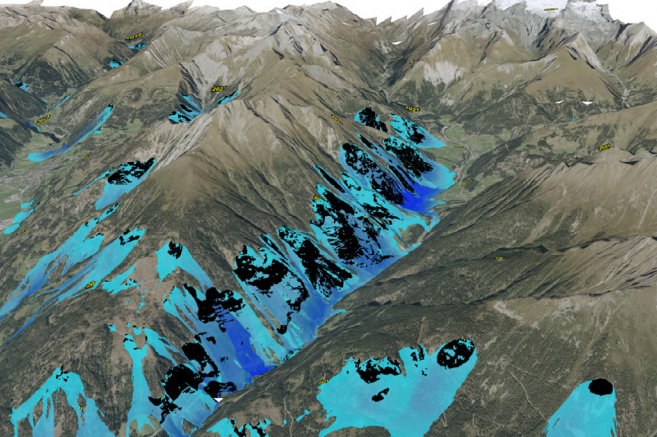
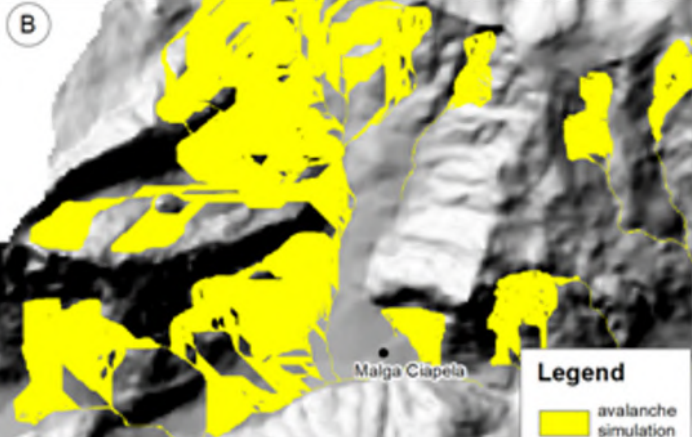
L'individuazione delle Aree di Potenziale Distacco (PRA) e la simulazione del deflusso delle valanghe sono essenziali per gli scopi di entrambe le zone di studio, tuttavia la necessità di individuare una priorità di intervento per l'attuazione dei piani di protezione civile nel caso della valle del Cordevole richiede una definizione più accurata delle PRA attraverso l'utilizzo di un maggior numero di parametri.

| Tirolo Orientale  | Valle del Cordevole  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● I pendii con inclinazione compresa tra i 34°-55° sono considerati potenziali zone di distacco di valanghe (PRA) (Perzl &amp; Kleemayr 2020)</li> <li>● Non sono state considerate aspetti come la concavità o la convessità del pendio, così come la vicinanza alle creste o la dimensione delle celle</li> <li>● Mappa del pendio generata tramite analisi raster tramite il software QGIS</li> <li>● I valori di pendenza compresi tra 34°-55° sono stati intersecati con le aree di foresta schiantata</li> <li>● Il totale delle nuove zone di distacco (PRA) corrisponde a 1077 ettari</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Per la definizione delle potenziali zone di distacco di valanghe (PRA) sono stati considerati numerosi parametri geomorfologici derivati da dati tele rilevati.</li> <li>● I valori di pendenza usati sono stati quelli compresi tra i 30°- 60° were used</li> <li>● Sono state considerate le creste principali così come le aree fortemente convesse per separare le diverse PRA.</li> <li>● Per la determinazione delle PRA è stata considerata la rugosità superficial, così come la convessità e la concavità del versante</li> <li>● La distruzione di parte del patrimonio forestale ha portato a un significativo aumento del numero di potenziali siti valanghivi (75% delle zone di foresta abbattute dalla tempesta VAIA nella valle del Cordevole)</li> </ul> |
|   |   |
| <p><b>Identified PRA´s in the pilot region of East Tyrol</b></p>  | <p><b>Identified PRA´s in the pilot region of Cordevole Valley</b></p>   |

Tab.2: Determinazione di nuove potenziali aree di distacco di valanghe (fase 4)

Per quanto riguarda la simulazione del deflusso delle valanghe, entrambi gli approcci non hanno utilizzato modelli di calcolo deterministici, ma hanno utilizzato modelli di tipo morfologico. Questo tipo di approccio è stato necessario, specie nel caso di studio della Valle del Cordevole, al fine di simulare migliaia di valanghe contemporaneamente, in modo da accelerare l'attuazione dei piani di protezione civile.



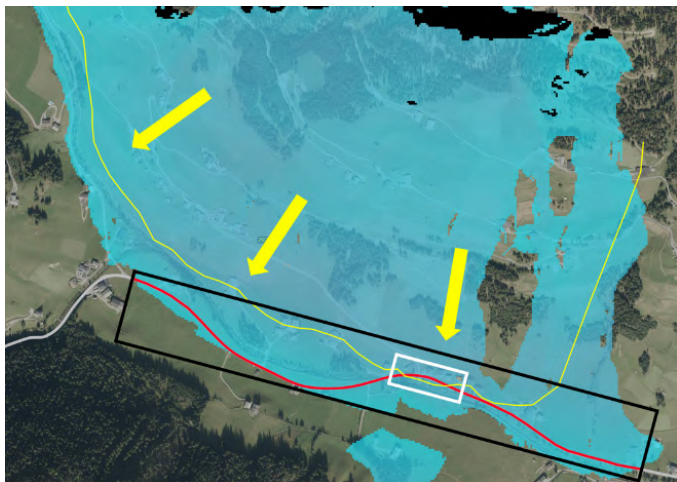
| Tirolo Orientale   | Valle del Cordevole  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modello empirico per la simulazione di deflussi gravitativi lungo un versante: <b>"Flow-Py"</b></li> <li>● Necessario creare dati di input e output in GIS (ASCII or TIFF)</li> <li>● Dati fondamentali per il funzionamento del modello: DEM e PRA</li> <li>● Il deflusso si arresta quando viene raggiunto un determinato angolo tra la zona di distacco e il versante interessato dal deflusso (angolo utilizzato 25° che rappresenta l'angolo di arresto di valanghe per tempo di ritorno 100 anni secondo Huber et al 2017)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Analisi idrologica del terreno tramite il software libero tauDEM (Tarboton 1997). Il software è stato adattato per modellizzare il deflusso di molteplici valanghe contemporaneamente.</li> <li>● Parametri utilizzati per l'applicazione del modello: DEM; mappa delle pendenze; PRA.</li> <li>● Angolo di arresto del deflusso al raggiungimento di una pendenza compresa tra 20° e 23° da studi effettuati su valanghe presenti nella zona di studio.</li> <li>● Vantaggi: potenzialmente si riescono a simulare migliaia di valanghe contemporaneamente, accelerando così i processi decisionali</li> </ul> |
|   |    |
| <p>Rappresentazione dei deflussi di valanga in Tirolo Orientale.</p>   | <p>Rappresentazione dei deflussi di valanga nella valle del Cordevole.</p>   |

Tab. 3: Simulazione del deflusso delle valanghe

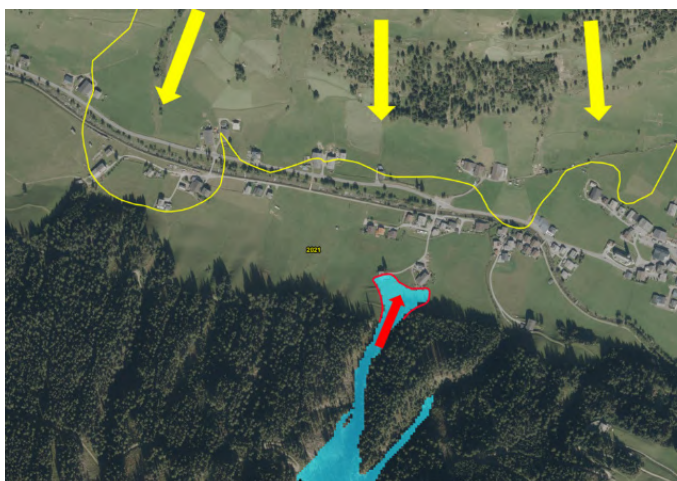
Le differenze più importanti tra i due siti pilota riguardano l'identificazione degli elementi vulnerabili esposti al rischio di valanghe a valle delle aree caratterizzate da vegetazione schiantata a terra. Ancora una volta, le differenze negli approcci utilizzati sono strettamente legate ai diversi obiettivi da raggiungere. Nel sito pilota del Tirolo Orientale, l'intera procedura, oltre a identificare le variabili chiave indicate nella tabella 1, viene proposta come guida di riferimento per una prima fase di riclassificazione della carta nazionale del pericolo di valanghe a seguito della tempesta VAIA. Per gli scopi preposti nel sito della Valle del Cordevole è stato necessario adottare un differente approccio. Come già accennato, il modello sviluppato dal Centro Valanghe di Arabba di ARPA Veneto è in grado di simulare migliaia di valanghe contemporaneamente, ma chiaramente non tutte le valanghe simulate debbono essere in qualche modo mitigate, è necessario dare priorità agli interventi per scopi di protezione civile. È stato quindi implementato dal Centro Valanghe di Arabba un ulteriore modello in grado di identificare e prioritizzare gli elementi vulnerabili interessati dal possibile transito delle valanghe. Questa analisi viene poi utilizzata per la successiva modellazione del flusso delle valanghe tramite accurati modelli deterministici al fine di strutturare nel dettaglio i piani di protezione civile.

