

# STIMA DELLO STATO DEL CIELO MEDIANTE USO DI MISURE DI RADIAZIONE GLOBALE

Andrea Cicogna<sup>1</sup>, Agostino Manzato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> OSMER ARPA- Osservatorio meteorologico regionale dell' ARPA del Friuli Venezia Giulia, via Oberdan 18/a, 33040, Visco (UD)

\* andrea.cicogna@arpa.fvg.it

**Parole chiave:** Stato del cielo, Radiazione solare, Statistica bivariata categorica

## Introduzione

La stima dello stato del cielo attraverso l'osservazione diretta da parte di un operatore esperto, che valuta il grado di copertura nuvolosa, ha rappresentato e ancora rappresenta una fonte di informazione meteorologica importante.

La bibliografia riporta molti lavori che mettono in relazione la stima dello stato del cielo e la misura della radiazione globale (Kimura e Stephenson 1969, Nardino 2003, Badescu 2008).

Essenzialmente, in tali lavori, lo stato del cielo viene correlato al rapporto tra radiazione misurata e radiazione teorica.

Però tale correlazione non è molto alta, specie in condizioni di copertura intermedia, anche perché l'attenuazione della radiazione dipende in modo stringente dal tipo di nuvole, che possono modificare in modo rilevante la quota di radiazione diretta rispetto alla quella diffusa (Badescu 2008).

Per tale motivo si è voluto provare a utilizzare le misure di radiazione solare globale oraria, raccolte dalle stazioni meteorologiche automatiche di OSMER-ARPA FVG, per effettuare un confronto statistico con le osservazioni di copertura del cielo effettuate da osservatori esperti in due stazioni sinottiche del circuito WMO-GTS, della vicina Slovenia.

Da tale confronto si sono determinate delle soglie nel valor medio giornaliero dei rapporti di radiazione oraria misurata e teorica, capaci di discriminare al meglio lo stato medio del cielo definito come: "da sereno a poco nuvoloso" (S-PN), "da variabile a nuvoloso" (V-N), "da molto nuvoloso a coperto" (MN-C).

## Materiali e metodi

Sono stati utilizzati i dati decennali (2000-2009) di radiazione globale oraria misurata nelle stazioni di Capriva, Gradisca, Fossalon, Cervignano, Trieste e Sgonico (Fig.1).

Da tali dati è stato calcolato il rapporto tra radiazione misurata (Rm) e radiazione teorica (Rt) calcolata secondo gli algoritmi proposti dal quaderno 56 della FAO (eq N°3-13). Infine è stata effettuata la media di tali rapporti per le ore che vanno da un'ora dopo l'alba a un'ora prima del tramonto ( $\langle Rm/Rt \rangle$ ).



Fig.1 - Localizzazioni delle stazioni di misura della radiazione solare Capriva (9), Gradisca (10), Fossalon (11), Cervignano (12), Trieste (14), Sgonico (13) e degli osservatori Bilje (Bj) e Portorož (Pr).

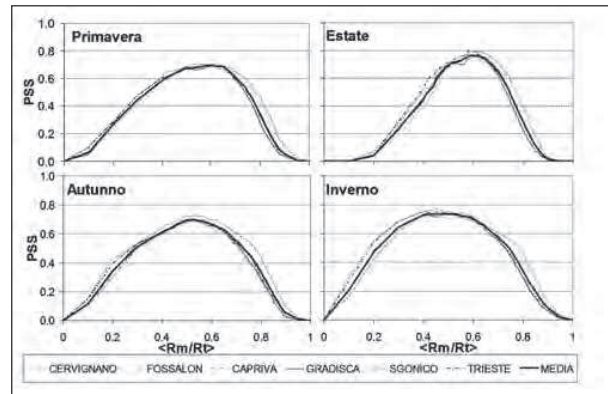


Fig.2 - Osservatorio di Bilje: andamento del PSS in funzione del valore  $\langle Rm/Rt \rangle$  utilizzato quale soglia per discriminare le giornate MN-C nelle 4 stagioni.

Sono state poi utilizzate le osservazioni dello stato del cielo delle stazioni slovene di Bilje (Bj) e Portorož (Pr) (Fig.1). Tali dati si riferiscono a tre osservazioni giornaliere: alle 7 alle 14 e alle 21 locali, ed esprimono la copertura del cielo in decimi. I dati delle tre osservazioni giornaliere sono stati mediati per ottenere una stima della copertura media nel giorno. I dati di copertura media giornaliera hanno permesso di classificare ogni giorno dei 10 anni analizzati per Bilje e Portorož in S-PN per coperture medie giornaliere del cielo  $\leq 30\%$ , V-N per coperture medie giornaliere comprese tra  $30\%$  e  $80\%$  e MN-C per valori  $\geq 80\%$  (come definito ad es. in NOAA <http://submit.crh.noaa.gov/dtx/glossary/s.php>).

