

# VALANGHE dell' INVERNO 1916 - 1917

**Luigi Cavaleri, Bruno Ongaro**

Cai Venezia

**Yuri Brugnara**

Università di Berna, Svizzera

## **AVALANCHES IN WINTER 1916-1917**

*One of the worst meteorological disasters of history occurred in the Eastern Alps during the terrible winter 1916-1917. Following intense and prolonged snowfalls, many large avalanches killed thousands of military and civilians alike.*

*The numerical and meteorological instruments available today give us new possibilities to study these historical events in detail. By combining measurements and reports from those years with a high resolution meteorological study it is now possible to reconstruct events on a detailed scale that was not previously possible to obtain, and this scale can then be compared with details from past reports.*

*Studying past events and their impact also allows us to get a general idea of the situation when such events occurred, and get results that can be useful to forecast, where necessary, and limit their consequences in future. Referring to the intense snowfalls of winter 1916-1917, this study shows the advantages from combining information drawn from historical documents and current scientific knowledge in order to get better insight of the events discussed and their possible impact on society.*

Uno dei peggiori disastri meteorologici della storia avvenne nelle Alpi Orientali durante il terribile inverno 1916-1917. A seguito di intense e prolungate nevicate molte valanghe di grandi dimensioni uccisero ripetutamente migliaia di sia militari che civili. Le tecniche numeriche e meteorologiche oggi disponibili offrono nuove possibilità per studiare in dettaglio questi eventi storici. Il combinare le misure e le cronache dell'epoca con uno studio meteorologico ad alta risoluzione permette di ricostruire gli eventi in una scala di dettaglio precedentemente non possibile, scala confrontabile con i dettagli delle cronache dell'epoca.

Lo studiare gli episodi del passato e l'impatto che questi hanno avuto permette di avere un'idea generale della situazione in cui sono avvenuti, e di fornire risultati che possono essere utili per prevedere ove necessario, e limitare le conseguenze di, simili eventi. Con riferimento alle grandi nevicate dell'inverno 1916-1917, lo studio qui riportato dimostra i vantaggi di combinare l'informazione derivante dai documenti storici con le tecnologie e le conoscenze scientifiche attuali per derivarne una miglior conoscenza degli eventi discussi e del loro possibile impatto sulla società.



## VALANGHE

*Nella pagina precedente: riunione di massa sul ghiacciaio della Marmolada (25 novembre 1916) in onore del nuovo imperatore d'Austria Carlo 1°. Molti di questi uomini morirono 18 giorni dopo nella valanga del Gran Paz (foto: Libreria Nazionale Austriaca).*

Un secolo fa l'Europa era nel pieno di quella cui gli storici si riferiscono come Grande Guerra. Dichiarata dal Regno d'Italia all'Impero Austro-Ungarico il 23 maggio 1915 (quando diversi paesi ne erano già impegnati da quasi un anno), la guerra fu combattuta soprattutto su terreni di montagna il che permetteva reciproche difese molto ben organizzate. In effetti fino alla rotta di Caporetto dell'ottobre 1917 i cambiamenti di fronte furono molto limitati. Il costo in termini di vite umane fu enorme. In tre anni e mezzo di guerra vi furono circa 650.000 vittime da parte italiana e 400.000 da quella austriaca. In una guerra di quota che talvolta superava i 3.000 m le vittime causate dal freddo e dalle valanghe furono numericamente simili a quelle dovute al fuoco nemico. Vi furono perdite considerevoli anche per l'interruzione delle linee di rifornimento a causa delle valanghe.

Il rigido clima invernale (dati alla mano un secolo fa gli inverni erano ben più severi di adesso) imponeva la cessazio-

ne delle ostilità per interi mesi. La battaglia col nemico, che diventava allora un'altra persona nella stessa situazione, veniva sostituita da quella contro il freddo, il ghiaccio e la neve. Soprattutto in inverno e alle quote più alte, quando i combattimenti diventavano quasi impossibili, i soldati erano impegnati allo spasimo a difendersi dalla neve, a cercare di mantenere i collegamenti con il fondovalle per avere i rifornimenti di cibo e di legna per riscaldarsi, e a tenere le trincee sgombre. Con una precipitazione media di 2 m annui (di acqua; ricordiamo che come neve il volume è fino a 10 volte maggiore) le Alpi orientali sono fra le aree più "piovose" di tutta Europa. I soldati, vivi e morti, erano letteralmente, nel vero senso della parola, sepolti nella neve. I corpi dei soldati morti in quella situazione vengono tuttora progressivamente esposti dal ritiro dei ghiacciai, un triste ricordo di quell'assurda carneficina.