### Tirolo Orientale, Kals (Austria)

- aumento della pericolosità da valanga: le simulazioni effettuate dimostrano che le valanghe possono essere più estese rispetto alla zonizzazione ufficiale delle carte di pericolosità, di seguito rappresentate dalle linee gialle e rosse.



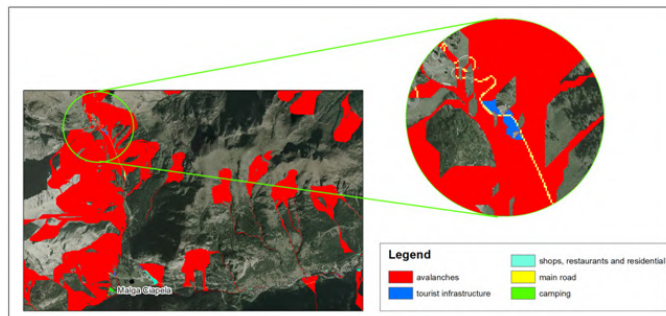
- nelle aree di vegetazione schiantate a terra si sono generate delle nuove PRA che non sono ancora comprese nella zonizzazione della pericolosità da valanga.



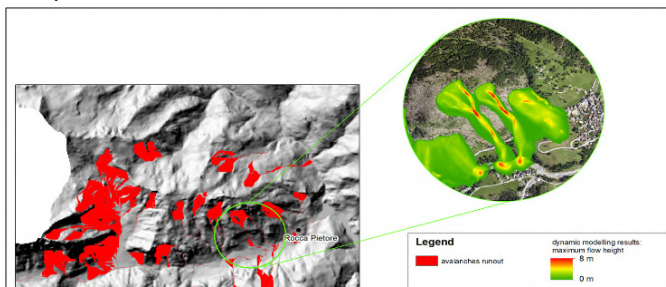
- nuovi elementi a rischio possono subire quindi danni diretti e indiretti dal verificarsi di valanghe anche di grandi dimensioni.

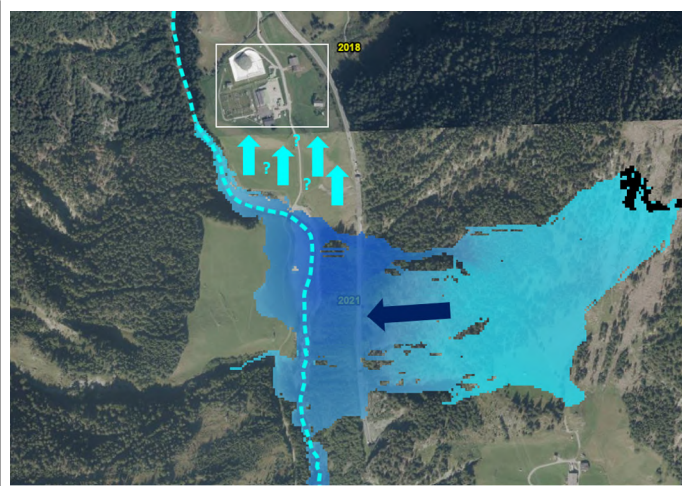
### Valle del Cordevole (Italia)

- un ulteriore strumento modellistico, sviluppato dal Centro Valanghe di Arabba, permette, sulla base della carta di deflusso delle valanghe, di estrapolare automaticamente gli elementi a rischio potenzialmente interessati dal transito della valanga.
- Gli elementi a rischio identificati dal modello sono classificati per importanza e questo permette una prioritizzazione della successiva modellazione dinamica fisicamente basata e la redazione di accurati piani di protezione civile.
- Il risultato finale è una mappa raster in cui sono rappresentati tutti gli elementi a rischio interessati dal transito delle valanghe e indicizzati per tipologia e vulnerabilità.



- Una volta individuate le aree caratterizzate da un maggior grado di vulnerabilità, è stata condotta una serie di modellazioni dinamiche per determinare le altezze dei flussi, la velocità delle valanghe e la pressione d'impatto (simulazioni effettuate tramite software "RAMMS", sviluppato dall'Istituto WSL per lo studio della neve e delle valanghe SLF (Christen et al., 2010); i risultati sono stati utilizzati per l'attuazione dei nuovi piani speciali di protezione civile.

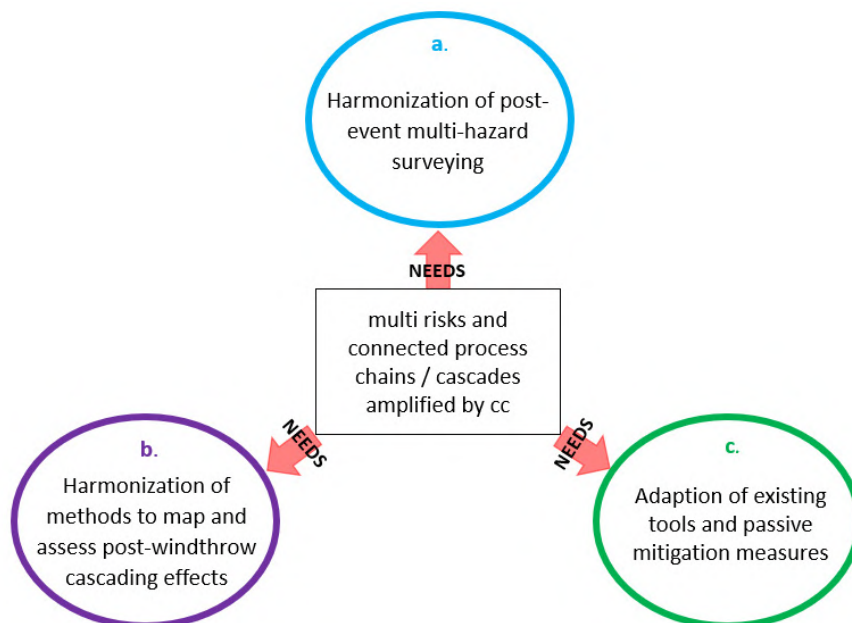




Tab. 4: risultati delle diverse analisi degli elementi esposti al rischio valanghivo a seguito della tempesta VAIA

## Sintesi e Raccomandazioni

Come illustrato nei precedenti paragrafi, un'analisi degli elementi a rischio e della vulnerabilità adattata agli impatti dei cambiamenti climatici, comporta la conseguente necessità di un'adeguata gestione dei rischi naturali e dei pericoli. Ogni volta che gli effetti di una tempesta di grande magnitudo impattano su una area estremamente vasta che interessa più paesi contemporaneamente, appare vantaggioso sviluppare una gestione transfrontaliera della gestione del rischio cercando di armonizzare il più possibile gli interventi, al fine di consentire ai portatori di interesse di supportarsi reciprocamente sia per competenze, sia per gestione degli interventi. La realizzazione di un approccio armonizzato si basa sulle seguenti tre raccomandazioni di base:



Tab. 5: Catene dei processi multirischio

## **Armonizzazione dei rilievi in ottica multi rischio**

La tempesta VAIA ha colpito i territori tramite una serie di effetti, diretti ed indiretti, che possono essere concepiti come effetti a cascata. I primi effetti e più evidenti sono stati certamente i fenomeni alluvionali e i dissesti idrogeologici, ma anche gli effetti diretti del forte vento (danni alle abitazioni e vegetazione schiantata). Questi portano, come visto, anche alla creazione di possibili rischi successivi, come la creazione di nuovi siti valanghivi e la diffusione di parassiti del bosco come il Bostrico Tipografo.

I sopralluoghi effettuati dalle diverse strutture afferenti alle agenzie e uffici competenti nell'immediato post evento hanno evidenziato la necessità di una procedura strutturata per la raccolta dei dati sul campo, in primo luogo per valutare i danni e in secondo luogo per valutare i rischi residui e i possibili effetti a cascata, al fine di sviluppare le strategie di mitigazione appropriate. Il vincolo temporale legato a quest'ultimo aspetto ha evidenziato la necessità di una raccolta dati efficiente e possibilmente multirischio. A tal fine, nell'ambito del progetto TRANS-ALP sono state create una serie di schede per agevolare i rilievi in ottica multirischio, contenenti informazioni su data e luogo, tipo di evento e impatto, prima valutazione dei danni e specificazione di eventuali interferenze con un corso d'acqua. Le schede sono state strutturate in due parti principali, una relativa al rilievo del dissesto segnalato (situazione attuale) e una relativa alla valutazione dell'impatto (scenario futuro). L'obiettivo delle schede, utilizzate per la valutazione di un fenomeno specifico (ad esempio, incentrato sulle valanghe), è quello di identificare tempestivamente altri potenziali processi generalmente rilevanti (come l'imminente caduta di massi) in modo strutturato nelle spesso frenetiche fasi post-evento. La raccolta dei dati avverrà possibilmente con la collaborazione di diversi enti, che valuteranno la situazione locale su tutto il territorio. Casi specifici possono essere valutati in modo approfondito in un secondo momento dagli organi preposti. L'uso di schede di rilevamento standardizzato e condiviso nelle regioni transfrontaliere potrebbe incoraggiare lo scambio tra le autorità competenti e la raccolta di tutti i dati rilevanti che possono essere utilizzati nell'analisi successiva per la mitigazione del rischio. La scheda generale e le 4 schede secondarie sono allegate al dettagliato " Report on cascading effects of storm-related land cover change on alpine natural hazards" (D.3.3 del progetto TRANS-ALP).

