

## UN METODO NON PARAMETRICO PER LA STIMA DELLA RADIAZIONE SOLARE GLOBALE GIORNALIERA

Fausto Tomei<sup>1</sup>, Antonio Volta<sup>2\*</sup>, Gabriele Antolini<sup>1</sup>, Giulia Villani<sup>3</sup>, Enrico Ceotto<sup>4</sup>, Vittorio Marletto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARPA SIMC – Servizio Idro Meteo Clima, Viale Silvani 11, 40121, Bologna

<sup>2</sup> DCA – Dipartimento di Colture Arboree, Università di Bologna, Viale Fanin 46, 40127, Bologna

<sup>3</sup> DEIAGRA – Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie, Università di Bologna, Viale Fanin 50, 40127, Bologna

<sup>4</sup> CRA-CIN – Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Via di Corticella 133, 40128, Bologna

\* avolta@arpa.emr.it

### Riassunto

La radiazione globale ha sempre avuto un ruolo chiave nell'agrometeorologia e negli ultimi decenni sta diventando fondamentale anche nelle stime energetiche per le fonti rinnovabili. Pur avendo questa importanza strategica, non è facile trovare serie storiche che abbiano a disposizione questa variabile. In passato sono stati proposti diversi metodi per derivare questo parametro da altre grandezze, tipicamente l'escursione termica. In questo lavoro suggeriamo un nuovo metodo per la stima della radiazione globale giornaliera, basato anch'esso sull'escursione termica, ma che non richiede parametri da calibrare, a parte il valore di trasmittività massima a cielo limpido. Il metodo si basa sulla normalizzazione del dato di escursione nell'intorno temporale della stima ed è stato per ora confrontato con i dati di due stazioni situate in provincia di Bologna. Le stime sono risultate in ottimo accordo con la radiazione osservata.

**Parole chiave:** Trasmittività, escursione termica, radiazione solare

### Introduzione

La radiazione globale giornaliera è una grandezza in molti casi indispensabile nell'ambito della modellistica agrometeorologica. I modelli di stima dei processi di evaporazione, traspirazione, accumulo e scioglimento nevoso o dei processi fotosintetici, ad esempio, richiedono in input questa variabile. La radiazione è quindi una variabile spesso imprescindibile, ma non così comune da reperire, soprattutto in serie storiche. Viene qui presentata una procedura che, a partire dai soli dati di temperatura minima e massima giornaliera, stima la radiazione globale giornaliera. A differenza di altri modelli simili (es: Bechini *et al.* 2000) che richiedono parametri da calibrare, questa procedura si basa solo sulla conoscenza del valore locale di trasmittività massima a cielo limpido, di cui è facile reperire valori in letteratura.

### Materiali e Metodi

Il metodo di stima si basa sulla normalizzazione del dato di escursione nell'intorno temporale della stima, in modo da eliminare gli effetti locali e la variabilità temporale nel valore assoluto delle escursioni.

L'escursione termica giornaliera è calcolata come media ponderata della differenza di temperatura tra la massima ( $T_x$ ) e la minima ( $T_n$ ) del giorno  $i$  e la differenza tra la temperatura massima e la minima del giorno successivo, come già adottato in Priestley and Taylor (1972), ma con pesi diversi, pari in questo caso a due terzi per la prima differenza ed un terzo per la seconda. Pertanto l'escursione giornaliera è calcolata come:

$$\Delta T_i = \frac{2}{3}(T_{x_i} - T_{n_i}) + \frac{1}{3}(T_{x_i} - T_{n_{i+1}}) \quad (1)$$

La radiazione solare globale giornaliera al giorno  $i$  è definita come:

$$R_{st} = \tau_i \cdot R_{ai} \quad (2)$$

dove la radiazione extraterrestre è ricavabile dal dato di latitudine attraverso la procedura descritta nel Quaderno Fao 56 (1998), mentre la trasmittività è calcolata come:

$$\tau_i = \tau_{\max} \cdot \frac{\Delta T_i}{\Delta T_{ref}} \quad (3)$$

dove è la trasmittività massima a cielo limpido, che assume tipicamente valori compresi tra 0.7 e 0.8, mentre l'escursione di riferimento è definita come il 95° percentile delle escursioni calcolate secondo l'equazione (1) nell'intervallo temporale mobile di 3 mesi compreso fra il giorno  $i-45$  e il giorno  $i+45$ .

