

# LA PREVISIONE DELLE TEMPERATURE MINIME IN TEMPO REALE: DAI MODELLI TRADIZIONALI AI NUOVI APPROCCI

## REAL-TIME TEMPERATURE MINIMUM PREDICTION: FROM TRADITIONAL MODELS TO NEW APPROACHES

Stefano Dalla Nora <sup>1</sup>, Emanuele Eccel <sup>2</sup>, Massimiliano de Franceschi <sup>1</sup>, Luca Ghielmi <sup>2</sup>, Dino Zardi <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Gruppo di Fisica dell'Atmosfera, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli studi di Trento. Via Mesiano, 77 - 38100 Mesiano (TN) - Italy

<sup>2</sup> Fondazione Edmund Mach - Centro Sperimentale Via E. Mach, 1 - 38010 San Michele all'Adige (TN) - Italy

\*Corresponding author : Tel: +39 0461 882682 - Fax: +39 0461 881946 E-mail: Dino.Zardi@ing.unitn.it

Received 7/02/2008 - Accepted 16/09/2008

### Riassunto

Si presentano i risultati di due tipologie di modelli per la simulazione del processo di raffreddamento notturno dell'aria in prossimità del suolo, finalizzati alla previsione di episodi di gelata in valli alpine. Un primo gruppo di modelli ricorre all'utilizzo di equazioni non lineari per il raffreddamento notturno. L'algoritmo di Reuter parte dalla soluzione dell'equazione della conduzione termica; i parametri di calibrazione del modello vengono determinati mediante una regressione lineare multipla su serie di dati relative a diverse variabili meteorologiche rilevanti per il fenomeno in esame. Altre formulazioni (Brunt, Swinbank, Chudnosky) utilizzano coefficienti empirici, che sono stati calibrati per singoli siti di interesse. Un secondo approccio utilizza un sistema a reti neurali che richiede in ingresso alcuni valori tipici di temperatura, la durata del dì e il vento previsto. I risultati dell'applicazione delle diverse metodologie a casi reali in Trentino vengono confrontati. Assieme ad alcuni esempi di serie temporali di dati misurati e previsti sono valutati e discussi indicatori di verifica delle previsioni cui tipicamente si fa ricorso in letteratura. Un'analisi condotta sui diversi siti prescelti consente di scegliere i modelli di previsione migliori e, in definitiva, un potenziale affinamento delle previsioni di gelata.

**Parole chiave:** gelata, previsione, raffreddamento, valle, regressione lineare multipla, reti neurali.

### Abstract

The results of the application of two kinds of models for the simulation of the nocturnal cooling process of air close to the ground are presented, aiming at forecasting frost episodes in alpine valleys. A first group of models adopts non-linear equations to describe nocturnal cooling. Reuter's algorithm stems from the solution of the thermal conduction equation; its calibration parameters have been determined by means of multiple linear regression on time series of data from measurements of various meteorological variables relevant for the phenomenon under examination. Other formulations (Brunt, Swinbank, Chudnosky) make use of empirical coefficients, which were calibrated for any single site of interest. A second approach adopts a neural network system, which requires as an input some typical temperature values, day duration and wind forecast. Results of the application of the above methods to real cases in Trentino, northern Italy, are compared. Along with some examples of time series of both measured and forecast data, the standard forecast verification indicators usually adopted in the literature are evaluated and discussed. An analysis of model performances in the different sites allows a choice of the best performing models, and eventually an improvement in the skill of frost forecast.

**Keywords:** frost, forecast, cooling, valley, multiple linear regression, neural networks

## 1. Introduzione

I fenomeni di gelata vengono generalmente classificati in due categorie: si definiscono *gelate da irraggiamento* quelle in cui il raffreddamento è prevalentemente determinato dalla perdita di calore per irraggiamento dal suolo, *gelate da avvezione* quelle in cui la perdita di calore è determinata dall'avvezione di masse d'aria fredda. Queste ultime possono essere sia le grandi masse d'aria, trasportate da fenomeni a scala sinottica, oppure masse d'aria più locali trasportate da correnti alla mesoscala o a scala locale, come le correnti di densità sui pendii.

Le gelate per irraggiamento sono determinate dalla perdita di calore del terreno per irraggiamento e si rivelano più probabili a partire dal tramonto, quando la radiazione

emessa dal suolo non è più compensata dalla radiazione solare incidente. Gli strati d'aria adiacenti al terreno si raffreddano a loro volta per conduzione e convezione, determinando un progressivo abbassamento della temperatura dell'aria. La conducibilità dell'aria è molto bassa, e ciò fa sì che il deficit di temperatura degli strati prossimi al suolo si trasmetta lentamente a quelli più elevati, determinando così notevoli gradienti verticali di temperatura. Questi a loro volta producono una crescente stratificazione stabile, che inibisce i moti convettivi verticali e gli scambi termici connessi.

Cielo sereno e vento debole sono le condizioni che favoriscono il raffreddamento radiativo, anche se l'entità di