

RELAZIONI TRA VALANGHE E INDICI TELECONNETTIVI

Carlo Bee¹, Daniel Zugliani¹ & Giorgio Rosatti¹

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università di Trento, Trento, Italia.

ASPETTI CHIAVE:

- *Viene proposta una correlazione tra gli indici teleconnettivi maggiormente rilevanti per la regione alpina e le valanghe*
- *Sono analizzate due regioni italiane, la Valle d'Aosta e il Veneto, in quanto dispongono di catasti valanghe piuttosto completi e rappresentano due aree orograficamente diverse nella catena alpina*
- *L'analisi mostra correlazioni significative ma con importanti differenze tra le due aree di studio*

1 INTRODUZIONE

Gli indici teleconnettivi rappresentano pattern ricorrenti e significativi di anomalie di pressione e di circolazione atmosferica ed oceanica. Essi sono caratterizzati da una scala spaziale anche molto ampia, abbracciando per intero continenti o bacini oceanici e una bassa frequenza temporale, che va da pochi mesi e a qualche anno. Gli indici più noti ed utilizzati per l'Europa sono NAO (North Atlantic Oscillation) e AO (Arctic Oscillation). Questi pattern, riflettendo variazioni nella circolazione generale, nel jet-stream e nella temperatura superficiale del mare, influenzano le principali variabili meteorologiche, quali ad esempio temperatura e precipitazione, su vaste aree. Per questo motivo, essi sono spesso un'utile componente delle previsioni meteorologiche stagionali. Nondimeno, il loro utilizzo nel campo della previsione valanghe è ad oggi ancora quasi inesistente.

In letteratura, è stata identificata una connessione tra NAO e attività valanghiva in Islanda (*Keylock, 2003*) e nei Pirenei (*García-Sellés et al., 2009*), mentre ENSO (El Niño Southern Oscillation) è stata ritenuta rilevante per la British Columbia, sulla costa occidentale del Nord America (*McClung, 2013*). Tuttavia, non sono stati condotti studi sulle Alpi italiane e questo lavoro si propone di fornire alcune indicazioni sulle possibili correlazioni tra alcuni indici teleconnettivi che influenzano l'evoluzione meteorologica stagionale nell'Europa meridionale e gli eventi valanghivi.

La regione alpina, data la sua posizione geografica, si trova in un'area in cui l'influenza dell'Oceano Atlantico si sovrappone a quella del Mar Mediterraneo. Di conseguenza, in questo studio si è voluto considerare, oltre ai più noti indici teleconnettivi NAO e AO, anche la WeMO (Western Mediterranean Oscillation) (*Martin-Vide & Lopez-Bustins, 2006*).

2 DATI E METODO

2.1 Dati

In Italia gli eventi valanghivi sono registrati dagli Uffici afferenti ad AINEVA, Associazione Interregionale per la Neve e le Valanghe e dal METEOMONT, il servizio di meteorologia montana dell'Esercito Italiano e dell'Arma dei Carabinieri.

Per garantire la robustezza delle varie analisi effettuate nel presente studio, ci siamo concentrati solo sulle regioni Valle d'Aosta e Veneto, i cui dati sono tra i più accurati e completi. Inoltre, l'estensione temporale di questi set di dati si sovrappone nel periodo 2005-2023, consentendo così un raffronto diretto.

Il Catasto Regionale Valanghe della Valle d'Aosta è una banca dati Oracle che attualmente contiene informazioni su circa 2300 siti che interessano il 18% della superficie della regione.

Le prime registrazioni risalgono al 1970 e le osservazioni sistematiche sono disponibili dal 2005 in poi. Nel periodo 2005-2023, la banca dati contiene 6539 registrazioni, di cui 4784 sono state considerate nel presente studio come corrispondenti a valanghe spontanee, cioè non innescate dall'attività umana. I dati sono organizzati secondo lo schema generale presentato nel "Modello 7" di Aineva e sono accessibili come descritto in *Debernardi & Segor, 2013*.