Usando infine le usuali statistiche bivariante categoriche (Mason, 2003), i valori  $\langle Rm/Rt \rangle$  sono stati utilizzati quali predittori in due

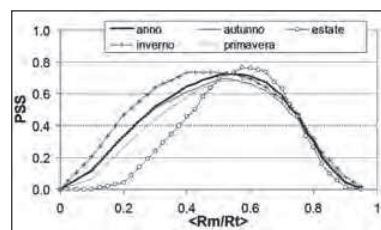


Fig. 3 - Osservatorio di Bilje: confronto fra gli andamenti stagionali medi di PSS al variare di  $\langle Rm/Rt \rangle$  quale soglia per discriminare le giornate MN-C.

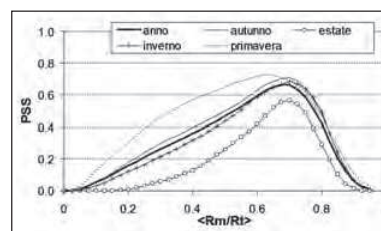


Fig. 4 - Osservatorio di Bilje: confronto fra gli andamenti stagionali medi di PSS al variare di  $\langle Rm/Rt \rangle$  quale soglia per discriminare le giornate S-PN.

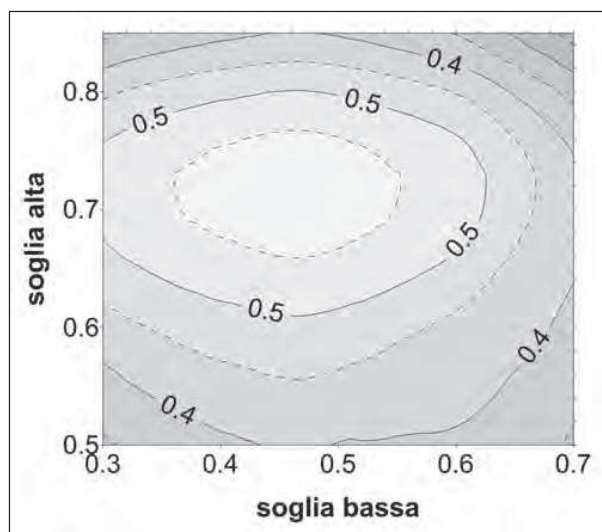


Fig. 5 - Osservatorio di Bilje: andamento della media dei PSS relativi alla classificazione delle giornate S-PN, V-N e MN-C al variare delle soglie alte e basse di classificazione.

Tab.1 - Tabelle dei contingenze per classificare lo stato del cielo di Bilje in base alla radiazione di Trieste. Soglie  $\langle Rm/Rt \rangle$ : Bassa=0.44 Alta=0.73.

Pre- visti	Giorni S-PN Osservati		Giorni V-N Osservati		Giorni MN-C Osservati	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	SI	956	295	780	234	881
NO	315	2087	208	2431	513	1752

confronti: 1° con i valori osservati dalle giornate del tipo MN-C, 2° con quelli delle giornate definite come S-PN. Dai risultati di questi due esperimenti sono classificabili anche le giornate V-N. Sono stati quindi cercati i valori soglia di  $\langle Rm/Rt \rangle$  capaci di minimizzare la *probability of false detection* (PODF) e nel contempo massimizzare la *probability of detection* (POD) e quindi, in sintesi, massimizzare il *Pierce Skill Score* (PSS), definito come la differenza tra POD e PODF.

## Risultati e discussione

### A) Classificazione giornate MN-C (26% dei casi osservati)

In Fig. 2 è riportato l'andamento del PSS al variare del valore  $\langle Rm/Rt \rangle$  utilizzato quale soglia per discriminare le giornate MN-C dalle altre, in primavera, estate, autunno e inverno per l'osservatorio di Bilje. Si nota come l'andamento delle diverse curve PSS versus la soglia di  $\langle Rm/Rt \rangle$  usata per la classificazione, in diverse delle stazioni di misura della radiazione, siano praticamente sovrapponibili. Pertanto in fig. 3 è riportato il confronto dei soli valori stagionali e quello annuo della media dei PSS delle stazioni di misura della radiazione sempre con riferimento ai dati dello stato del cielo osservati a Bilje. Si nota come i valori di  $\langle Rm/Rt \rangle$  che massimizzano il PSS siano più bassi in inverno e più elevati in estate; autunno e primavera presentano valori di soglia ottimali intermedi. Utilizzando un unico valore  $\langle Rm/Rt \rangle$  di soglia per tutto l'anno pari a 0.51, si massimizza il PSS, che risulta pari a 0.73 (Bias=1.2). Tali analisi risultano analoghe quando ripetute per l'osservazione dello stato del cielo nella stazione di Portorož (figura non mostrata): anche in questo caso il valore di soglia annuo  $\langle Rm/Rt \rangle = 0.48$  massimizza il PSS che risulta pari a 0.72 (Bias=1.3).

