

ANALISI DELLA TENDENZA CLIMATICA DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE NEL TERRITORIO SICILIANO

C. Agnese, G. Costa, F. D'Asaro

Dipartimento di Ingegneria e Tecnologie Agro-Forestali, Università degli Studi di Palermo, Palermo (IT)
agnese@unipa.it

Abstract

Sono state ricostruite alcune lunghe serie di evapotraspirazione effettiva (E), sulla base delle più estese serie storiche di temperatura disponibili per la Sicilia, e poi condotta un'analisi sulla loro tendenza evolutiva a scala regionale. Per la stima di E è stato utilizzato il metodo dell'*advection-aridity* che si basa sulla relazione di complementarità tra l'evapotraspirazione effettiva e quella potenziale. Il metodo è stato applicato preliminarmente su 40 stazioni meteorologiche del SIAS (periodo 2002-2007) e poi, attraverso relazioni derivate tra E e la sola temperatura, usando la sola informazione termometrica di 16 stazioni del Servizio Idrografico della Regione Sicilia (periodo 1951-2004), è stato possibile ricostruire una lunga serie di E e valutare, a scala regionale, la tendenza evolutiva di questo importante parametro del bilancio idrologico.

Introduzione

Il riconoscimento, pressoché unanime da parte della comunità scientifica mondiale, del fenomeno del riscaldamento globale indotto dall'incremento delle emissioni in atmosfera dei gas serra, non è accompagnato da un'analogha condivisione sull'effetto di intensificazione del ciclo idrologico che tale incremento dovrebbe indurre. Una base teorica per questo effetto è fornita dalla relazione di Clausius-Clapeyron (*Huntington*, 2005), che implica una crescita esponenziale dell'umidità specifica con la temperatura; tuttavia, un aumento dell'intensità del processo evaporativo è possibile se con l'aumento della temperatura si accresce al contempo il deficit di pressione di vapore e se nelle aree continentali la traspirazione non è limitata dal contenuto idrico del suolo. L'avverarsi della prima condizione dipende dall'azione congiunta delle retroazioni climatiche di diverso segno, indotte dall'aumento di concentrazione del vapore acqueo in atmosfera e dall'incremento della copertura nuvolosa, la realizzazione della seconda dalla frequenza, durata e severità dei fenomeni siccitosi, nonché da eventuali adattamenti fisiologici delle specie vegetali. A scala spaziale più ridotta, inoltre, gli effetti dovuti alla circolazione atmosferica, possono indurre condizioni locali differenti da quelli a grande scala. Uno studio climatico, recentemente condotto nel territorio siciliano (*D'Asaro et al.*, 2008), in contrasto con la tendenza globale, mostra trend discordi per la temperatura e la pioggia, in grado di indurre effetti molto gravi sulla disponibilità complessiva della risorsa idrica, e in particolare su quella da destinare al comparto agricolo. In tale contesto, acquista grande importanza definire la direzione del trend per la componente evapotraspirativa del ciclo idrologico.

Il dibattito scientifico è, a riguardo, abbastanza acceso; *Peterson et al.* (*PGG*, 1995), elaborando una serie di osservazioni compiute nell'emisfero settentrionale hanno osservato una lieve riduzione della evaporazione da evaporimetro, E_{ev} , degli ultimi 50 anni. La tesi degli autori è che E_{ev} rappresenti sempre un buon estimatore dell'evaporazione attuale, E , e che quindi la riduzione dell'una implichi una riduzione dell'altra; il risultato,

apparentemente paradossale, sarebbe inoltre coerente con il trend negativo osservato per l'escursione termica giornaliera e con quello positivo per la copertura nuvolosa. In contrasto con tale tesi, *Brutsaert e Parlange* (*BP*, 1998) osservano che E_{ev} è una buona misura di E solamente in condizioni potenziali, $E_{ev}=E=E_p$; quando però in una regione si attuano condizioni di aridità, l'umidità presente nel suolo non è più sufficiente per soddisfare la domanda atmosferica (E_p), risulta quindi $E < E_p$, e quella parte di energia disponibile non spesa per l'evaporazione si traduce in un aumento del calore sensibile, $E = E_p - \Delta H$. Come effetto di tale incremento, si modificano le condizioni locali di temperatura, umidità e velocità del vento, dando luogo a un valore di $E_{ev} > E_p$; pertanto, negli ecosistemi in cui l'acqua è un fattore limitante, il comportamento di E ed E_{ev} è complementare piuttosto che proporzionale. In definitiva, la riduzione dell'una indicherebbe l'incremento dell'altra e l'interpretazione di *PGG* (1995) sarebbe errata.