La banca dati del Veneto è disponibile e scaricabile dal WebGis di ARPAV, l'agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Veneto. Contiene oltre 2000 siti valanghivi, registrati dal 1979 ad oggi. Per il presente studio sono state prese in considerazione complessivamente 830 valanghe spontanee verificatesi nel periodo 2005-2023. I dati sono organizzati, similmente alla Valle d'Aosta, secondo le schede "Modello 7" e sono consultabili anche tramite un'interfaccia WebGis.

I dati di NAO ed AO sono stati desunti dagli archivi della NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). I dati di WeMO sono disponibili dall'archivio del gruppo di Climatologia dell'Università di Barcellona e limitati al 2020.

Tutti i dataset sono stati opportunamente aggregati per considerare l'anomalia stagionale invernale di ciascuna oscillazione.

2.2 Metodo

A partire dagli eventi valanghivi censiti sono stati calcolati i giorni con attività valanghiva, per ciascuna stagione invernale e area di studio. La scelta è mirata a ridurre l'errore presente all'interno dei dati dei catasti valanghe, il quale si origina laddove, soprattutto durante estesi periodi di maltempo con intensa attività valanghiva, per difficoltà operative o per motivi di sicurezza non è possibile procedere al censimento di tutti gli eventi accaduti.

Il dataset così ottenuto è stato confrontato con gli indici teleconnettivi per trovare possibili correlazioni tra i due set di dati.

Si sono utilizzati i coefficienti di correlazione di Pearson e Spearman per valutare la relazione tra i dati delle serie temporali delle variabili (giorni di attività valanghiva, NAO, AO e WeMO). Questi coefficienti valutano la covarianza tra due variabili, offrendo informazioni sulla forza e sulla direzione della loro associazione. Un coefficiente di correlazione (R) vicino a +1 o -1 indica rispettivamente una forte relazione positiva o negativa. Al contrario, un valore pari a 0 non suggerisce alcuna associazione distinguibile tra le variabili. Per ogni coefficiente R è stato calcolato il livello di significatività p , ovvero il valore di soglia che determina se un dato risultato possa essere considerato statisticamente significativo. In questo caso, il valore scelto è $p = 0.10$ (Terzago et al., 2013).

3 RISULTATI E COMMENTI

I risultati presentati in Tabella 1 evidenziano un'interessante relazione tra il numero di giorni con attività valanghiva e gli indici NAO ed AO nel Veneto. Infatti, considerando i dati nel periodo in esame, l'indice di correlazione mostra una associazione negativa contraddistinta da buona significatività statistica. I valori di R , prossimi a -0.4 rispetto a NAO e -0.5 rispetto ad AO, sono paragonabili a quelli ottenuti con precedenti studi su altre zone montuose dell'Europa meridionale (es. Garcia-Sellés et al., 2009).

Per quanto riguarda la Valle d'Aosta, la correlazione con NAO ed AO appare invece sostanzialmente inesistente. Questo risultato si trova in accordo con Jomelli et al. (2007), che escludevano l'influenza dell'indice NAO sulle valanghe in una zona geograficamente contigua nelle Alpi francesi.

Un'ipotesi che potrebbe motivare in parte questo comportamento sono le importanti differenze orografiche e geografiche all'interno della catena alpina tra le due aree di studio. Ricordando che valori di NAO negativa generalmente riflettono una differenza di pressione minore alla norma nel dipolo atlantico, ad essi sono associati venti zonali più deboli, assieme ad una maggiore variabilità nell'Europa centro-meridionale. Similmente, valori di AO negativi rappresentano situazioni in cui la corrente a getto è più ondulata e le intrusioni di aria fredda di origine polare verso le medie latitudini sono favorite. In queste situazioni, in cui le Alpi spesso sono caratterizzate da perturbazioni con temperature rigide, è facile immaginare che la copertura nevosa sia presente con continuità a quote più basse rispetto alla media, influenzando l'attività valanghiva soprattutto alle quote medie tipiche del Veneto. Inoltre, in caso di perturbazioni dovute a fronti provenienti dai quadranti occidentali, i settori centro-orientali delle Alpi italiane sono generalmente interessati da accumuli maggiori rispetto a molti settori delle Alpi occidentali, dove localmente si possono instaurare anche condizioni di föhn.