### B) Classificazione giornate S-PN (36% dei casi osservati)

Gli andamenti del PSS al variare del valore  $\langle Rm/Rt \rangle$  quale soglia per discriminare le giornate S-PN dalle altre, come nel caso MN-C, per le diverse stazioni di misura della radiazione, sono praticamente sovrapponibili e pertanto riportiamo solo i valori medi. In fig. 4 si riporta il confronto dei soli valori stagionali e quello annuo della media sulle diverse stazioni dei PSS, sempre con riferimento ai dati dello stato del cielo osservati a Bilje. Si nota come i valori di  $\langle Rm/Rt \rangle$  che massimizzano il PSS siano più bassi in primavera e più elevati in estate, autunno e inverno. I valori massimi di PSS sono raggiunti in primavera (PSS = 0.73 con un valore soglia di  $\langle Rm/Rt \rangle = 0.62$ ) mentre la capacità predittiva diminuisce molto in estate (valore di PSS massimo di 0.56 con un valore soglia di  $\langle Rm/Rt \rangle = 0.70$ ). Utilizzando un unico valore  $\langle Rm/Rt \rangle$  di soglia per tutto l'anno, pari a 0.69, si massimizza il PSS medio che risulta pari a 0.67 (bias = 1.3).

Tali analisi risultano analoghe anche per l'osservatorio di Portorož (figura non mostrata): anche in questo caso il valore di soglia annuo che massimizza il PSS (0.68) è simile a quello di Bilje, essendo  $\langle Rm/Rt \rangle = 0.68$  (bias = 1.2).

### C) Classificazione giornate V-N (38% dei casi osservati)

A Bilje l'andamento del PSS al variare del valore di una soglia alta di  $\langle Rm/Rt \rangle$ , che discrimina le giornate V-N da quelle S-PN e di una soglia bassa che discrimina le giornate V-N da quelle MN-C, viene massimizzato utilizzando una soglia bassa pari a 0.40 e una alta pari a 0.76; il valore massimo di PSS è di 0.42 (bias=1.24). A Portorož tali valori diventano rispettivamente 0.33, 0.73, PSS = 0.43, bias= 1.2. Però con tali soglie la capacità predittiva per classificare rispettivamente le giornate S-PN e MN-C diminuisce.

Abbiamo invece ritenuto più opportuno massimizzare la media dei 3 PSS (MN-C, V-N e S-PN) al variare dei valori attribuiti alle due soglie. La fig. 5 illustra come, a Bilje, tale grandezza venga massimizzata (media dei 3 PSS massima pari a 0.58) con un valore di soglia bassa intorno a **0.44** e uno di soglia alta pari a **0.73**. Con tali soglie i valori di PSS-Bias divengono, rispettivamente per le giornate S-PN **0.63-1.03**, per le V-N **0.40-0.98**, e per le MN-C **0.70-0.98**.

Tab. 1 mostra, come esempio, le tabelle di contingenze relative ai dati radiometrici di Trieste versus Bilje con le soglie sopra determinate. A Portorož le soglie  $\langle Rm/Rt \rangle$  trovate in tale modo diventano 0.42 (bassa) e 0.72 (alta).

## Conclusioni

Usando i dati di radiazione per classificare lo stato del cielo si sono trovati i risultati di classificazione migliori per le giornate MN-C, e quelli peggiori per le V-N.

Le soglie così determinate saranno utilizzate nell'ambito dell'atlante climatico del Friuli Venezia Giulia ([www.meteo.fvg.it](http://www.meteo.fvg.it)) per caratterizzare lo stato del cielo per 32 stazioni della rete ARPA-OSMER.

## Bibliografia

- Badescu V., 2008. Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface. Verlag Berlin Heidelberg. pp. 537.
- Kimura K., Stephenson D.G., 1969. Solar radiation on cloudy days, ASHRAE Transaction, Vol. 75, 227-234.
- Mason I.B., 2003. Forecast Verification. Ed. Jolliffe I.T., Stephenson D.B. Wiley. pp. 240.
- Nardino M., 2003. Effetti della copertura nuvolosa nella ripartizione dell'energia solare: studio del microclima locale per scopi Agrometeorologici, PhD Thesis, Uni Sassari.