Successivamente questi ultimi, in un secondo articolo (*Golubev et al.*, 2001), reinterpretando i risultati delle precedenti elaborazioni, sono giunti a conclusioni simili a quelle di *BP* (1998). La querelle è stata in seguito ripresa da *Roderick e Farquhar* (*RF*, 2002, 2004), che hanno osservato come la soluzione proposta da *BP* non fosse in grado di spiegare il paradosso in quelle aree dell'emisfero settentrionale nelle quali mai o raramente si attuano condizioni di aridità; *RF* hanno pertanto appoggiato la prima interpretazione, ritenendo che essa fosse coerente anche con la riduzione della radiazione solare ("global dimming") indotta dalla presenza degli aerosol in atmosfera (*Ramanathan et al.*, 2001).

L'interpretazione di *BP*, maggiormente condivisa nella comunità scientifica, suggerisce una procedura per la ricostruzione di serie temporali di E , limitatamente a quei periodi in cui realmente sussistano condizioni di aridità. Se si ammette, con *Bouchet* (1963) che l'eccesso di E_{ev} rispetto a E_p sia esattamente eguale a ΔH , si ottiene la relazione di complementarità, $E = 2E_p - E_{ev}$, che permette di ottenere serie temporali di E da

serie di E_p ed E_{ev} . A tal fine, in accordo a *Brutsaert e Stricker (1979)* E_p , che rappresenta le condizioni potenziali precedenti la fase di inaridimento, può essere equiparata alla cosiddetta evaporazione di equilibrio, E_{eq} , che descrive la condizione limite cui tende il processo evaporativo quando l'aria a contatto di un'ampia superficie umida diventa satura di vapore (*Priestley e Taylor, 1972*):

$$E_p \equiv E_{eq} = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) \quad (1)$$

in cui il coefficiente $\alpha \cong 1.26$, Δ è la pendenza della curva di pressione del vapore a saturazione in funzione della temperatura, γ è la costante psicometrica, R_n e G sono rispettivamente la radiazione netta e il flusso di calore nel suolo. A sua volta E_{ev} può essere stimata con l'equazione di *Penman (1948)*

$$E_{ev} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a \quad (2)$$

in cui il "potere essiccante dell'aria", E_a , dipende dalla velocità del vento, u , e dal deficit di pressione di vapore, VPD :

$$E_a = 0.26(1 + 0.54u)VPD \quad (3)$$

Materiali e Metodi

La relazione di complementarità è stata applicata al territorio siciliano, ricostruendo serie temporali di E riferite al cosiddetto semestre secco (Aprile-Settembre), durante il quale gli apporti meteorici sono in genere insufficienti per mantenere una condizione ottimale di umidità nel suolo. A rigore, l'applicazione avrebbe richiesto serie temporali di elevata consistenza di temperatura, radiazione globale, umidità e velocità del vento, dalle quali, in accordo alle 1÷3, è possibile dedurre le serie di E_p ed E_{ev} . Le serie continue di maggiore consistenza disponibili nel territorio, erano quelle di temperatura, per il periodo 1951÷2004: le osservazioni riguardavano 16 stazioni, gestite dal S. I. dell'Agenzia delle Acque e dei Rifiuti della Regione e site prevalentemente in ambiente urbano. Per le altre grandezze, si disponeva solamente di dati recenti, per il periodo 2002÷2007, riguardanti un insieme di 40 stazioni agrometeorologiche gestite dal SIAS.