Il destino non fu favorevole con tutti questi soldati quando l'inverno del

1916-1917 si rivelò essere uno dei più nevosi del secolo. Fra il novembre 1916 ed il febbraio 1917 un pluviometro situato vicino a quello che è ora il confine fra Italia e Slovenia registrò 1.432 mm di precipitazione (ricordiamo il fattore moltiplicativo per la neve), corrispondente all'80% dell'attuale precipitazione annuale, per lo più concentrata in autunno e primavera. Dopo un febbraio molto secco, altri 560 mm caddero fra marzo ed aprile 1917. La Figura 1 mostra l'evoluzione invernale dello strato nevoso su tre differenti località. Su due di queste la profondità nevosa massima fu più del doppio di ogni valore poi raggiunto nel periodo 1931-1960. Teniamo conto che parliamo di stazioni di fondovalle dove 9 inverni su 10 il manto nevoso non superava all'epoca i 50 cm (oggi è quasi assente).

La guerra che si combatté in queste condizioni, in alta montagna sul fronte italo-austriaco, imponeva ai combattenti eccezionali doti di uomo e di soldato nel compimento del proprio dove-

*Valanga in Vermiglio, Trentino (1916) (foto: Libreria Nazionale Austriaca).*



re. Essa si svolge ad un'altezza oltre la quale si spegne ogni forma di vita e la stessa natura si fa nemica dell'uomo. È difficile ancor oggi riuscire a credere e a capire come le truppe alpine impegnate su quel fronte siano riuscite non solo a sopravvivere, ma a svolgere operazioni militari difficili ed audaci in luoghi tanto impervi ed in condizioni ambientali tanto estreme. Anche se ormai i due eserciti si erano organizzati per resistere alle alte quote con la costruzione di baracche, ricoveri, caverne nella roccia e decine di chilometri di teleferiche per i rifornimenti, la vita diventava lo stesso quasi impossibile. Precisi rapporti da testimoni dell'epoca suggeriscono che, per la maggior parte del fronte dallo Stelvio al Krn, lo strumento più importante per soldati e civili era la pala. In quell'inverno le valanghe cadevano con ritmo praticamente quotidiano, mietendo ogni giorno nuove vittime.

Diversi combattenti che vissero quelle drammatiche giornate hanno lasciato testimonianze scritte delle loro esperienze di una guerra che, fino ad allora, nessuno aveva mai vissuta (e che probabilmente neppure in futuro nessuno vivrà). Il tenente dei Kaiserjaeger Gunther Langes, di stanza sulla Marmolada, occupava una postazione poco sotto i 3000 m facente parte della cosiddetta "Città di ghiaccio", una serie di posizioni scavate nel ghiacciaio, collegate tra loro da gallerie pure scavate nella neve o nel ghiaccio. Egli riferisce che già nell'autunno del 1916, dopo una pesante nevicata di alcuni giorni, rimase bloccato nella sua postazione da una valanga che ne aveva ostruito l'accesso. Ci volle un giorno di duro lavoro per liberarsi e cercare di mettersi in collegamento con una vicina grande baracca dove si trovava il suo comando, circa 200 metri più in basso. Giunti sul posto trovarono solo i segni della catastrofe che l'aveva colpita: la baracca era completamente distrutta e i 50 uomini che la occupavano erano tutti morti.

Tuttavia ci fu un giorno particolare che entrò tragicamente nei libri di storia: fu