La maggiore quota media dei siti valanghivi della Valle d'Aosta rispetto a quelli del Veneto e di conseguenza una stagione valanghiva più lunga è una possibile motivazione anche del numero di giorni valanghivi più elevato registrati di norma in Valle d'Aosta rispetto al Veneto (Figura 1).

Infine, l'indice WeMO mostra una correlazione di segno positivo per la Valle d'Aosta, seppur non statisticamente significativa, mentre per il Veneto essa è sostanzialmente nulla (Tabella 1).

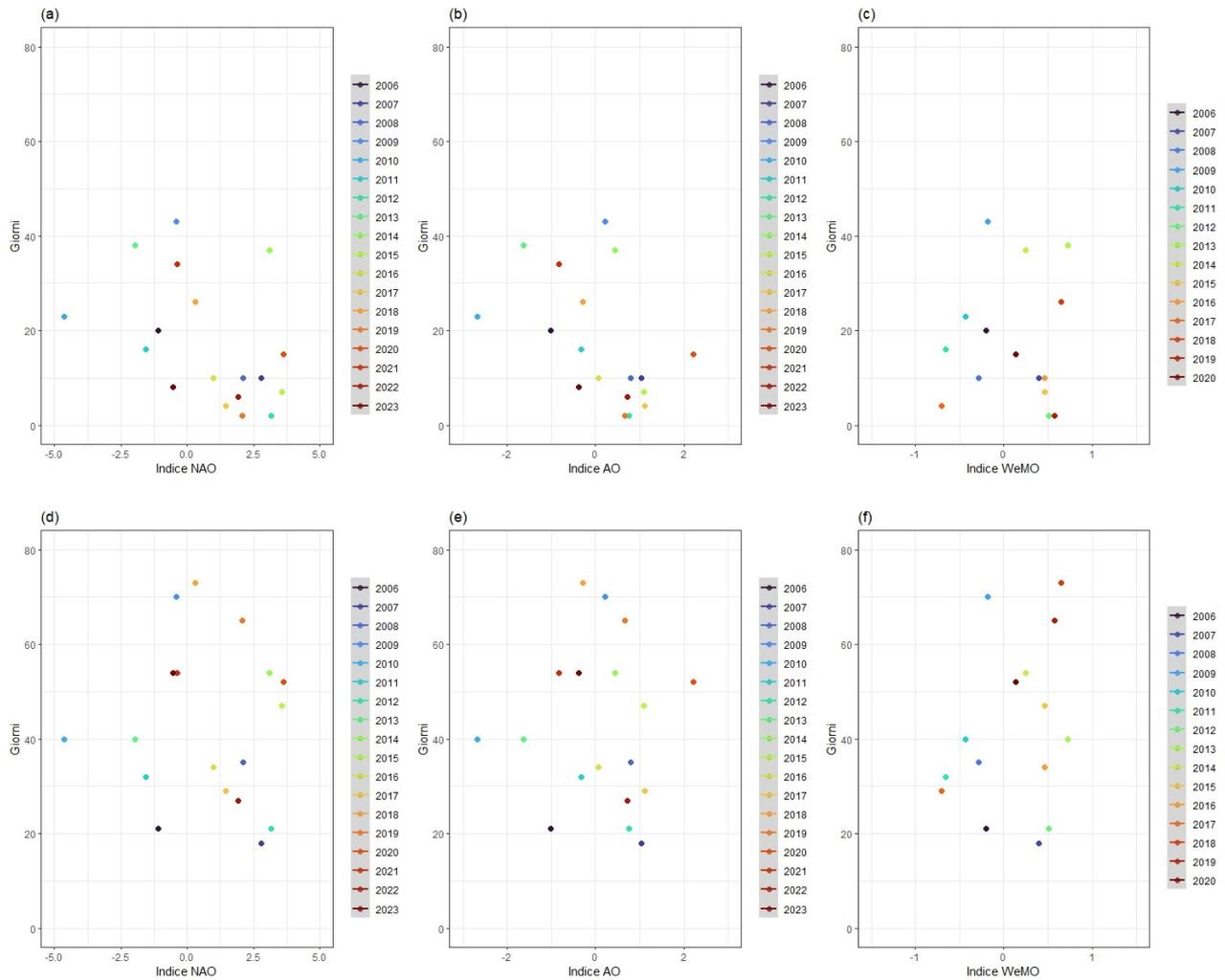


Figura 1. Scatter plot dei giorni con attività valanghiva al variare dell'indice di teleconnessione indagato per il Veneto - (a) NAO, (b) AO e (c) WeMO - e per la regione Valle d'Aosta - (d) NAO, (e) AO e (f) WeMO.

	NAO	AO	WeMO
Veneto - Pearson	-0.44, 0.06	-0.48, 0.05	0.02, 0.94
Veneto - Spearman	-0.48, 0.04	-0.57, 0.01	0.03, 0.92
Valle d'Aosta - Pearson	-0.05, 0.84	-0.03, 0.91	0.27, 0.33
Valle d'Aosta - Spearman	-0.07, 0.78	-0.19, 0.45	0.32, 0.24

Tabella 1. Coefficiente di correlazione e livello di significatività (R , p) per ciascun indice di teleconnessione indagato, valutati per le due aree di studio con i metodi di Pearson e Spearman.

4 CONCLUSIONI

La correlazione presentata tra NAO, AO e numero di giorni valanghivi sul Veneto è un punto di partenza importante che giustifica ulteriori studi al fine di ricercare significative corrispondenze tra alcuni dei più importanti indici teleconnettivi e l'attività valanghiva spontanea. Infatti, dettagliando maggiormente l'attività valanghiva registrata e correlandola a indici con prevedibilità a medio-lungo termine elevata, è probabile che si possano fornire indicazioni significative ai previsori valanghe rispetto alle peculiarità di ciascuna stagione invernale a partire dalle previsioni stagionali. Inoltre, sarebbe auspicabile estendere l'analisi anche ad altre regioni alpine italiane, laddove sia