Al fine di centrare l'obiettivo prefisso, si è dovuto ricorrere ad alcuni artifici; più precisamente si è proceduto come segue:

1. per ciascuna stazione SIAS e per l'intero periodo disponibile, è stata considerata una calibrazione della formula di Hargreaves-Samani, che permette la stima della radiazione a onde "corte", R_s , a partire dai dati di temperatura massima e minima; in particolare, è stata utilizzata una relazione a validità regionale per il coefficiente K_T (*Grillone et al., 2009*), che ha reso possibile la ricostruzione di serie temporali di R_s per le stazioni SI;

2. per ciascuna stazione SIAS e per l'intero periodo disponibile, sono stati dedotti i rapporti $\beta = R_n/R_s$ tra la radiazione netta e quella "a onde corte"; si è accertato che tale rapporto non mostra apprezzabili variazioni né spaziali, né temporali (*Costa et al., 2009*), per cui il suo

valore medio "regionale" ($\beta=0.499$) è stato adottato per ricostruire le serie temporali di R_n per le stazioni del SI;

3. per ciascuna stazione SIAS e per l'intero periodo disponibile, sono state dedotti i rapporti $\rho = E_{ev}/E_p$ tra l'evaporazione da specchio liquido secondo Penman e quella potenziale secondo Priestley-Taylor; similmente a β , anche tale rapporto è risultato poco variabile nel tempo, ma si è riscontrata una variabilità spaziale tra i valori riferiti alle stazioni costiere ($\rho_{cost}=1.169$), e quelli delle aree interne ($\rho_{int}=1.212$). La differenza, peraltro non rilevante, sembra ascrivibile ad effetti di avvezione a scala regionale.

4. Avendo infine trascurato il termine G , la relazione di complementarità ha assunto la forma semplificata, dalla quale è possibile effettuare la ricostruzione di E :

$$E = (2 - \rho)\alpha\beta \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_s \quad (4)$$

Risultati e Conclusioni

Sulle 16 serie di E ricostruite è stato possibile accertare a scala regionale l'esistenza di un trend crescente, utilizzando lo statistico RAMK. (Regional Average Mann-Kendall, S.Yue, C. Y. Wang, 2002); la pendenza del trend, dedotta con il metodo non parametrico di Theil (2002), è risultata pari a 0.0007 mm/die/anno (Fig. 1). La tendenza alla crescita di E trovata è in linea con le analoghe tendenze già riscontrate per le temperature (*D'Asaro et al, 2008*).

Lo studio andrebbe completato analizzando la tendenza di E per il periodo umido.

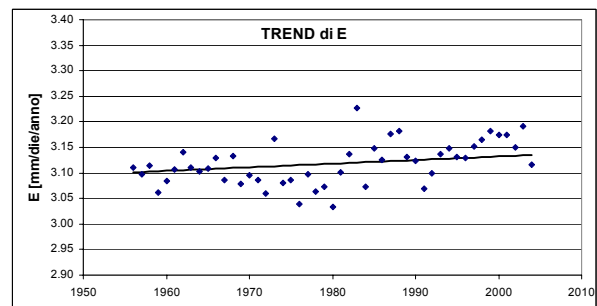


Fig.1- Serie temporale regionale dell'evapotraspirazione effettiva (E).

Bibliografia

- Brutsaert, W., Parlange, M.B., Hydrologic cycle explains the evaporation paradox, Nature, 396, 30, 1998.*
- D'Asaro, F., Agnese, C., Costa, G., Lazzara, P., Variabilità delle serie storiche di temperatura e precipitazione in Sicilia, Atti XI Convegno Nazionale di Agrometeorologia, 46-47, 2008.*
- Grillone G., D'Asaro F., Agnese C., Stima della radiazione solare giornaliera in Sicilia mediante i dati di temperatura massima e minima, Atti XII Convegno Nazionale AIAM 2009.*
- Golubev V.S. et al., Evaporation changes over the contiguous United States and the former USSR: a reassessment, Geophys. Research Letters, 28, 2665-2668, 2001.*
- Huntington, T.G., Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis, Jour. of Hydrol., 319, 83-95, 2006.*
- Peterson, T.C., Golubev, V.S., Groisman, P.Y. Evaporation losing its strength Nature, 377, 687-688 1995.*
- Priestley C.H.B., Taylor R.J., On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters, Mon. Weath. Rev., 100, 81-92, 1972.*
- Roderick, M.L., Farquhar, G.D., The cause of decreased pan evaporation over the last 50 years, Science, 298, 1410-1411, 2002.*