

# PREVISIONI A BREVE TERMINE PER LA STIMA DELLA TEMPERATURA NOTTURNA IN OCCASIONE DI GELATA RADIATIVA

Gabriele Antolini<sup>1</sup>, William Pratzzoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arpa Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, viale Silvani 6, Bologna. Email: , [gantolini@arpa.emr.it](mailto:gantolini@arpa.emr.it)

## Abstract

Il mese di marzo 2009 è stato caratterizzato da numerosi abbassamenti termici, di natura prevalentemente radiativa, talora anche sotto lo zero. ARPA-SIMC (Servizio IdroMeteoClima di ARPA Emilia-Romagna) ha introdotto un nuovo servizio sperimentale di previsioni a breve termine delle gelate tardive, di natura statistico-probabilistica, per ora attivo solo per la zona di Vignola (MO), basato sull'algoritmo di Reuter, e che ha già fornito risultati apprezzabili. La previsione è attivata qualora vi siano le condizioni meteorologiche per una perdita radiativa consistente, ed è disponibile subito dopo il tramonto, in base alla disponibilità dei dati di temperatura e umidità. Il servizio di allerta prevede la trasmissione delle informazioni tramite l'aggiornamento orario automatico di una pagina web.

## Introduzione

Le gelate del marzo 2008, dopo alcuni anni caratterizzati, in Emilia-Romagna, da assenza di eventi, hanno ricordato che il gelo primaverile continua a rappresentare una perenne minaccia alle produzioni agricole di pregio. E, probabilmente proprio in relazione a quanto accaduto l'anno precedente, si è ravvivato nei frutticoltori l'interesse per un Servizio di previsione e allerta più specifico, di utilizzo eminentemente pratico, in grado di dare informazioni a breve termine sulla possibilità o meno di gelate e sulla loro probabile intensità. L'informazione più utile ai frutticoltori, che di conseguenza ha guidato la "costruzione" del Servizio, è l'indicazione del rischio imminente, definito al tramonto per la notte, in grado di dare inizio all'organizzazione della difesa o di decretare il cessato allarme. La richiesta formale, supportata anche dal Servizio Sviluppo Agricolo del Comune, è giunta all'Area Agrometeorologia Territorio e Clima di ARPA-SIMC dai frutticoltori di Vignola, area di eccellenza nella produzione cerasicola regionale e nazionale. L'interesse di un tale Servizio trova giustificazione, in particolare nell'area del vignolese, in una diffusa presenza di impianti antibrina sottochioma, in grado di mitigare efficacemente gli effetti negativi degli abbassamenti termici primaverili. Come nel 2008 anche nel marzo di quest'anno, in particolare nei giorni dal 20 al 26, a seguito di correnti nord orientali che hanno spinto aria fredda direttamente dai Balcani, in regione si sono registrate minime anche notevolmente inferiori allo zero con temperature nella pianura modenese scese sino a -5.9 °C. Nell'area interessata alle sperimentazioni del servizio le minime registrate dalle stazioni agrometeorologiche automatiche sono risultate più contenute, comunque in grado di apportare danni gravi o gravissimi alle colture più sensibili.

## Materiali e metodi

Il modello previsionale reso operativo in via sperimentale sulla zona di Vignola si basa sull'algoritmo di Reuter (1951), e stima l'evoluzione del raffreddamento notturno partendo dai dati di temperatura ed umidità rilevati al tramonto. La formula di Reuter è una forma semplificata dell'equazione unidimensionale del calore all'interfaccia

suolo-atmosfera e si basa sull'assunzione di continuità dei profili di temperatura e dei flussi termici:

$$\Delta T = D\sqrt{\Delta t} \quad (1)$$

dove  $\Delta T$  è la variazione della temperatura al suolo (nel nostro caso si è utilizzata la temperatura dell'aria a 2 metri) rispetto al valore del tramonto,  $\Delta t$  è il tempo trascorso dall'ora del tramonto,  $D$  è il coefficiente di decadimento, che nella formula originale è calcolata da una serie di variabili legate al bilancio energetico superficiale. Poiché la stima di tali grandezze risulta di difficile applicazione dal punto di vista pratico, si è utilizzato l'approccio proposto da Dalla Nora et al. (2008), cioè la stima di  $D$  tramite regressione lineare multipla dove le variabili indipendenti sono grandezze rappresentative dello stato atmosferico prima dell'inizio del raffreddamento. Nel nostro caso si sono individuate come più significative la temperatura dell'aria ( $T_{ss}$ ) e l'umidità relativa ( $RH_{ss}$ ), entrambe misurate al tramonto. L'ora del tramonto e dell'alba, che rappresenta potenzialmente il punto di minimo termico, sono calcolate su base trigonometrica dall'algoritmo contenuto nel software *r.sun* di GRASS GIS (Hofierka e Šúri, 2002). Il coefficiente di decadimento  $D$  viene pertanto stimato in base alla seguente formula:

$$D = a_0 + a_1 T_{ss} + a_2 RH_{ss} \quad (2)$$

dove  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  sono i coefficienti di regressione calcolati per il sito di Vignola. La stima dei coefficienti ottenuta dalla regressione multipla è utilizzata per la previsione più probabile, mentre l'errore standard della stessa stima permette di ricostruire la distribuzione probabilistica della previsione. Il grafico delle previsioni (Fig. 1) contiene l'andamento più probabile della temperatura e quelli ottenuti considerando due volte l'errore standard, in modo da rappresentare la stima con una confidenza del 95%. Il sistema di allerta e la produzione dei grafici viene attivato dal previsore qualora egli ritenga, in base alle condizioni sinottiche e locali, che si possa verificare un

raffreddamento notturno radiativo intenso. Le previsioni sono disponibili a partire dall'ora del tramonto, cioè per Vignola circa le 18 solari in marzo e le 19 in aprile (l'orario di Fig. 1 si riferisce all'ora solare). La procedura di disegno del grafico e di successiva pubblicazione su web viene ripetuta ogni 15 minuti per garantirne l'aggiornamento non appena si rendano disponibili i nuovi dati osservati, dando così la possibilità all'utente di verificare in tempo reale la previsione.

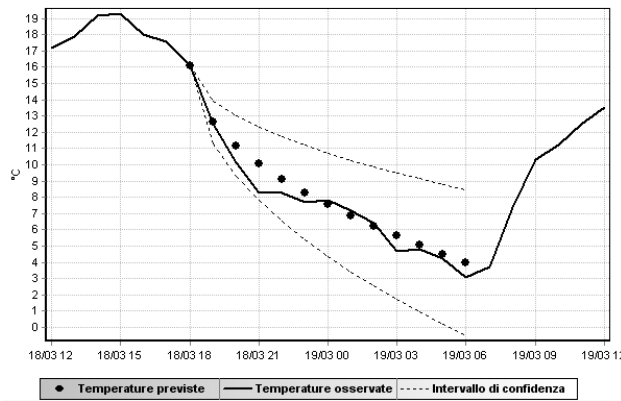


Fig.1 - Grafico della previsione pubblicata il 18 marzo 2009.

Il modello si riferisce a condizioni di cielo sereno e assenza di vento. L'attivazione di brezze (come si verifica spesso nell'area di Vignola) o la comparsa di nuvolosità, anche stratificata, produce un rallentamento nel calo della temperatura rispetto a quella prevista dal modello, dovuto nel primo caso al rimescolamento degli strati d'aria in prossimità del suolo, nel secondo caso alla diminuzione della perdita radiativa netta. Il modello è affidabile per gelate di tipo radiativo, non in caso di avvezione.

Per verificare la validità del modello previsionale e quantificare l'errore compiuto nel primo mese di operatività (marzo 2009) si sono confrontati i valori previsti con i dati osservati per i giorni nei quali l'escursione termica calcolata come differenza tra la temperatura massima del giorno precedente e temperatura all'alba è risultata sempre superiore a 10 °C, e la minima mattutina sempre inferiore a 5 °C. Queste sono le condizioni tipiche di un raffreddamento notturno di tipo radiativo.