possibile raccogliere uno storico di eventi valanghivi sufficientemente robusto e dettagliato. Infine, si è verificata una debole relazione WeMO e numero di giorni valanghivi nelle Alpi occidentali. Sebbene al momento non possano essere tratte conclusioni, non è escluso che la stessa WeMO o altre oscillazioni mediterranee possano mostrare corrispondenze più significative rispetto a specifici sottoinsiemi delle valanghe osservate.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Criado-Aldeanueva, F. & Soto-Navarro, J. Climatic Indices over the Mediterranean Sea: A Review. *Applied Sciences*, 2020, 10(17), 5790.
- Debernardi, A. & Segor, A. The avalanche cadaster of the Valle d'Aosta Region (NW Italian Alps): the newborn web portal. *Proceedings of the International Snow Science Workshop, Grenoble - Chamonix Mont-Blanc*, 2013.
- García, S. C., Oller, P. & Martínez, P. Major avalanches in Eastern Pyrenees and North Atlantic Oscillation. *Proceedings of the International Snow Science Workshop, Davos*, 2009
- Jomelli, V., Delval, C., Grancher, D., Escande, S., Brunstein, D., Hetu, B., Filion, L., & Pech, P. Probabilistic analysis of recent snow avalanche activity and weather in the French Alps. *Cold Regions Science and Technology*, 2007, 47(1–2), pp. 180–192.
- Keylock, C. J. The North Atlantic Oscillation and snow avalanching in Iceland. *Geophysical Research Letters*, 30(5), 2003.
- Martin-Vide, J. & Lopez-Bustins, J. A. The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 2006, 26(11), pp. 1455–1475.
- McClung, D. M. The effects of El Niño and La Niña on snow and avalanche patterns in British Columbia, Canada, and central Chile. *Journal of Glaciology*, 2013, 59(216), pp. 783–792.
- Terzago, S., Fratianni, S. & Cremonini, R. Winter precipitation in Western Italian Alps (1926–2010). *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2013, 119(3–4), pp. 125–136.