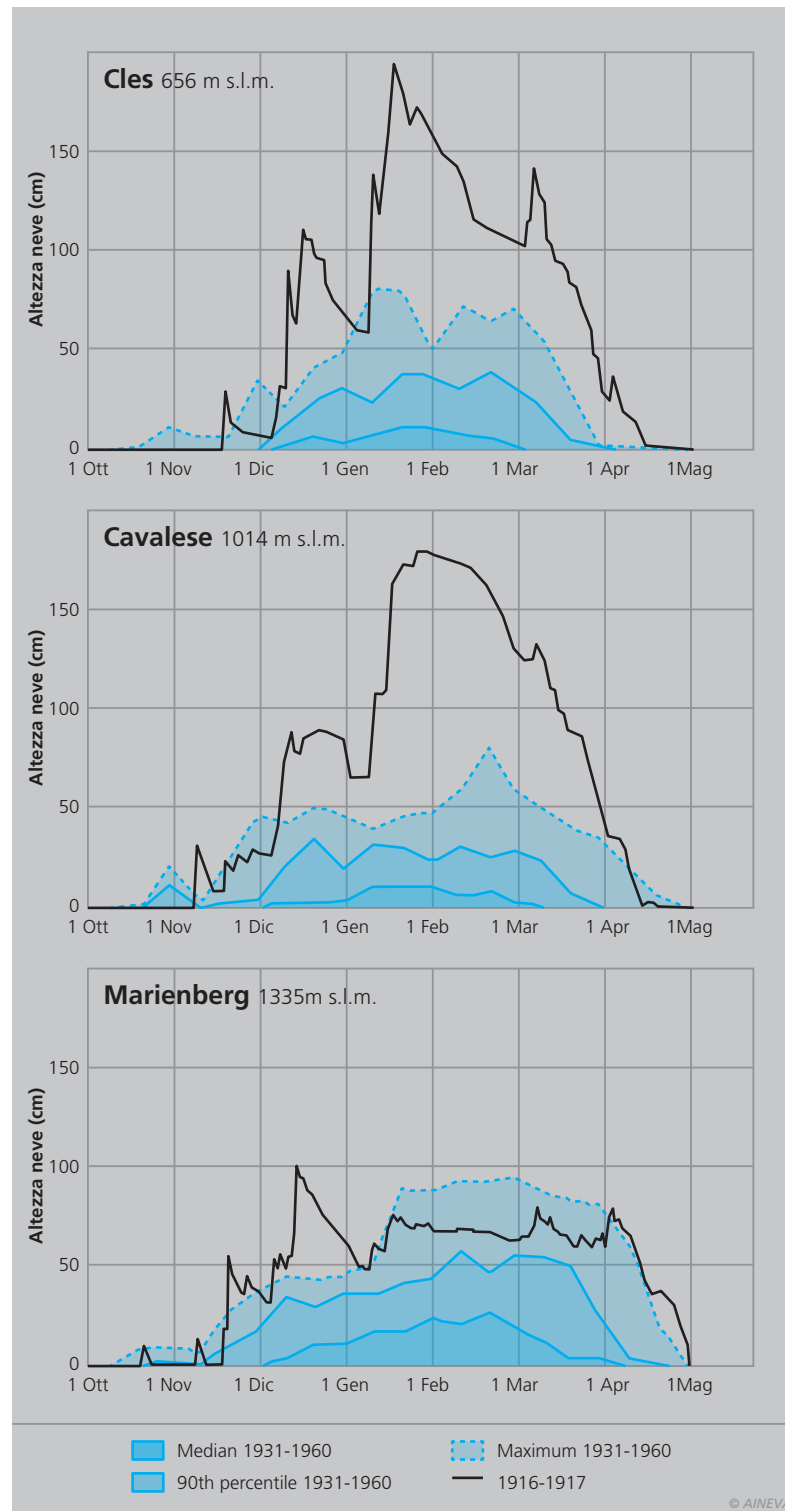


Fig. 1 - Evoluzione giornaliera del manto nevoso durante l'inverno 1916-1917 registrata a tre stazioni del Sud Tirolo (oggi Alto Adige) paragonata con le rispettive statistiche del periodo 1931-1960. La loro posizione è indicata nella Figura 5. Tenere conto che queste erano stazioni di fondovalle.

il 13 dicembre 1916. In località Gran Poz (2242 m) sorgeva un gran numero di baracche disposte a ripiani che il comando di Brigata aveva voluto proprio lì perché erano ben riparate dai tiri dell'artiglieria italiana. Il Langes narra di aver ripetutamente proposto di ritirare quelle baracche per il pericolo di valanghe, ma rimase inascoltato: la posizione era troppo importante dal punto di vista tattico. Quel giorno, dopo una settima-

na di abbondanti nevicata, un afflusso di aria calda ed umida dal Mediterraneo portò ad intense precipitazioni ed ad un aumento del manto nevoso, aumentando enormemente il pericolo di valanghe in tutta la regione. Ecco come il suo racconto descrive ciò che accadde:

*Alla neve seguì una fatale pioggia tiepida e l'immensa distesa al di sotto del crepaccio della vetta (forse un milione di metri cubi di neve) si mise in moto, volò*

## VALANGHE

*oltre la lingua del ghiacciaio, come un saltatore dal trampolino, distruggendo in pochi secondi tutti i baraccamenti. Lo spostamento d'aria fu tale che la capanna inferiore all'estremità della gola inclinata, venne sbalzata per 500 metri circa fino alla morena, dove la Sanità rinvenne poi, alla fine di maggio, oltre 40 salme.*

I morti di quella che è considerata la più grande catastrofe da valanga di tutta la guerra furono oltre 300, e queste furono le vittime di un solo giorno in una sola località. In questi casi ovviamente le posizioni più elevate, benché più colpite dalla morsa del gelo, nei confronti delle valanghe erano più sicure di quelle poste alla base dei pendii. La guarnigione austriaca dell'Ortles fu tagliata fuori da ogni contatto, anche telefonico, per una settimana. La tempesta di neve durò per sei giorni e sei notti ininterrottamente e quando una pattuglia scelta di guide alpine riuscì a raggiungere la posizione trovò gli uomini del presidio nel loro rifugio sotto 10 metri di neve a far una vita da talpe, ma ancora vivi. La temperatura fuori era di circa 40 gradi sotto zero, ma all'interno non scendeva sotto lo zero. Il capitano Lampugnani racconta che mentre stava salendo con i suoi alpini al Grosser Eiskogel (gruppo dell'Ortles) nel maggio 1917 una immensa valanga si staccò dal Sasso Rotondo verso la stazione di partenza della teleferica; un enorme boato e il Sasso Rotondo fu avvolto da un turbine bianco che scendeva ingrossandosi mostruosamente. Le vibrazioni e lo spostamento d'aria provocarono, come in una reazione a catena, un seguito di altre valanghe per tutta la Val Zebrù. Le baracche della teleferica furono asportate dallo spostamento d'aria prima ancora che la valanga le raggiungesse e 14 alpini rimasero sepolti ed estratti cadaveri. Anche qui, come nel caso riferito dall'austriaco Langes, le baracche erano state installate in una posizione pericolosa in base a considerazioni che non tenevano conto del rischio valanghe.