## Risultati

Il grafico di Fig. 2 illustra il confronto tra tutti i dati previsti (tutte le ore delle previsioni) e quelli osservati, mentre in Tab. 1 sono riportati alcuni indici statistici relativi a tale confronto, per il totale dei dati e per la temperatura all'alba. L'errore medio nella previsione delle temperature notturne è circa 1.7 °C. L'errore sistematico e il coefficiente angolare della retta di regressione rispettivamente di circa -1 °C (-1.5 °C all'alba) e 0.76 (0.57 all'alba) indicano una leggera sottostima del modello, che pertanto presenta carattere di cautelatività. L'unico dato negativo viene ben stimato.

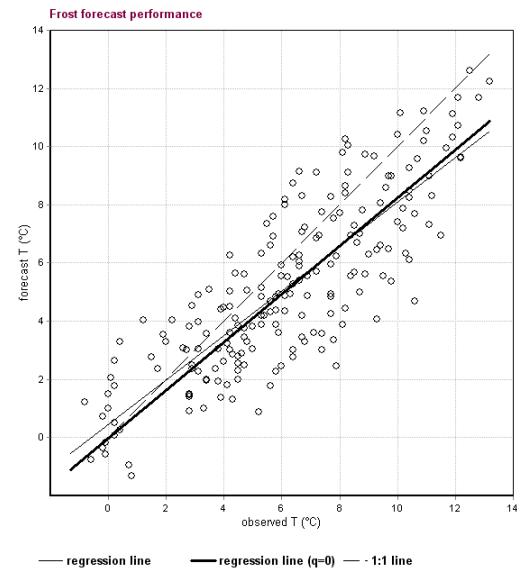


Fig.2 – Confronto tra valori osservati e previsti per gli abbassamenti termici radiativi del mese di marzo.

Tab.1 – Indici statistici per la verifica del modello previsionale.  $R^2$ : coefficiente di determinazione;  $m$ : coefficiente angolare della retta di regressione; MAE: scarto assoluto medio; MBE: scarto medio; RMSE: scarto quadratico medio.

	$R^2$	$m$	MAE	MBE	RMSE
Tutti i dati	0.69	0.76	1.68	-0.99	2.07
Dato dell'alba	0.36	0.57	1.67	-1.5	1.95

## Conclusioni

Il modello di previsione a breve termine delle temperature notturne reso operativo nel mese di marzo 2009 ha esibito un buon funzionamento. Il reciproco scambio di informazioni, anche in tempo reale nel corso degli eventi, tra la Sala Operativa Agrometeo e i frutticoltori dell'area interessata, ha permesso di confermare la globale affidabilità del sistema e di raccogliere indispensabili indicazioni pratiche per un eventuale diffusione del servizio all'intero territorio regionale. Per la prossima primavera il servizio sarà esteso ad altri siti, e si sperimenterà inoltre l'accoppiamento del modello previsionale con le tecniche geostatistiche sviluppate da ARPA-SIMC per la stima del campo termico notturno (Antolini e Tomei, 2006).

## Bibliografia

- Antolini G., Tomei F., 2006, Praga - Programma di Analisi e Gestione dati Agrometeorologici. Atti del convegno AIAM "Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie", Torino 6-8 giugno 2006.
- Dalla Nora S., Eccel E., De Franceschi M., Ghielmi L., Zardi D., 2008. La previsione delle temperature minime in tempo reale: dai modelli tradizionali ai nuovi approcci. Rivista italiana di Agrometeorologia, 3, 24-37.
- Hofierka J., Šúri M., 2002. The solar radiation model for open source GIS: implementation and applications. In Proceedings of the Open Source GIS-GRASS Users Conference, 11-13 September, Trento, Italy.
- Reuter H., 1951. Forecasting minimum temperatures. Tellus, 3 (3), 141-147.