## **Armonizzazione dei metodi di valutazione degli effetti al suolo e dei potenziali effetti a cascata**

Dopo le indagini per la raccolta dei dati sugli effetti al suolo, la fase successiva mira a caratterizzare in modo qualitativo i potenziali effetti a cascata a seguito dei danni provocati dalla tempesta. Lo scopo è quello di valutare il nuovo tipo e livello di pericolo, ogni possibile effetto protettivo ancora presente e identificare le aree in cui dovrebbero essere implementate misure di mitigazione. La valutazione della distribuzione del pericolo dopo l'evento può richiedere molto tempo, ma deve essere effettuata in tempi compatibili con le esigenze delle strutture di protezione civile.

Nell'ambito del progetto TRANS-ALP è stata sviluppata una procedura semplificata per il caso specifico delle aree di vegetazione abbattuta dal vento e della conseguente creazione di nuovi siti valanghivi. L'applicazione di questa procedura ai casi di studio nel Tirolo Orientale e nella Valle del Cordevole è stata descritta nelle tabelle 1-4. La procedura si basa sulla valutazione della perdita dell'effetto protettivo della foresta; sull'identificazione di nuove aree di distacco potenziale di frane per crollo e rototraslative, e sulla successiva applicazione di algoritmi per valutare il deflusso delle valanghe ed eventualmente identificare gli elementi a rischio minacciati dalle potenziali valanghe. La scelta dei diversi parametri utilizzati è stata diversa per i due casi di studio. Tali parametri, così come i dati di input per l'analisi del rischio, è auspicabile che possano essere armonizzati in futuro, anche tenendo conto di eventuali differenze meteo climatiche nelle zone transfrontaliere, al fine di applicare strategie di mitigazione omogenee.

L'identificazione e la mappatura delle aree caratterizzate da vegetazione schiantata a terra, soprattutto in terreni scoscesi, combinata con sopralluoghi mirati per quantificare ulteriormente gli effetti protettivi rimanenti contro i pericoli naturali o le aree in cui è necessario adottare immediatamente altre misure, è un compito estremamente importante a seguito di vasti danni forestali su larga scala.

## Misure di mitigazione

Una volta valutata la situazione attuale e ottenuta la caratterizzazione del rischio residuo a cui sono soggetti gli elementi vulnerabili, il passo successivo mira alla definizione di contromisure adeguate per la mitigazione del rischio. In un arco temporale di pochi anni, molte delle aree colpite dalla tempesta VAIA sono state messe in sicurezza attraverso la costruzione di opere di protezione dalle valanghe, mentre la principale soluzione a lungo termine è quella di lasciare che la rigenerazione naturale della foresta ripristini le sue funzioni protettive.



## Part 2

# Data and Information Sharing Tools

### Metodologie di raccolta e mappatura dei dati sull'impatto delle tempeste

Matthias Plörer, Michaela Teich (BFW), Katharina Enigl (Geosphere Austria), Kathrin Renner, Piero Campalani (EURAC Research)

### Raccolta dati sull'impatto delle tempeste in Europa: Perché è necessario registrare impatti, danni e perdite & qual è lo stato dell'arte?

I cosiddetti cicloni extra-tropicali (XTC o tempeste di vento europee), i sistemi convettivi a mesoscala (MCS) e anche i tipi di temporali a scala locale, come le supercelle, che si verificano raramente ma sono molto gravi, causano perdite elevate e possono essere estremamente impattanti. Poiché l'impronta di questi eventi a scala da grande, a meso, a locale può interessare centinaia di chilometri, è necessario cercare di ottenere registrazioni armonizzate di impatti, danni e perdite. È stato effettuato uno screening delle tecniche e delle fonti di dati a scala europea, nazionale e subnazionale, con particolare interesse e attenzione all'Austria e all'Italia. I danni e le perdite causati dalle tempeste sono generalmente legati alle seguenti cause meteorologiche:

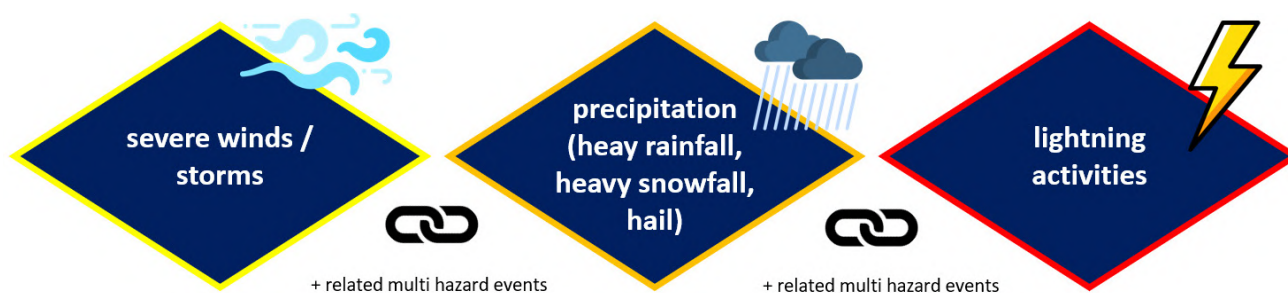


Fig. 1: Tipi di processi dannosi al centro della raccolta dati sull'impatto delle tempeste.

La contabilità delle perdite, l'analisi forense dei disastri e la modellazione del rischio rappresentano almeno tre ambiti applicativi che giustificano l'aumento degli sforzi legati alla registrazione degli impatti e dei danni:

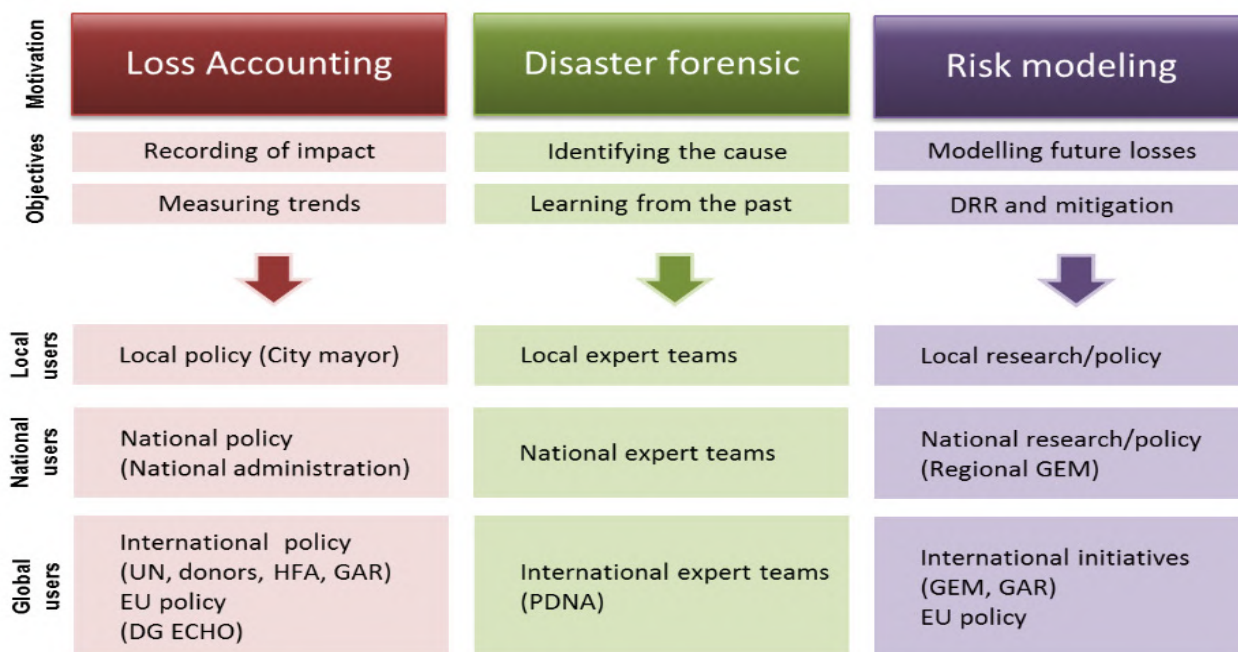


Fig. 2: Ogni quadro applicativo ha obiettivi diversi e sono coinvolti utenti e stakeholder diversi, a livello locale, nazionale o globale (JRC, 2013).

Gli approcci documentali e le fonti di dati disponibili sono stati valutati in termini di scala (locale, nazionale, globale), sistemi di classificazione (ad esempio livello di standardizzazione dei tipi di impatto e della gravità), livello di geocodifica, rilevanza/compliance rispetto alle linee guida PDNA e DALA emesse da organismi nazionali e transnazionali (Commissione UE, ONU, Banca Mondiale, WMO, ecc.) e iniziative di riferimento (ad esempio GRADE del GFDRR, NWS della NOAA).

Nell'ultimo decennio è stata prestata una crescente attenzione alla registrazione dei danni e delle perdite, in Europa in particolare sostenuta e promossa dal CCR con diversi rapporti, pubblicazioni e attività dal 2012:

JRC (2013) – Registrazione delle perdite dovute a catastrofi (Raccomandazione per un approccio europeo)

JRC (2014) – Stato attuale e migliori pratiche per la registrazione dei dati sulle perdite da catastrofi nell'UE

JRC (2018) – Dati sui danni e le perdite da catastrofe per le politiche

Inoltre, nella DRMKC è attivo dal 2013 un gruppo di lavoro specifico sulle perdite e i danni da calamità. Nonostante gli ovvi rapporti ben elaborati e le raccomandazioni consolidate, ad esempio su come registrare le perdite dovute alle catastrofi, esiste un'ampia variazione di modalità e tecniche di acquisizione dei dati nei Paesi alpini. Pertanto, sono stati confrontati e valutati i sistemi di classificazione dei danni e degli impatti esistenti ed è stata proposta una raccomandazione per un sistema di classificazione transfrontaliero armonizzato.