In effetti i comandi superiori, ubicati abbastanza lontano e al sicuro da questo

rischio, non si mostravano molto sensibili al riguardo e in vari casi furono, sia pur indirettamente, responsabili delle relative perdite. Fortunatamente non sempre le conseguenze di tale atteggiamento furono tragiche. Un capitano degli alpini, che aveva sollecitato al comando di divisione uno spostamento della sua compagnia in una posizione più al sicuro dalla neve, si sentì rispondere dal generale che gli alpini erano stati creati proprio per stare sulla neve; - Certo! "sulla" neve - replicò il capitano - ma non "sotto" la neve -. Una risposta che avrebbe potuto costargli cara, ma che convinse il generale a concedere lo spostamento.

Un'altra sciagura fu evitata sotto la Marمولada, vicino a Malga Ciapela, dove un plotone di alpini era stato affiancato da un reparto di territoriali che si erano attendati su uno spiazzo proprio sotto le rocce delle Pale di Menin, sovrastato da un lastrone inclinato che in caso di nevicate non prometteva niente di buono. Ogni volta che passavano di là gli alpini avvertivano i territoriali: "Attenti, che se nevicata..." I territoriali si mostrarono ben presto preoccupati e innervositi con grave disappunto del loro comandante che ad un ennesimo avvertimento da parte di un caporal maggiore degli alpini, sbottò:

"Chi vi ha raccontato queste frottole? Credete che io non conosca la montagna? Qui non cade nessuna valanga e guai a chi mette in giro stupidi allarmi!". Era la fine di ottobre e dopo pochi giorni cominciò a nevicare. Nevicò per tutta una notte ed il giorno seguente. Il terzo giorno l'aria fu scossa da un cupo boato seguito da un fragore terribile. Il comandante dei territoriali, che occupava una casermetta in muratura defilata, balzò fuori a dare l'allarme agli alpini. Al caporal maggiore, che si era presentato prontamente, disse: "Presto! Avevi ragione sulla valanga, ma ora non c'è tempo da perdere, chiama i tuoi uomini; bisogna salvare i miei soldati!" Ma l'altro rispose con un sorriso: "Ma no, capitano, i suoi uomini sono tutti salvi.

leri sera, trasgredendo i suoi ordini, abbiamo fatto spostare l'accampamento presso il nostro. Lei capirà, il pericolo era troppo grande." Il capitano rimase di stucco, ma fu costretto a malincuore a ringraziare e a lodare la provvidenziale insubordinazione degli alpini.

Il numero complessivo di vittime in quella stagione invernale fu senza precedenti per questo tipo di eventi naturali. Non è possibile farne una valutazione accurata, e alcune stime che arrivano a 10.000 morti sono probabilmente esagerate. Fonti ufficiali austriache parlano di 1.300 morti e 650 feriti nel periodo 5-14 dicembre, mentre stime a posteriori indicano come 2.000 il numero di vittime fra il 12 ed il 13 dicembre. Non sembrano esserci stime da parte italiana, ma racconti individuali portano a ritenere che i numeri fossero simili. Ci furono anche dozzine di vittime fra i civili sempre a causa delle valanghe, che in alcuni casi raggiunsero i fondovalle che erano ritenuti luoghi sicuri.

Avvenuti nel mezzo di una tragedia ancora più grande, la Grande Guerra, all'epoca questi eventi passarono quasi inosservati, anche perché tutte le notizie dal fronte erano sottoposte a censura. Tuttavia questo rappresentò e rappresenta, in termini di vite umane, uno dei peggiori disastri della storia meteorologica europea. È da questo tipo di eventi che possiamo e dobbiamo imparare per meglio prevedere eventuali simili possibilità nel futuro. A questo scopo, sfruttando tutta la documentazione esistente, ciò che possiamo fare è comprendere bene ed a fondo la situazione meteorologica che rese il disastro possibile. Questo è quanto viene illustrato nelle sezioni successive.

## RICOSTRUZIONE DEL TEMPO (METEOROLOGICO) PASSATO

La ricostruzione del clima del passato è ormai uno strumento importante nelle scienze climatiche. Tuttavia l'impatto sulla società emerge sì dalle tendenze