Le stime dell'equazione (2) sono state confrontate con i dati osservati da due stazioni della pianura padana, la prima situata a san Pietro Capofiume (BO), latitudine = 44°39'17" N, mentre la seconda è situata nel comune di Anzola dell'Emilia (BO) latitudine = 44° 32' 50" N. Per la prima stazione il confronto è stato effettuato su una serie temporale di

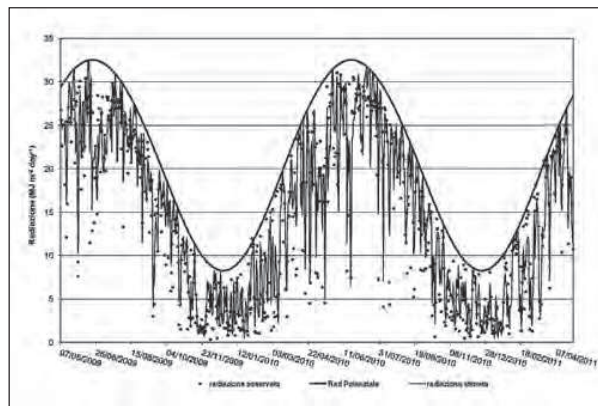


Fig. 1 - Andamento della radiazione osservata, potenziale e stimata a San Pietro Capofiume.

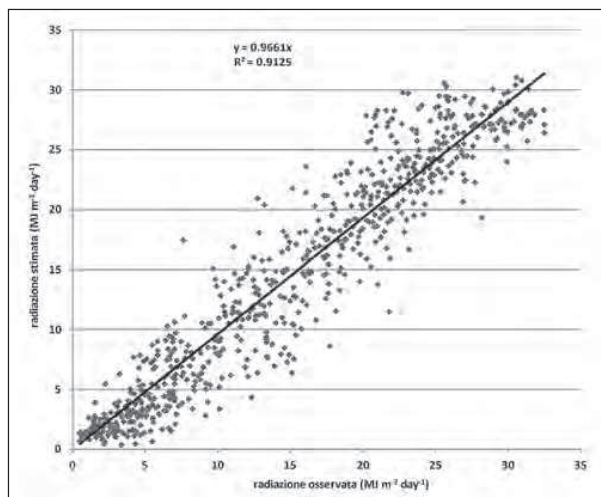


Fig.2 - Radiazione stimata contro radiazione osservata a San Pietro Capofiume.

circa due anni (2009-2010), mentre per la seconda il confronto è relativo ai dati dell'anno 2011.

#### Risultati e Discussione

In entrambe le stazioni la trasmittività massima a cielo limpido è stata posta = 0.78.

In figura 1 vengono riportati gli andamenti della radiazione misurata confrontati con le stime ottenute dall'equazione (2); calcolando l'errore quadratico medio, esso risulta pari a 2.81 ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ). In figura 2 è mostrato lo *scatter plot* della radiazione stimata (asse x) contro la misurata (asse y). La regressione lineare passante per l'origine risulta  $y=0.966x$  con un coefficiente di determinazione  $R^2=0.91$ .

In figura 3 viene illustrato lo stesso confronto sui dati misurati dalla stazione di Anzola. La regressione lineare passante per l'origine risulta  $y=0.988x$  con un coefficiente di determinazione  $R^2=0.87$ . L'errore quadratico medio risulta essere pari a 2.84 ( $\text{MJ m}^{-2}$ ).

#### Conclusioni

In questo lavoro abbiamo mostrato un semplice modello per la stima della radiazione giornaliera. Questo modello necessita semplicemente delle temperature massime e minime e di

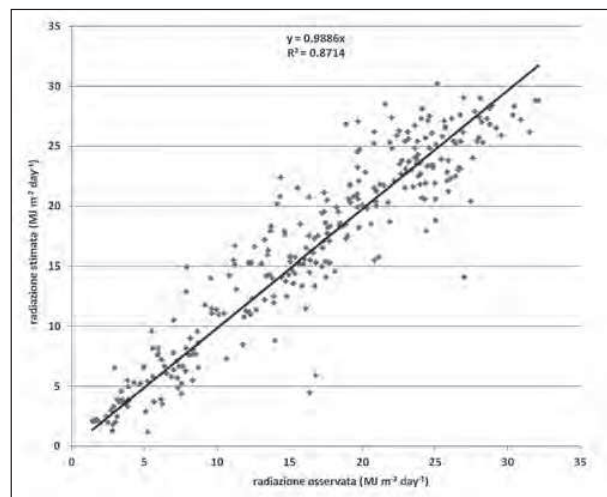


Fig.3- Radiazione stimata contro radiazione osservata ad Anzola dell'Emilia.

un solo parametro, tipicamente reperibile in letteratura (trasmittività massima a cielo limpido).

Il modello è risultato in ottimo accordo con i dati misurati.

#### Bibliografia

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome.
- Bechini L., Ducco G., Donatelli M., Stein A., 2000. Modeling, interpolation and stochastic simulation in space and time of global radiation. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 81: 29-42.
- Donatelli M., Marletto V., 1994. Estimating surface solar radiation by means of air temperature. *Proceedings of the 3rd Congress of the European Society for Agronomy*, Padua, Italy: 352-353.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl. Eng. Agric.* 1 (2): 96-99.
- Priestley C.H.B., Taylor R.J., 1972. On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.*, 100: 81-92.