## Quali sono le istituzioni responsabili e solitamente predestinate alla raccolta di dati sull'impatto delle tempeste nello Spazio Alpino?

Il diagramma seguente mostra che la registrazione e la documentazione dei danni causati dalle tempeste non può essere attribuita a una sola area di responsabilità, ma è molto più il compito di un consorzio di istituzioni, gruppi di interesse e anche aziende private:

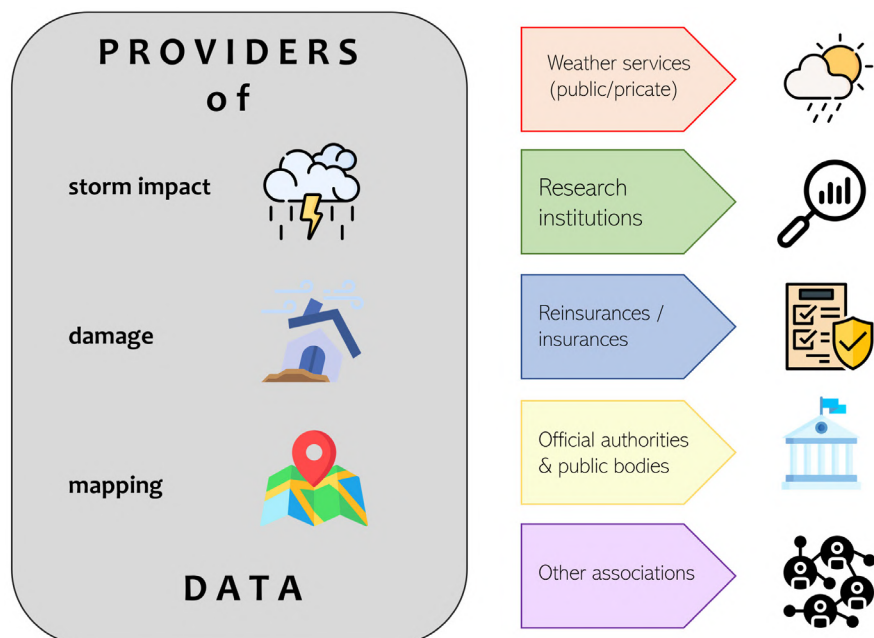


Fig 3: Diversi tipi di fornitori di mappatura dell'impatto, dei danni e degli eventi delle tempeste.

La tabella seguente fornisce una panoramica più dettagliata di quali istituzioni, aziende, ecc. raccolgono o offrono dati relativi ai danni da tempesta nell'area interessata dal progetto:

| Private und öffentliche Wetterdienste (Auswahl)                             |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
| Kurzname  | offizieller Name  | geographischer Wirkungsbereich  |
| <b>GEOSPHERE (ehemals ZAMG)</b>   | Geosphere Austria   | Austria                         |
| <b>ARPA</b>   | Regional Agencies for the Protection of the Environment             | Italy, regional level           |
| <b>Meteo Aeronautica</b>  | Meteorological Service of the Italian Airforce                      | Italy, national level           |
| <b>MeteoNetwork</b>   | Associazione MeteoNetwork OdV                                       | Italy                           |
| Research institutions (selection)   |   |                                 |
| short name  | official name   | geographical scope of operation |
| <b>EFI</b>  | European Forest Institute   | EU                              |
| <b>GBA</b>  | Geological Survey of Austria  | Austria                         |
| <b>WSL</b>  | Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL | Switzerland                     |
| <b>JRC / DRKMC - RDH</b>  | Joint Research Centre of the European Commission – Risk Data Hub    | EU                              |
| Reinsurances & insurances (selection)                                       |   |                                 |
| short name  | official name   | geographical scope of operation |
| <b>Deutsche Rück</b>  | Deutsche Rückversicherung   | Europe                          |
| <b>Munich RE</b>  | Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft                            | global                          |
| <b>Swiss Re</b>   | Swiss Re Group  | global                          |
| <b>ANIA</b>   | Italian National Association of Insurers                            | Italy                           |
| Official authorities & public bodies (selection in the cross-border region) |   |                                 |
| short name  | official name   | geographical scope of operation |
| <b>WLV</b>  | Forest Engineering Service in Torrent and Avalanche Control         | Austria                         |
| <b>BML</b>  | Federal Ministry for Agriculture, Regions and Water Management      | Austria                         |



| <b>LWD</b>   | Group Tyrolean Center for Crisis and Disaster Management –<br>Department of Hazard and Evacuation Management – Avalanche Warning Service | Austria, regional (Tyrol)   |
|--|--|---|
| <b>Land Tirol</b>                                  | Construction and technology group –Department of Water Management – Section Hydrography and Hydrology                                    | Austria, regional (Tyrol)   |
| <b>BWV</b>   | Department of Water Management – Hydraulic engineering   | Austria, regional (Tyrol)   |
| <b>ARPA</b>  | Regional Agency for Environmental Prevention and Protection  | Regional, operates in most regions in Italy (e.g. in Veneto is named ARPAV, in Liguria ARPA Liguria, etc.)    |
| <b>Autorità Bacini Montani</b>                     | Mountain Basins Authority  | Regional, e.g. operates in Trentino / South Tyrol, Veneto, Lombardy, Val d'Aosta                              |
| <b>Dipartimento di Protezione Civile</b>           | Dept. of Civil Protection  | Operates at National and regional level.  |
| <b>Provincia Autonoma</b>                          | Autonomous Province Authority  | In Trentino and South Tyrol a more autonomous provincial status grants different powers to local authorities. |
| <b>Direzione Difesa del Suolo – Regione Veneto</b> | Land Conservation Department of Veneto Region  | Regional, in the Veneto Region includes the functional center of the Civil Protection Dept.                   |
| Other associations (selection)                     |  |   |
| short name   | official name  | geographical scope of operation   |
| <b>ESSL</b>  | European Severe Storms Laboratory.   | Europe  |
| <b>MeteoNetwork</b>                                | Associazione MeteoNetwork OdV  | Italy   |
| <b>TornadoListe</b>                                | TornadoListe (Deutschland)   | Germany, Luxembourg   |
| <b>LFV</b>   | State Fire Brigade Association   | Austria, regional (Tyrol)   |

Tab. 1: Panoramica delle istituzioni che raccolgono dati sull'impatto delle tempeste nello spazio italiano, austriaco, tedesco e dell'UE.

## Sintesi e raccomandazioni

Nell'ambito del progetto TRANS-ALP, sono state esaminate tutte le istituzioni, le aziende, le autorità, ecc. elencate e le loro attuali procedure di raccolta dati, mappatura e condivisione degli impatti delle tempeste. I risultati e le valutazioni dei dati disponibili variano notevolmente, a causa della diversa natura, degli obiettivi e degli scopi di tutti questi attori. Di seguito è riportata una sintesi:

### Disponibilità dei dati e tipo di formato/documentazione dei dati

- I dati sono per lo più offerti in forma digitale. L'80% delle fonti di dati è disponibile online (open-source). I dettagli (ad esempio metadati, shapefile, ecc.) sono disponibili nell'80% su richiesta/accordo con l'utente.
- Nel 70% dei casi i dati vengono visualizzati come applicazione web. Il 50% dei fornitori offre dati anche sotto forma di file o tabelle compatibili con i GIS. Il 30% delle fonti di dati sono sotto forma di file PDF (difficili da usare).

### Documentazione degli eventi

- Oltre il 50% delle registrazioni è localizzato spazialmente (in parte in modo impreciso) e le assegnazioni temporali (data/ora) sono fornite per l'80% di tutti i dati sugli eventi. La durata degli eventi spesso non è chiaramente indicata.
- 6 degli 11 database di eventi si riferiscono a un livello nazionale, 3 coprono l'area dell'UE, 1 raccolta descrive gli eventi a livello globale.

### **Acquisizione dei dati**

- Esistono molteplici modalità di raccolta dei dati! 3 raccolte sono ottenute da rapporti dei media. In 6 casi, la raccolta avviene tramite misurazioni/lavoro sul campo. In 3 casi si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali. In 2 casi non è possibile determinare l'origine delle informazioni.
- In quasi tutti i casi, la raccolta dei dati viene effettuata da esperti, ma solo in 1 caso viene aggiunto un controllo di qualità.
- In alcuni casi, vengono integrati anche database alimentati da non addetti ai lavori o osservatori per hobby.

### **Dettagli del processo di rischio**

- Oltre il 70% dei fornitori di dati fa una chiara distinzione tra i diversi processi.
- I dati complessivi contenevano pioggia continua, pioggia intensa, siccità, nevicate abbondanti, accumulo di ghiaccio, grandine, temporali, tempeste varie (tornado, nubi a imbuto, "gustnados", trombe d'aria, ecc.), fulmini, vari tipi di valanghe (a lastroni, sciolte, bagnate, secche), movimenti di massa/ frane (cadute, rovesciamenti, scivolamenti, colate), alluvioni, inondazioni pluviali, acque sotterranee, ondate di calore e di freddo, incendi selvaggi, rime, legno morto.
- Ma nessun database trattava i rischi multipli/gli effetti a cascata. Le temperature, le quantità di precipitazioni e le velocità del vento sono trattate in alcuni casi, mentre l'"intensità" in qualche modo generale è citata in oltre il 60% delle raccolte di dati.
- I danni sono citati dal 50% dei detentori di dati, ma quantificati meno frequentemente (30%).