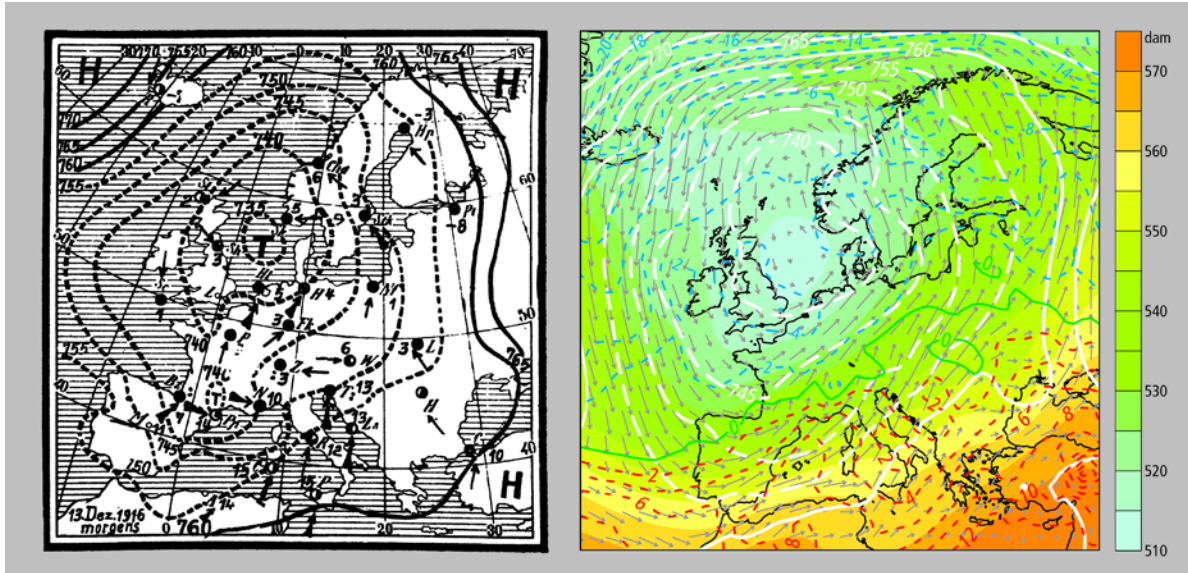


Fig. 2 - A sinistra la mappa, tracciata a mano, della situazione meteorologica (isobare) sull'Europa la mattina del 13 dicembre 1916 (bollettino meteorologico svizzero del 1916). A destra la situazione sinottica alle 06 UTC (Greenwich) dello stesso giorno come risulta dalla rianalisi dell'ECMWF.

a lungo termine, ma ancor più dalla ricostruzione di specifici eventi meteorologici il cui rapporto col clima vero e proprio non è così immediato. Per decenni il definire con precisione un evento specifico del passato si è basato solo su informazioni a livello locale e spesso solo qualitative. Queste informazioni possono essere difficilmente usate per stimare un eventuale analogo rischio per il futuro. Le informazioni storicamente disponibili sul tempo sulle Alpi nel dicembre 1916 sono fondamentalmente basate su diari, appunti, ed aneddoti passati di generazione in generazione. Alcune informazioni quantitative possono essere recuperate dalle stazioni di rilevamento dei vari servizi meteorologici nazionali ed usate per ricostruire una visione più obiettiva di quanto accaduto. Il problema è che quasi sempre queste sia pur valide informazioni sono limitate al fondo valle, dove era appunto presente la popolazione. Esse danno poca informazione su quello che avveniva sulle cime e sui dirupi dove gli eventi bellici in effetti accadevano. Inoltre la guerra distrusse molte di queste stazioni meteo, specie nella zona del fronte, con la conseguente perdita di tutta la documentazione. Negli anni più recenti sono state sviluppate delle tecniche numeriche che permettono di ricostruire non solo il clima del passato in generale, ma anche il tempo specifico. Abbiamo tutti familiarità con le previsioni meteorologiche, anche

se ignoriamo lo sviluppo sia scientifico (meteorologia) che tecnologico (calcolatori) che ne sta alle spalle e le rende possibili. Sappiamo che l'insieme delle misure fatte continuamente dalle stazioni meteorologiche (ormai in grande numero, almeno nel mondo sviluppato e più abitato), da navi, aerei e satelliti forniscono, con l'uso parallelo dei modelli numerici, una fotografia della situazione ad un certo istante da cui partire per la prossima previsione. Sia pur coi limiti derivanti dal minor numero di dati, la stessa tecnica può essere applicata al passato, in pratica usando i dati disponibili e gli attuali modelli numerici per ricostruire con una buona precisione il tempo, gli eventi ed il clima dettagliato degli ultimi 30, 50 e persino 100 e più anni. A quest'ultimo proposito è stato dimostrato che, assimilando (cioè introducendo l'informazione nel modello) solo informazioni superficiali completate da dati di pressione a qualche dozzina di stazioni, si può ottenere una completa fotografia tridimensionale dell'atmosfera per tutto il periodo in cui questi dati sono disponibili. In pratica questo ci porta agli albori dei servizi meteo nazionali alla fine dell'800. È ovvio, ma facile da sottostimare, lo sforzo che sta dietro ad un'impresa del genere. Questa può essere difficilmente intrapresa da un singolo non solo ente, ma persino stato. È uno sforzo collettivo, globale, come d'altronde globale ne risulta poi

il risultato.