### **Adesione a standard, linee guida e raccomandazioni**

- L'inclusione di soglie o scale standardizzate a livello internazionale è ancora in ritardo.
- Tuttavia, le scale Fujita, Torro o EAWS sono menzionate in un terzo delle raccolte di dati.
- Solo 3 delle 11 raccolte di eventi analizzate possono essere direttamente collegate alla Commissione europea.

| Advantages & "best practice" cases  | Disadvantages, "major obstacles" & gaps  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Una crescente comprensione della necessità di raccogliere sistematicamente i dati</li> <li>● Questo è chiaramente visibile negli sforzi dedicati a questo tema dal Centro comune di ricerca dell'UE</li> <li>● Il termine "impatto" viene solitamente interpretato come l'insieme degli effetti di un determinato fenomeno "alla radice" (ad esempio, una tempesta). Questo comprende soprattutto i pericoli a cascata, come frane e colate detritiche, inondazioni fluviali e improvvise e valanghe</li> <li>● Per catturare meglio questi impatti, vengono sempre più utilizzati metodi personalizzati e standardizzati, che stanno acquisendo importanza (ad esempio, la direttiva UE sulle alluvioni, il database italiano IFFI sulle frane, ecc.)</li> <li>● La portata, la risoluzione, il controllo di qualità e i protocolli operativi variano notevolmente da Paese a Paese. Gli approcci basati sulle migliori pratiche sono seguiti principalmente da Svizzera e Slovenia</li> <li>● La maggior parte dei dati sugli impatti sono raccolti da testimonianze personali, giornali e media e da testimoni diretti. Un buon esempio basato su questo approccio è il sistema VIOLA gestito da GEOSPHERE (ZAMG) in Austria, che fornisce una panoramica degli impatti osservati.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gli impatti dei danni e delle perdite sono percepiti, ma di solito non vengono rilevati e registrati sistematicamente. Alcuni protocolli di segnalazione particolarmente strutturati consentono di registrare informazioni su danni e perdite, ma spesso non sono sufficientemente dettagliate, ad esempio per costruire modelli di vulnerabilità. I dati sulle perdite forniti dalle compagnie di assicurazione non possono essere ottenuti a causa della protezione dei dati</li> <li>● I danni dovuti a cause secondarie di solito non vengono registrati sistematicamente, così come i fenomeni a cascata come le interruzioni del traffico, le interruzioni delle attività commerciali e le interruzioni di corrente</li> <li>● I dati aperti sono in aumento, ma le informazioni sugli impatti dei fenomeni atmosferici non sono spesso disponibili gratuitamente. I dati di base forniti pubblicamente, di solito, non includono dettagli su vittime e decessi</li> <li>● L'attribuzione di impatti a eventi che non sono direttamente attribuibili ai pericoli associati è difficile e rende difficile tracciare i danni indiretti e le perdite</li> <li>● Spesso le informazioni sull'impatto degli eventi sono pubblicate solo in forma testuale e in una specifica lingua locale. I dati sottostanti sono spesso di difficile accesso, il che impedisce un'analisi sistematica.</li> </ul> |

*Tab. 5: I vantaggi e gli svantaggi riassunti delle diverse istituzioni studiate come raccoglitori di dati.*

## Raccolta di dati sull'impatto nelle aree di studio transfrontaliere di TRANS-ALP

*Katharina Enigl, Sebastian Lehner and Klaus Haslinger (Geosphere Austria), Kathrin Renner, Piero Campalani (EURAC Research)*

Nella regione target del progetto TRANS-ALP vengono raccolti diversi dati. Di seguito vengono descritti in dettaglio i set di dati che abbiamo ricevuto e analizzato durante il progetto. Inoltre, si pone l'accento sulle procedure di armonizzazione necessarie per l'utilizzo combinato di tutti i set di dati.

### Dati relativi a danni ed eventi in Italia

#### Banca dati degli eventi idrologici ED30

La "Documentazione degli Eventi della 30a Ripartizione della Provincia Autonoma di Bolzano (ED30)" (Macconi e Sperling, 2010) è iniziata nel 1998. Nel corso degli anni, il sistema ED30, che consente di effettuare rilievi organizzati e standardizzati di eventi idrogeologici sui corsi d'acqua (alluvioni, colate detritiche, frane, crolli e valanghe), è stato continuamente migliorato. Dopo la notifica di un evento verificatosi, la procedura di indagine inizia con l'invio di un documentalista e, se necessario, con l'organizzazione di un volo di ricognizione con l'elicottero. Il lavoro sul campo comprende la raccolta dei dati principali del processo, la documentazione fotografica e l'elaborazione di mappe in scala adeguata (almeno 1:25.000). Tutti questi dati vengono ulteriormente digitalizzati e archiviati in un database strutturato in moduli. Questo dataset è un semplice database di eventi che comprende oltre 1.700 eventi idrologici in Alto Adige. I suoi 14 attributi contengono informazioni sulla posizione esatta (geometria dei punti) e sull'ora su base giornaliera dell'evento, dettagli sui processi prevalenti e sui corpi idrici colpiti; le informazioni sui danni indotti da questi pericoli non sono incluse in questo database. Il database degli eventi idrologici ED30 comprende le seguenti categorie di pericolo: "Sedimentazione di sponda", "Frana", "Alluvione (inondazione)" e "Inondazione urbana".

#### IFFI

Il Servizio geologico d'Italia gestisce l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI). Questo inventario ha lo scopo di identificare e mappare i movimenti di massa gravitativi su tutto il territorio italiano, seguendo criteri standardizzati.

Questo set di dati molto completo comprende oltre 11.000 eventi franosi caratterizzati da 174 attributi per l'Alto Adige. Questi comprendono informazioni sulla localizzazione geografica (distretto, comune, posizione puntuale), sul tipo di pericolo e sul suo stato di attività, nonché - in circa un quinto delle voci - sulla data esatta dell'evento. Altre caratteristiche riguardano i danni indotti da questi eventi: danni alle persone (morti, evacuati o feriti), danni fisici (ad esempio alle infrastrutture critiche) e costi. Va detto che non tutte le informazioni sono disponibili per ogni evento. Per quanto riguarda le categorie di pericolo, l'IFFI distingue tra: "caduta/tappeto", "scivolamento rotazionale/traslazionale", "complesso", "flusso veloce", "movimento in profondità", "flusso lento", "area con cadute/tappeti diffusi", "area con scivolamenti poco profondi diffusi", "subsidenza" e "area con subsidenza diffusa".

### Dati relativi a danni ed eventi in Austria

#### WLK

Il Servizio austriaco per il controllo dei torrenti e delle valanghe ("Wildbach und Lawinenverbauung" (WLV)), fondato nel 1884, è un'agenzia subordinata del Ministero Federale Austriaco dell'Agricoltura, delle Regioni e del Turismo (BMLRT). La WLV si occupa tradizionalmente di torrenti e valanghe, che si verificano principalmente nella regione alpina. Tra i compiti del WLV vi sono: la dichiarazione delle zone di pericolo che

potrebbero comportare divieti di insediamento, la gestione della protezione civile e la fornitura di capacità di consulenza per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Queste (e molte altre) responsabilità richiedono la raccolta diligente di dati a lungo termine sui processi di pericolo, che sono raccolti nel "Wildbach- und Lawinenkataster (WLK)" (WLV, 2017). Il WLK comprende i processi di trasporto dei sedimenti fluviali, ovvero le inondazioni che contengono quantità di materiale solido fino a un quinto del loro volume; i processi simili alle colate detritiche - come in precedenza, ma con una frazione di materiale solido superiore a un quinto; le colate di fango, che trasportano contenuti solidi superiori al 50%; le inondazioni e le acque di superficie. Le frane si distinguono in frane rotazionali, ovvero movimenti che presentano una rotazione attorno a un asse parallelo ai pendii; frane traslazionali, ovvero frane con rotazione trascurabile; colate di terra e di detriti, in cui il materiale che scivola verso il basso è soggetto a una forte deformazione; frane poco profonde; blocchi singoli con dimensioni fino a 1 metro; blocchi di grandi dimensioni con dimensioni superiori a un metro; nonché frane di roccia (Enigl et al., 2019).

## GEORIOS

Fondato nel 1849, il Servizio geologico dell'Austria ("Geologische Bundesanstalt" (GBA)) è un'agenzia subordinata del Ministero federale austriaco per l'Istruzione, la Scienza e la Ricerca (BMBWF). I campi di attività comprendono la mappatura geologica, il monitoraggio dei processi e l'emissione di mappe con aree ad alto rischio per scopi di pianificazione. Proprio come nel caso della WLV, l'adempimento degli obblighi governativi del GBA richiede una base di dati altamente affidabile, completa e statisticamente solida. Questi dati solidi, raccolti in modo coscienzioso e a lungo termine sugli eventi di danno sono raccolti nel database "Geologischen Risiken Österreich (GEORIOS)" (Tilch et al., 2011). Pertanto, vengono impiegati diversi sistemi di osservazione. Tra questi vi sono, ad esempio, il telerilevamento, le indagini sul campo, le fotografie geografiche, gli inventari sistematici degli esperti delle aree indicizzate, le segnalazioni della popolazione e la digitalizzazione degli archivi storici. Per evitare le disomogeneità che possono derivare da formati, criteri di qualità e gradi di contenuto informativo diversi, il GBA dedica una parte consistente delle sue risorse a mantenere un ampio programma di assicurazione della qualità, che garantisce proprio questo. I registri GBA utilizzati in questo studio partono dal 1950 e coprono i seguenti processi gravitativi: frane, colate, cadute, movimenti di massa generali, movimenti di massa in roccia sciolta e movimenti complessi su larga scala (Enigl et al., 2019).

## VIOLA

Dal 1948, gli eventi meteorologici estremi relativi a danni e perdite osservati sono stati registrati da GEOSPHERE (ZAMG) sulla base dei rapporti dei media e pubblicati come cronaca annuale del maltempo negli Annuari GEOSPHERE o sul sito web di GEOSPHERE. I dati sono stati conservati in forma tabellare e testuale fino alla fine del 2015 e non sono stati inseriti in alcun database.

Nell'ambito del progetto VIOLA (Violent Observed Local Assessment), dal 2014 è in corso lo sviluppo di una piattaforma digitale per il maltempo. "VIOLA" consente di recuperare informazioni sugli eventi meteorologici gravi in Austria fino a una base sub-giornaliera. Vengono visualizzati eventi di breve durata come piogge abbondanti, grandine, fulmini e venti di ogni tipo, ma anche eventi di lunga durata come piogge continue, siccità e periodi di caldo o freddo che causano danni socio-economici. Inoltre, vengono presentati gli eventi dovuti agli effetti indiretti di eventi meteorologici estremi, come ad esempio le inondazioni dovute a piogge continue, le colate detritiche dovute a piogge intense o anche le valanghe dovute a nevicate intense. Il servizio web "VIOLA" è disponibile pubblicamente, ma contiene solo una parte dell'intero set di dati.

2 <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/unwetterchronik?jahr=2022&monat=11>

## Procedure di armonizzazione

Le diverse categorie di pericolo sono utilizzate in diverse fonti di dati. Per integrare questi set di dati in uno solo, è essenziale lo sviluppo e l'applicazione di un vocabolario uniforme. Per questo progetto, viene utilizzato il vocabolario della lista di codici "Specific Hazard Type", un'estensione del registro austriaco Inspire istituito nell'ambito del progetto CESARE.

Se si considerano i dati dei semplici eventi, il processo di armonizzazione si completa con l'armonizzazione delle categorie di pericolo, della data e del luogo. Tuttavia, se i database dei danni vengono uniti, devono essere armonizzati altri indicatori come il tipo di elemento colpito e il proprietario dell'oggetto. Anche per questi è stato creato un vocabolario controllato nell'ambito del progetto CESARE. Tutte le definizioni si basano su standard e raccomandazioni internazionali, standard nazionali e "best practice". Per ulteriori dettagli sul progetto CESARE, si rimanda a Themessl et al., 2022.

## Sintesi e raccomandazioni

- L'uso di metodologie standardizzate per la gestione dei dati è altamente auspicabile. Soluzione di compromesso: implementazione di interfacce di interoperabilità leggere, per estrarre un sottoinsieme dei dati disponibili in conformità, ad esempio, agli standard europei e condividerli pubblicamente senza interrompere i flussi di lavoro esistenti.
- Laddove non esiste ancora una raccolta sistematica di dati sull'impatto, si potrebbero adottare semplici soluzioni operative (ad esempio, basate su sottoinsiemi di modelli di segnalazione dei danni esistenti) per avviare un'attività di raccolta sistematica dei dati senza incidere in modo significativo sulle risorse disponibili.
- Un approccio aperto ed equo ai dati e alle informazioni dovrebbe essere perseguito finché non si tratta di dati sensibili.
- In generale, e in particolare nelle regioni vicine ai confini nazionali, le informazioni e i rapporti sugli impatti e sui danni dovrebbero essere forniti anche in inglese o nelle lingue dei vicini. Ciò consentirebbe una più facile circolazione e condivisione delle informazioni rilevanti con evidenti vantaggi reciproci.
- Dovrebbe essere condotta un'analisi approfondita dei meccanismi di impatto legati a diversi pericoli e ai loro fattori condizionanti, per comprendere meglio (e formalizzare) le relazioni causali che portano a impatti complessi e che consentono un'attribuzione più coerente degli impatti diretti e indiretti alle loro cause principali nel caso di eventi complessi ed estremi. Ciò consentirebbe anche di tracciare gli impatti indiretti su archi temporali più lunghi e ben oltre la portata dei pericoli causali (ad esempio, l'aumento della frequenza delle valanghe in una determinata area potrebbe essere ricondotto a una precedente tempesta di vento che ha abbattuto gli alberi).

3 <https://registry.inspire.gv.at/codelist/SpecificHazardTypeValue>

4 <https://projekte.ffg.at/projekt/3307382>

# La piattaforma di mappatura Web-GIS TRANS-ALP

Piero Campalani, Andrea Vianello (EURAC Research)

La possibilità di raccogliere, visualizzare e condividere dati geospaziali relativi alle diverse componenti del rischio è di grande importanza per le autorità di protezione civile. Sebbene siano disponibili diverse soluzioni software gratuite e open-source di alta qualità, l'implementazione di una piattaforma in grado di armonizzare i dati provenienti da fonti diverse in modo efficiente e sostenibile potrebbe rivelarsi ancora impegnativa. Il progetto TRANS-ALP ha personalizzato con successo una soluzione tecnica fornita da EURAC Research per raccogliere i dati dai partner del progetto e dalle parti interessate e renderli disponibili durante il progetto e oltre. La piattaforma sviluppata si è rivelata utile e potrebbe costituire un buon esempio per gli stakeholder e gli operatori del settore che necessitano di soluzioni tecnicamente valide e sostenibili per la gestione dei dati al fine di migliorare la gestione dei rischi naturali.

## Descrizione della piattaforma

Il progetto TRAN-ALP si è basato sul portale web Maps, gestito da Eurac Research, per raccogliere, analizzare e condividere set di dati e documenti spaziali. Il portale è un componente della Piattaforma Dati Ambientali (Environmental Data Platform, EDP) che fornisce ai ricercatori diversi strumenti web per semplificare la ricerca e le collaborazioni tra i partner del progetto. Il portale Maps è distribuito come applicazione GeoNode (geonode.org), un sistema open-source di gestione dei contenuti geospaziali (GCMS) della Open-Source Geospatial Foundation (OSGeo). Permette agli utenti di caricare dataset ("layer") spazialmente espliciti, sia vettoriali che raster, documenti ausiliari e di gestire i loro metadati in modo ricco e conforme agli standard, favorendo lo sviluppo collaborativo.

Il portale fornisce un'interfaccia facile da usare sia per gli amministratori che per gli utenti per la gestione dei metadati dei dataset e include un controllo fine di autenticazione e autorizzazione. La possibilità di creare gruppi di utenti è una caratteristica particolarmente vantaggiosa per la gestione e la manutenzione dei dataset e per il loro controllo di accesso: i gruppi sono associati a progetti specifici o ad altri gruppi di lavoro di utenti, come ad esempio gruppi amministrativi o relativi ad argomenti. Attualmente circa 10 progetti diversi utilizzano con successo il portale Maps, per un totale di oltre 100 account attivi e un catalogo di oltre 250 set di dati, come si può vedere nella Figura 1.

## Environmental Data Platform

EDP is an open source platform for sharing geospatial data and maps. Here you can upload your own datasets by yourself and set permission. The Platform is managed by the **Center for Sensing Solutions** of Eurac Research.

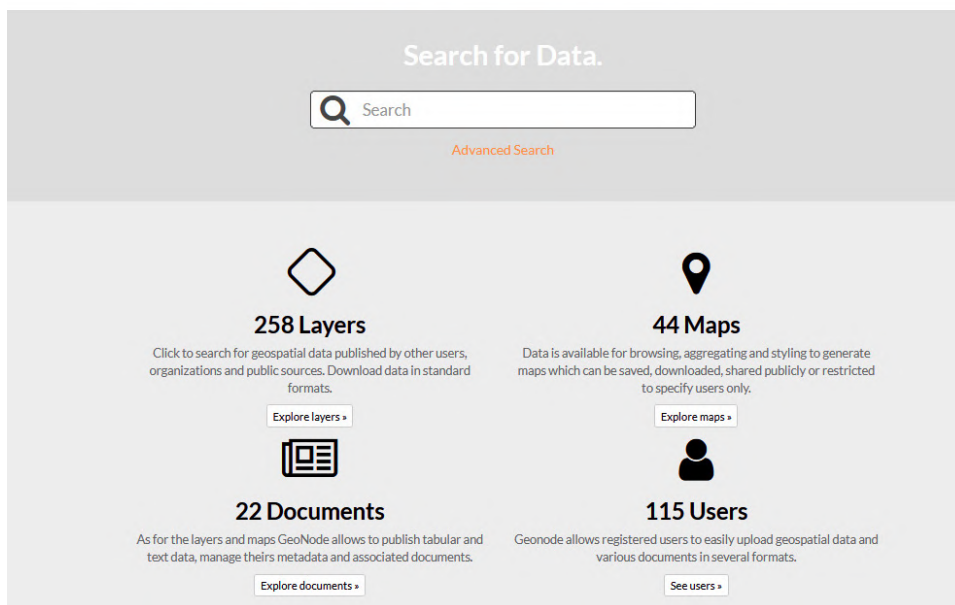


Fig. 1: Home page del componente "Maps" della Environmental Data Platform, disponibile all'indirizzo <https://maps.eurac.edu>

La piattaforma Maps si basa su una serie di blocchi robusti ben noti:

1. PostgreSQL: il sistema di gestione dei database relazionali;
2. Django: un framework web Python di alto livello;
3. Geoserver: server open source per la condivisione di dati geospaziali;
4. Mapstore: cartografia web moderna con OpenLayers, Leaflet e ReactJS;
5. Implementazione di un servizio di catalogo OARec e OGC-CSW scritto in Python.