Il Centro Meteorologico Europeo per le Previsioni a Medio Termine (ECMWF, a Reading, in Gran Bretagna) ha recentemente completato una rianalisi completa di tutto il 20esimo secolo, prolungata poi fino ad oggi. ERA-20C (questo il nome della rianalisi) è stata finanziata dal progetto europeo ERA-CLIM. Oltre che sui valori di pressione al suolo, ERA-20C ha fatto uso anche dei valori di vento misurati in mare.

Focalizzandosi sul periodo di nostro interesse, questa rianalisi riproduce bene la situazione meteorologica del dicembre 1916. Come esempio la Figura 2 mostra a sinistra la corrispondente mappa originale tracciata all'epoca, mentre il pannello di destra mostra l'attuale ricostruzione mediante rianalisi. È evidente la forte somiglianza fra due mappe meteorologiche. Questo è di per sé già un buon risultato. Teniamo conto che, mentre la mappa del 1916 è uno sforzo specifico da una persona dedicata, l'attuale ricostruzione con modello è un processo completamente automatico senza una particolare attenzione a quel giorno. Tuttavia una rianalisi globale, come appunto ERA-20C, ha forzatamente una risoluzione limitata. La ragione è che lo sforzo richiesto può variare con più che il cubo della risoluzione, cioè il fornire i risultati per esempio ogni 50 invece che 100 km può comportare uno sforzo più che 10 volte superiore.

## VALANGHE

Che l'informazione sia disponibile ogni 100 km comporta che le Alpi siano rappresentate trasversalmente con un singolo punto. In pratica in ERA-20C la parte orientale delle Alpi corrisponde ad un altopiano di circa 1000 m di quota. È evidente che questo non permette considerazioni locali fortemente connesse all'orografia. Questo è particolarmente vero per parametri come la pioggia e le nevicate che sono strettamente connesse alla distribuzione locale dell'orografia montana. Questo risulterà evidente quando discuteremo appunto in dettaglio la situazione del 16 dicembre. L'ulteriore passo tecnico è allora, usando la specifica definizione, il *downscaling dinamico*. La parola è in un certo senso autoesplicativa. In maniera 'dinamica', cioè tenendo nel debito conto tutta la fisica implicata nell'evento, ci portiamo progressivamente su una scala più bas-

sa, tenendo appunto conto sempre più dei dettagli locali. Questo è un processo noto e di cui sfruttiamo i vantaggi ogni giorno quando il Servizio Meteorologico Nazionale od ad un passo ulteriore quelli regionali forniscono le informazioni per la specifica zona di interesse.

Nel *downscaling* dinamico le informazioni (più specificatamente i "campi", ovverosia la distribuzione geografica per esempio del vento o della pioggia) fornite dalla rianalisi sono l'informazione in ingresso per un modello analogo, ma a più alta risoluzione e dove è quindi possibile usare una risoluzione maggiore. Perché questo processo abbia senso, cioè fornisca risultati "sensati", non si può passare per esempio dai 100 km della rianalisi ai 2 km del dettaglio desiderato. Il tipico singolo miglioramento, cioè al singolo passo, di risoluzione è fra le 3 e 4 volte. Allora si procede per

passi successivi, zoomando progressivamente sulla zona di interesse. Questo è mostrato nella Figura 3 dove, a partire dall'informazione globale, le aree successivamente interessate, nella Figura D1, D2, D3, D4, comprendono prima (D1) tutta l'Europa con i bacini atlantico e mediterraneo, poi (D2) la sua parte centrale, (D3) parte dell'Italia più parte di Francia Svizzera, Germania e Austria, ed infine (D4) le Alpi. A partire da quella della rianalisi la risoluzione è rispettivamente 54, 18, 6, 2 km. Il risultato finale è una ricostruzione oraria del tempo locale, alla stessa scala spaziale delle informazioni storiche.

È importante tenere a mente che queste tecniche numeriche, per quanto sofisticate, non rimpiazzano, ma sono complementari a, il lavoro degli storici. Laddove le rianalisi forniscono un'informazione dinamica dei documentati fenomeni meteorologici, a loro volta i documenti storici impattano su, e sono un'informazione importante per, le rianalisi. Il dicembre 1916 è un ottimo esempio di questa sinergia.

### Il dicembre 1916

I meteorologi dell'epoca avevano analizzato la situazione del periodo e le loro mappe sono ancora disponibili nei corrispondenti bollettini meteorologici (Figura 2). Questi mostrano una profonda zona di bassa pressione su tutta l'Europa, centrata fra la Scozia e la Danimarca, mentre vi è un minimo secondario sulla Francia meridionale. Il pannello di destra mostra la situazione come ricostruita tramite ERA-20C. La rianalisi riproduce bene la mappa trac-

Fig. 3 - Aree su cui si è progressivamente focalizzata la rianalisi. La risoluzione con cui viene descritta la situazione migliora dall'area più grande (54 km), attraverso 18 e 6 km, fino ai 2 km dell'area centrata sulle Alpi.

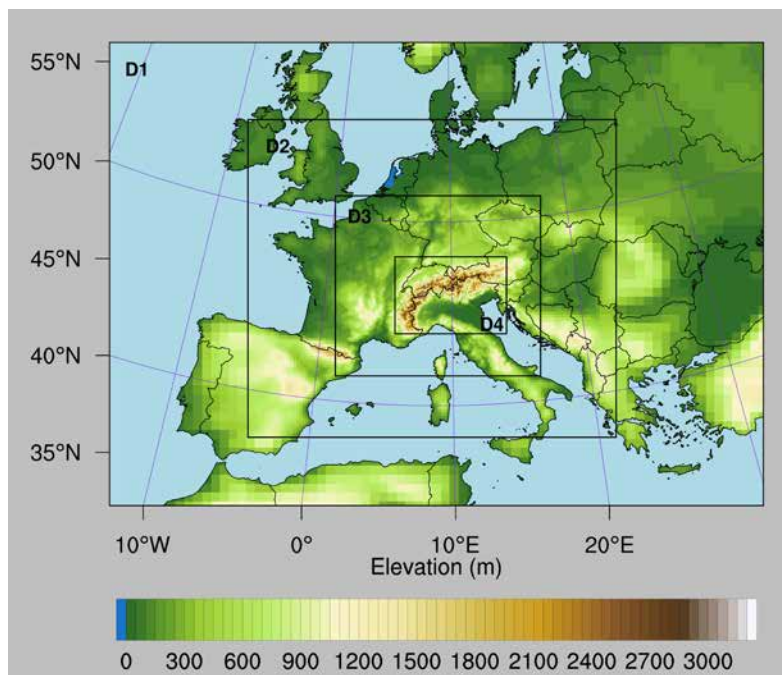
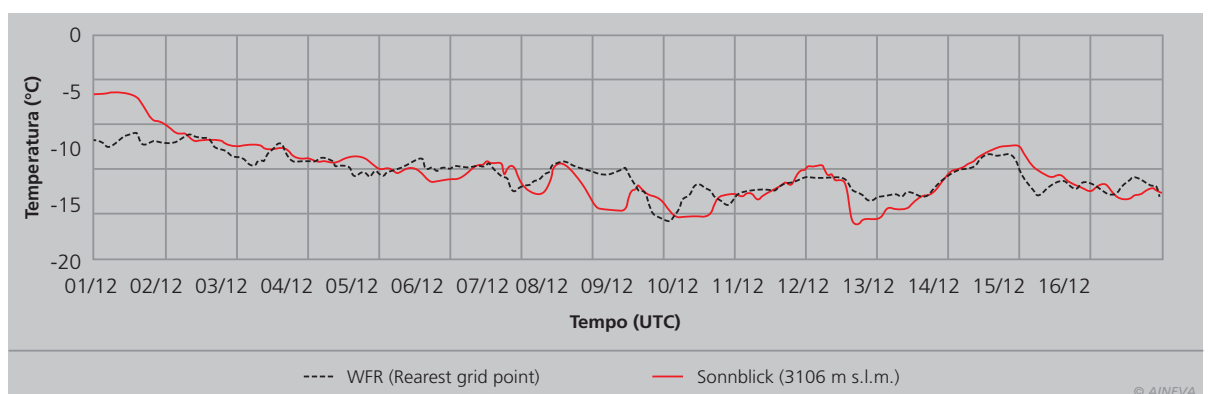


Fig. 4 - Evoluzione della temperatura dell'aria (registrata e ricostruita dalla rianalisi) nei primi 15 giorni del dicembre 1916. Si noti l'aumento dal 12 al 13 dicembre.



ciata all'epoca a mano (come fatto fino a poco più di 30 anni fa anche da noi), ma fornisce al contempo molte informazioni aggiuntive. Per esempio mette in evidenza (linee tratteggiate colorate) le anormali alte temperature sul mar Mediterraneo.

Per meglio comprendere cosa successe dobbiamo partire da una o due settimane prima. Sebbene le valanghe più disastrose avvennero il 13 dicembre, questo fu la conseguenza di nove giorni di ininterrotte precipitazioni. La rianalisi ci permette di comprendere i fattori naturali che portarono a questo evento estremo di fortissimo impatto. La circolazione atmosferica era, usando un'espressione meteorologica, in stato di blocco, ovvero in una situazione che alimenta sé stessa e perdura nel tempo. In sostanza c'era una grande zona di alta pressione sulla Russia ed una bassa pressione appunto sull'Europa. Il moto orario della prima ed antiorario della seconda favorirono e rinforzarono un grande flusso di aria calda e umida da sud verso le Alpi. Incontrando la catena montuosa l'aria è costretta a salire bruscamente, raffreddandosi e scaricando quindi in loco tutto il suo contenuto d'acqua, in pratica fra le prime pendici montuose e lo spartiacque con l'attuale Austria. Le conseguenze inclusero eccezionali precipitazioni sul versante sud delle Alpi e temperature più alte del normale nel Mediterraneo orientale. Infatti i dati greci di temperatura dell'epoca mostrano che il dicembre 1916 fu il più caldo dei precedenti 120 anni. Anche queste alte temperature furono una ragione di tutta l'umidità che arrivò sulle Alpi orientali. Il downscaling di ERA-20C ad una risoluzione di 2 km ci permette di stabilire che le precipitazioni del 13 dicembre superarono localmente nelle Alpi Giulie i 200 mm (non dimentichiamo il fattore moltiplicativo per la corrispondente quantità di neve). Ciò in accordo con i dati misurati dell'epoca. Il downscaling mostra bene l'effetto dell'orografia che porta a forti variazioni delle precipitazioni da zona a zona, anche se vicine,