Quando si carica un nuovo set di dati vettoriali o raster su Maps, il responsabile dei dati può configurarne l'accesso sia agli utenti registrati che ai visitatori esterni, controllando tutti gli aspetti dell'accesso ai dati: dalla semplice visualizzazione, al download dei dati veri e propri, allo styling, al record di metadati, ecc. Il livello diventa immediatamente disponibile nel catalogo online attraverso i noti servizi web OGC W\*S e viene fornito l'URL della sua pagina di destinazione (nella Figura 2 un esempio). In seguito, l'utente viene guidato in una compilazione guidata passo dopo passo dei suoi metadati, evidenziando quali campi sono strettamente obbligatori per un'accessibilità FAIR al livello.



## SOUTH TYROL: Population flow comparison with traffic counts

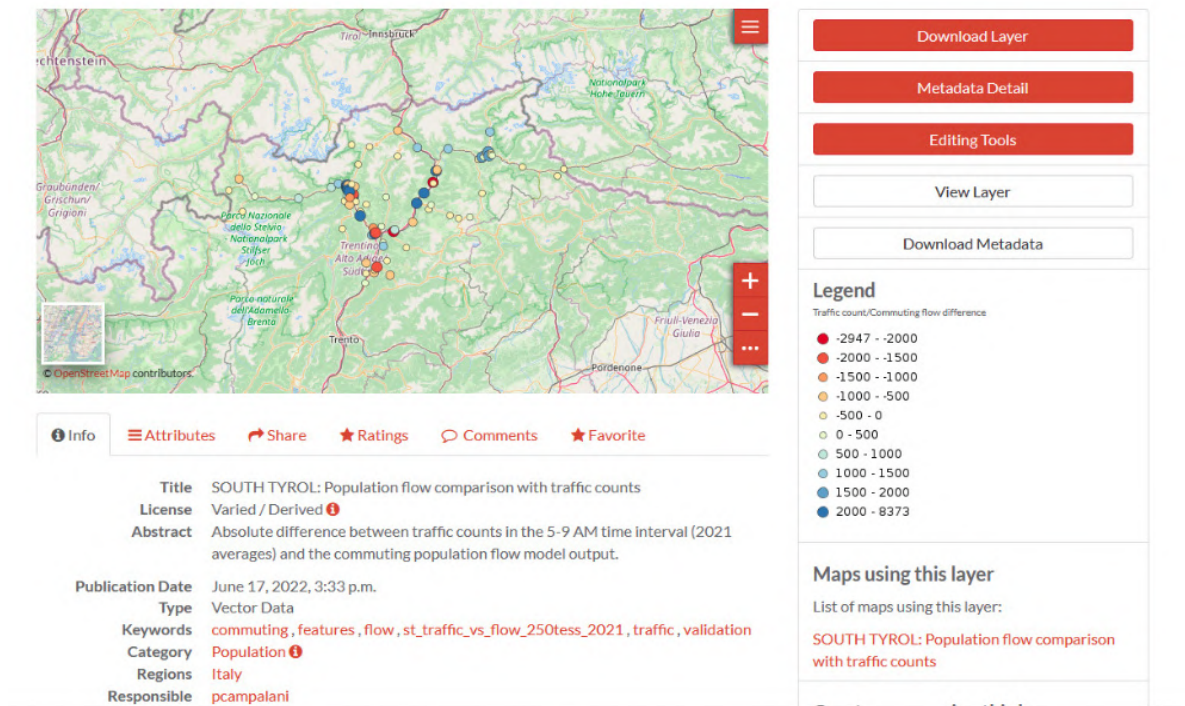


Fig. 2: Esempio di landing page di uno strato geo-spaziale nel portale "Maps": la mappa interattiva, la visualizzazione dei metadati, la descrizione degli attributi dei dati, le opzioni di condivisione e di valutazione, i link per il download dei (meta)dati e altre funzionalità sono fornite dalla GUI.

Inoltre, Maps funge anche da web-GIS, consentendo agli utenti di sovrapporre diverse fonti di dati - i "layers" - per formare mappe più ricche. Quando si crea una mappa, l'utente può personalizzarne completamente lo stile e l'aspetto, l'ordine Z dei livelli o decorarla con un'ampia gamma di widget per massimizzare la capacità di comunicare i risultati a un pubblico esterno (la Figura 3 fornisce un esempio visivo). Una volta salvata, una mappa può essere facilmente condivisa con un semplice link HTTP o addirittura incorporata in pagine web esterne (come oggetti iframes HTML).

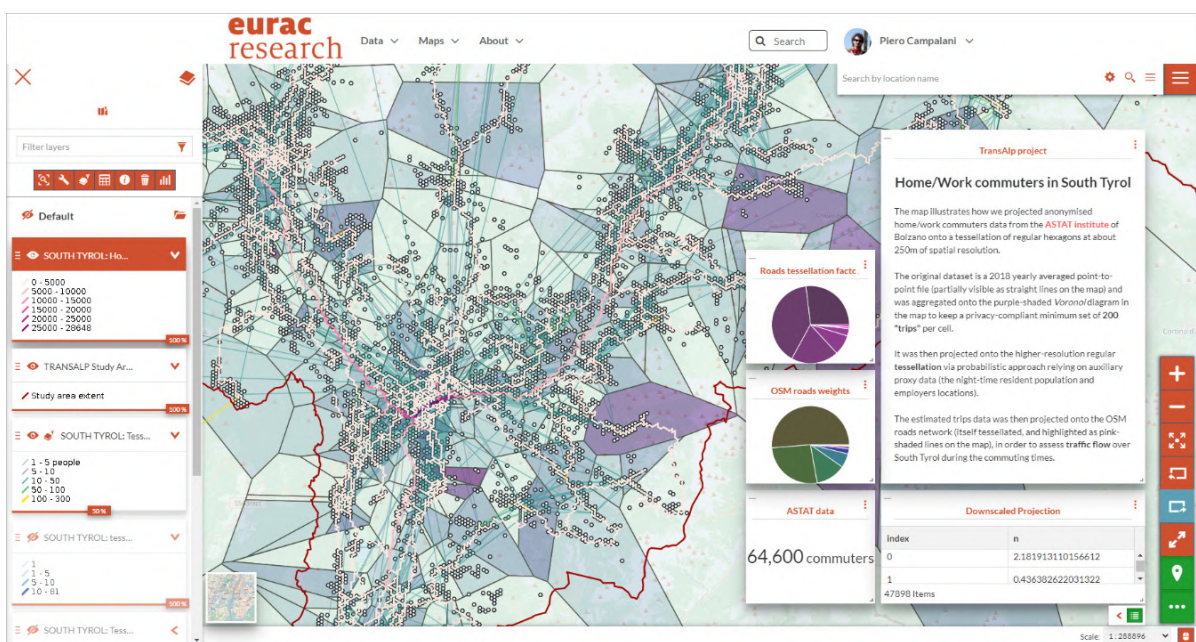


Fig. 3: Un esempio di "mappa", cioè una composizione di più fonti di dati - "layers" - con uno stile personalizzato e widget informativi in sovrapposizione, tra cui contatori di dati, grafici a torta, tabelle di attributi o testo descrittivo: le mappe forniscono un potente mezzo per comunicare efficacemente i risultati a un pubblico esterno.

Maps può importare “a cascata” set di dati da servizi esterni interoperabili consumando servizi web OGC, aumentando ulteriormente il potenziale del portale per la creazione di mappe significative, senza dover duplicare gli sforzi su risorse geo-spaziali pronte all'uso.

## Discussione

Nell'ambito del progetto TRANS-ALP, abbiamo utilizzato costantemente il portale Maps, che si è rivelato uno strumento molto efficace sia per costruire un catalogo di dati organizzato sia per rendere semplice la condivisione dei risultati. La prova di questo intenso utilizzo del portale Maps è rappresentata dai quasi 80 dataset geo-spaziali (la maggior parte dei quali disponibili pubblicamente), dalle 14 mappe e dai 20 documenti ausiliari che sono stati prodotti e immediatamente pubblicati online sia per gli utenti registrati che per gli attori esterni.

Il vantaggio più evidente del portale è stato sicuramente il risparmio di tempo e fatica derivante dall'interazione online via browser con i risultati: la visualizzazione interattiva, la rapida esplorazione dei metadati e alcune capacità di analisi di base hanno avuto un grande impatto nel promuovere una collaborazione e una condivisione agili tra i partner del progetto. Inoltre, la possibilità di collegarsi senza problemi al catalogo online di Maps da software GIS esterni ben noti, come QGIS o ArcGIS, ha reso anche la creazione collaborativa degli output un processo molto più semplice.

Tuttavia, va sottolineato che il portale Maps non deve essere confuso con uno strumento di monitoraggio online per, ad esempio, early-warning o now-casintg di informazioni relative a pericoli e rischi, anche se sarebbe sicuramente un elemento fondamentale di tali applicazioni. Le sue capacità sono quelle di un sistema agnostico di gestione dei contenuti, una libreria interattiva di fonti di dati con alcune funzioni GIS moderatamente avanzate.

## Sintesi e raccomandazioni

Come sottolineato nelle sezioni precedenti, l'esperienza con il portale Maps è stata nel complesso estremamente positiva e il suo utilizzo per la valutazione del rischio di catastrofi oltrepasserà i termini del progetto, anche in considerazione del fatto che lo sviluppo del software open source GeoNode, che Maps utilizza, è continuamente supportato da un'ampia gamma di utenti e sviluppatori in tutto il mondo. Ciò significa che la disponibilità delle decine di strati e mappe prodotte nell'ambito del progetto TRANS-ALP continuerà anche in futuro, sostenendo ulteriormente la collaborazione con gli stakeholder del progetto.

I decisori o i ricercatori interessati sono incoraggiati a esplorare il catalogo di dati e mappe del gruppo nel portale e a contattare i membri del gruppo “Progetto TRANS-ALP - Pubblico” per comunicare intenti di collaborazione e discussione in merito.

5 [https://maps.eurac.edu/layers/?group\\_group\\_profile\\_slug\\_in=trans-alp-project-public](https://maps.eurac.edu/layers/?group_group_profile_slug_in=trans-alp-project-public)

6 [https://maps.eurac.edu/maps/?group\\_group\\_profile\\_slug\\_in=trans-alp-project-public](https://maps.eurac.edu/maps/?group_group_profile_slug_in=trans-alp-project-public)

7 <https://maps.eurac.edu/groups/group/trans-alp-project-public>

## Conclusioni

Le attività del progetto TRANS-ALP hanno aperto la strada verso una migliore comprensione della complessa interazione tra pericolosità, esposizione e vulnerabilità, anche in relazione agli effetti a cascata, nelle aree alpine tra il confine Italiano e Austriaco. È stata fornita una definizione più oggettiva del concetto di "evento estremo" nella regione, basata su analisi statistiche. Ciò ha permesso di rivedere i dati climatologici del passato e di descrivere meglio le anomalie spaziali e temporali, ad esempio in termini di precipitazioni, associate agli eventi dannosi transfrontalieri. Queste informazioni potrebbero essere ulteriormente utilizzate dalla protezione civile per affinare i modelli di pericolosità e di impatto. L'apparente tendenza positiva nella frequenza e nell'intensità degli eventi estremi nell'ultimo decennio è supportata dall'analisi condotta sugli scenari climatici, il che significa che il cambiamento climatico potrebbe portare a un'intensificazione degli eventi estremi nel prossimo futuro. Questa constatazione dovrebbe favorire ulteriori sforzi per armonizzare le attività di riduzione del rischio di disastri (DDR) e di adattamento ai cambiamenti climatici (CCA), cercando una più stretta collaborazione tra le autorità di Protezione Civile e decisori locali, considerando esplicitamente la potenziale evoluzione temporale dei pericoli direttamente (piogge intense, raffiche di vento) e indirettamente (inondazioni improvvise, frane) connessi al clima. Nel progetto è emerso anche che, nonostante i numerosi sforzi, manca ancora un quadro coerente, sistematico e completo per documentare gli impatti degli eventi estremi sui sistemi socio-ecologici colpiti. Questa sfida dovrebbe essere affrontata per migliorare le previsioni di impatto e le procedure di allerta, fornendo dati e conoscenze aggiornate. In termini di analisi del rischio, le attività del progetto hanno evidenziato la necessità di fornire quadri coerenti per la previsione quantitativa dell'impatto multirischio e per l'analisi. Ciò potrebbe comportare l'integrazione di metodologie e procedure attualmente non utilizzate di routine dalla di Protezione Civile, tra cui, ad esempio, la simulazione computazionale che utilizza modelli aggregati di esposizione e vulnerabilità multirischio, includendo anche componenti sistemiche come, ad esempio, il trasporto stradale. Un modello prototipo è stato implementato nel progetto ed è a disposizione di ricercatori e professionisti per ulteriori test e integrazioni.

Per fornire un esempio pratico di alcune delle metodologie proposte, TRANS-ALP ha affrontato il cambiamento delle condizioni di rischio dovuto agli impatti a cascata sulle aree boschive in seguito a un'intensa tempesta, come osservato nel caso di VAIA. Un protocollo sistematico di rivalutazione del rischio valanghe è stato proposto ed esemplificato nell'area pilota della Valle del Cordevole e comprende procedure analitiche innovative e raccomandazioni per adattare dinamicamente l'analisi del rischio valanghe che sono state utilizzate con successo dalle autorità locali di protezione civile. Questo banco di prova potrebbe costituire un utile esempio per gli operatori e le autorità di tutto l'arco alpino.

Tutti i dati raccolti, assemblati o generati nell'ambito del progetto TRANS-ALP sono stati raccolti, archiviati e resi accessibili ai partner del consorzio e agli stakeholder del progetto in un'avanzata piattaforma GIS e di visualizzazione dei dati basata sul web che consente una gestione e una condivisione coerente dei dati per un'ulteriore integrazione delle informazioni disponibili e delle metodologie proposte nelle attività di protezione civile attuali e future. I risultati del progetto TRANS-ALP hanno evidenziato la necessità di attività di ricerca approfondite nel campo degli eventi estremi e dell'esigenza di un rafforzamento della collaborazione tra gli enti di ricerca, la protezione civile, e gli operatori coinvolti nelle attività di riduzione del rischio di disastri e di adattamento ai cambiamenti climatici.

## Bibliografia

Beck, C., Jacobeit, J., and Jones, P. (2007). Frequency and within-type variations of large-scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in Central Europe since 1780. *Int. J. Climatology*, 27:473–491.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT). (2018): Richtlinie Für Den Wilbach- Und Lawinenkataster (WLK-RL); Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: Vienna, Austria <https://info.bml.gv.at/dam/jcr:ad84fd20-46ab-4560-9789-ecb861fbc3b4/Richtlinie%20f%C3%BCr%20den%20Wildbach-%20und%20Lawinenkataster.pdf>

Crespi, A., Matiu, M., Bertoldi, G., Petitta, M., and Zebisch, M.: A high-resolution gridded dataset of daily temperature and precipitation records (1980–2018) for Trentino-South Tyrol (north-eastern Italian Alps), *Earth Syst. Sci. Data*, 13, 2801–2818, <https://doi.org/10.5194/essd-13-2801-2021>, 2021.

Enigl, K., Matulla, C., Schlögl, Matthias & Schmid, Franz. (2019). Derivation of canonical total-sequences triggering landslides and floodings in complex terrain. *Advances in Water Resources*. 129.10.1016/j.advwatres.2019.04.018.

European Environment Agency (EEA) (2016): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 – An indicator based record, ISBN: 978-92-9213-835-6.

Feyen, L., Dankers, R., Bódis, K., Salamon, P., and Barredo, J. I. (2012): Fluvial flood risk in Europe in present and future climates. *Climatic Change*, 112, 47–62. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0339-7>.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2020): The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Hiebl, J., Frei, C., 2017. Daily precipitation grids for Austria since 1961 – development and evaluation of a spatial dataset for hydroclimatic monitoring and modelling. *Theor. Appl. Climatol.* 132, 327–345. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2093-x>.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896

Macconi, P., and Sperling, M. (2008). Il sistema di documentazione eventi ED30. In IHR- Sistema Informativo sui rischi idrogeologici. Bolzano. (Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige, Ripartizione Opere Idrauliche ed.).

Philipp, A., Bartholy, J., Beck, C., Erpicum, M., Esteban, P., Fettweis, X., Huth, R., James, P., Jourdain, S., Krienkamp, F., Krennert, T., Lykoudis, S., Michalides, S. C., Pianko-Kluczynska, K., Post, P., Alvarez, D. R., Schiemann, R., Spekat, A., Tymvios, F. S. (2010): Cost733cat - a database of weather and circulation type classifications. *Phys. Chem. Earth.*, 35, 360–373. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2009.12.010>.

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., Samir, K. C., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Da Silva, L. A., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J. C., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A., and Tavoni, M. (2017): The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use,

and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob. Environ. Change*, 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloen-vcha.2016.05.009>

Themessl, M.; Enigl, K.; Reisenhofer, S.; Köberl, J.; Kortschak, D.; Reichel, S.; Ostermann, M.; Kienberger, S.; Tiede, D.; Bresch, D.N.; Rössli, T.; Lehner, D.; Schubert, C.; Pichler, A.; Leitner, M.; Balas, M. Collection, Standardization and Attribution of Robust Disaster Event Information—A Demonstrator of a National Event-Based Loss and Damage Database in Austria. *Geosciences* 2022, 12, 283. <https://doi.org/10.3390/geosciences12080283>

Tilch, N., Kociu, A., Haberler, A., Melzner, S., Schwarz, L., Lotter, M. (2011): The Data Management System Georios of the Geological Survey of Austria (GBA); Geological Survey of Austria—Department of Engineering Geology: Vienna, Austria

Trigila, Alessandro & Iadanza, Carla & Spizzichino, Daniele. (2008). IFFI Project (Italian Landslide Inventory) and risk assessment. *Proceedings of the 1st World Landslide Forum*. 603-606.

WLV, 2017. Wildbach- und Lawinenkataster (WLK), Modul Ereigniskataster (EKM), Stand Okt. 2017. <https://naturgefahren.die-wildbach.at>.

# Getting in Touch with the TRANS-ALP Partnership

**eurac**  
research

**Eurac Research**  
Massimiliano.Pittore@eurac.edu  
+39 0471 055285

[www.eurac.edu](http://www.eurac.edu)



**EPC – European Project Consulting**  
Federico.carollo@epcsrl.eu  
+39 0444 169000

[www.epcsrl.eu](http://www.epcsrl.eu)



**BFW - Austrian Research Centre for Forests**  
Michaela.teich@bfw.ac.at  
+43 664 885 082 87

[www.bfw.ac.at](http://www.bfw.ac.at)



**Arpa Veneto - Agenzia Regionale  
per la Prevenzione Ambientale del Veneto**  
Fabrizio.tagliavini@arpa-veneto.it

[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)



**Geosphere Austria**  
Klaus.Haslinger@geosphere.at  
+43 664 822 07 98

[www.geosphere.at](http://www.geosphere.at)