proprio in funzione dell'orografia. Una visione dinamica della situazione locale è disponibile al sito [www.geography.unibe.ch/december1916](http://www.geography.unibe.ch/december1916). Le precipitazioni del 13 dicembre aggiunsero una massa critica allo strato di neve che era già cresciuto fino a 2,5 m nei giorni precedenti. Al passo del Bernina (2323 m) in Svizzera, il 12 dicembre la profondità della neve era già 3,70 m. Il giorno successivo raggiunse i 5 m.

Oltre alla quantità delle precipitazioni, un fattore critico fu la temperatura la cui evoluzione nei primi 15 giorni del dicembre 1916 è riportata nella Figura 4. Si noti come la rianalisi riproduca fedelmente il dato misurato. Si noti in particolare l'aumento fra il 12 e 13 dicembre. Questo portò la pioggia fino a 2000 m di quota, rendendo più pesante il già esistente manto nevoso. Al di sotto di questa quota, e particolarmente nelle zone sud ed est della regione colpita, la pioggia cadde sulla neve preesistente, un fatto ben noto per facilitare le valanghe. La combinazione di intense precipitazioni e dello scioglimento del manto nevoso innalzò il lago di Wörthersee, il più grande della Carinzia, al suo massimo fino allora osservato. Sulla linea del fronte, una grande offensiva italiana dovette essere rimandata perché, come riportò il generale Luigi Cadorna, nella zona in cui erano state concentrate le truppe stavano letteralmente "affogando nel fango". Alla fine il tutto dovette essere rimandato di 5 mesi, il che permise alle truppe austro-ungariche, in quel momento in difficoltà, di trasferire qui dal fronte orientale un cruciale rifornimento di truppe.

Per quei giorni particolari sono disponibili osservazioni meteorologiche, in particolare di temperatura e precipitazione (per la maggior parte in Svizzera) e di profondità del manto nevoso (in Austria-Ungheria). Il fatto rilevante è che, presi da soli, in quanto molto sparsi e disponibili solo per alcune ore della giornata, i dati misurati fornirebbero un quadro molto approssimativo della situazione. Messe insieme invece, le in-

formazioni dalla rianalisi e delle osservazioni forniscono un quadro dettagliato e completo della situazione con tutte le considerazioni fisico-meteorologiche che ne derivano. Adesso abbiamo un quadro completo della situazione dell'epoca, ovvero una situazione di blocco da parte dell'anticiclone russo con la bassa pressione sul Mediterraneo ed il conseguente flusso di aria calda e umida verso le Alpi Orientali. Questo permette ai meteorologi di affrontare con maggiore conoscenza e preparazione simili situazioni future.

### Uno sguardo sulle rianalisi

Terminiamo con una piccola nota sulle rianalisi. ERA-20C è solamente una delle varie rianalisi compiute dall'ECMWF. Esistono altre ricostruzioni da altri centri, ma è importante notare che tutte queste rianalisi sono possibili solo con un reciproco scambio di dati da parte di tutti i servizi meteorologici mondiali. Si sfruttano archivi, si digitalizzano vecchi manoscritti del passato con preziose osservazioni meteorologiche o fatti indicativi di una situazione. Per fornire un'idea, ci si è spinti ancora oltre, fino al 1871 ed al 1851. Sono stati fatti test per gli anni 1815-1817 che comprendono il famoso "year without a summer", "l'anno senza un'estate" causato dall'eruzione del vulcano Tambora nelle Indie Orientali. Vi sono anche dei piani per cercare di riprodurre coi modelli numerici il clima del 18esimo secolo fino a cogliere l'ultima parte della Piccola Era Glaciale.

## Bibliografia

Per le persone interessate una descrizione completa della rianalisi ERA-20C si trova su:

■ Dee, D.P., P.Poli, H.Hersbach, P.Berrisford, A.J.Simmons, F.Vitar, P.Laloyaux, D.H.Tan, C.Peubey, J.-N.Thépaut, Y.Trémolet, E.V.Hólm, M.Bonavita, L.Isaksen, e M.Fisher, 2016. ERA-20C: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century, *Journal of Climate*, 4083-4097, DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0556.1

Una descrizione meteorologica più estesa degli eventi qui descritti è disponibile su:

■ Brugnara, Y., S.Brönnimann, M.Zamuriano, J.Shield, C.Rohr, e D.M.Segesser, 2016. December 2016: Deadly Wartime Weather, *Geographica Bernensia*, G91, 8pp., doi:10.4480/GB2016.G91.01

Gli autori sono disponibili per ogni chiarimento od informazione al riguardo.