

VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI DI ACQUA IRRIGUA A SCALA DI CAMPO BASATA SULLE SIMULAZIONI DEL BILANCIO IDRICO DELLA ZONA RADICALE E DEL PROCESSO DI ADACQUAMENTO: UN CASO DI STUDIO

Lorenzo Allavena

Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale della Università di Torino

Riassunto

I valori delle grandezze rilevate nella stazione di meteorologia facente capo all'ARPA sita in prossimità della città di Vercelli sono stati utilizzati, congiuntamente a dati rilevati in campo con modalità relativamente semplici, al fine di definire i fabbisogni irrigui a scala di campo per la coltura del mais in una zona dell'Agro Vercellese.

La valutazione del numero di adacquamenti è stata fatta con l'impiego di un modello di simulazione del bilancio idrico della zona radicale; i risultati dell'applicazione del modello sono stati confrontati con i corrispondenti determinati col metodo tensiometrico.

I volumi di apporto idrico sono stati calcolati tramite un modello di simulazione del processo di adacquamento opportunamente parametrizzato con prove di campo.

I fabbisogni irrigui valutati con l'applicazione dei due modelli sono stati raffrontati con i corrispondenti determinati direttamente in due stagioni irrigue successive (2004 e 2005).

La metodologia proposta consente una corretta stima dei fabbisogni irrigui sia con riferimento a specifiche situazioni, sia con riferimento a diversi scenari ipotizzati al fine di migliorare il rendimento della irrigazione.

Introduzione

Agli albori del XXI secolo, in analogia a quanto avviene in molti altri Paesi industrializzati, anche nei comprensori irrigui di antica tradizione della pianura padana nord-occidentale ed in particolare nell'Agro Vercellese (territorio avente superficie irrigabile dell'ordine di 100000 ha, delimitato a nord dai rilievi della Valsesia, ad ovest dalle colline moreniche della Serra e dal fiume Dora Baltea, a sud dal fiume Po e ad est dal fiume Sesia), a seguito del progressivo ridursi delle disponibilità idriche originato congiuntamente: dalla competitività negli usi con i settori civile e industriale, dalla inderogabile necessità di protezione dell'ambiente, da ricorrenti periodi di siccità e non ultimo dagli sprechi connessi con le utilizzazioni, occorre procedere ad una valutazione degli effettivi fabbisogni di acqua irrigua per le diverse colture onde trarre sicure indicazioni per l'ottimizzazione dell'uso delle attuali risorse idriche (Allavena, 2004; Playan e Mateos, 2004; Neira et al., 2005).

Al fine di rendere affidabili le anzidette valutazioni occorre operare ad una scala spaziale relativamente ridotta (non lontana da quella di campo), che permetta di considerare gli effetti non solo della specifica situazione pedoclimatica e culturale, ma anche del metodo irriguo e delle caratteristiche della rete irrigua di distribuzione.

In questo contesto la valutazione del numero di adacquamenti nell'ambito della stagione irrigua può farsi tramite programmi di calcolo basati su modelli matematici di simulazione del bilancio idrico della zona radicale della coltura in esame in cui alcune delle grandezze in gioco vengono peraltro definite tenendo

conto dell'anzidetta specifica situazione (e.g.: pioggia utile in funzione della sistemazione della parcella irrigua) o vengono determinate tramite opportuni rilievi effettuati in campo (e.g. : altezza netta di apporto irriguo).

L'entità del volume di adacquamento può calcolarsi mediante programmi basati su modelli di simulazione del processo medesimo riferita essa pure alla specifica situazione (vuoi sistematoria, vuoi di entità del corpo d'acqua parcellare) e opportunamente parametrizzati e controllati tramite rilievi in campo da effettuarsi peraltro con modalità relativamente semplici.

La metodologia dianzi proposta è stata applicata per la valutazione dei fabbisogni irrigui di una coltura di mais in una località sita in Comune di Bianzé (Lat. N 45° 17' 50''; Long. E 08° 07' 08''; Alt. 180 m s.m.); i valori ottenuti col calcolo sono stati confrontati con i corrispondenti rilevati in campo durante le stagioni irrigue 2004 e 2005.

Materiali e metodi

Per il calcolo del numero degli adacquamenti da eseguire durante la stagione irrigua si è utilizzato un modello di simulazione del bilancio idrico della zona radicale di tipo semplificato basato sulla seguente equazione di continuità:

$$(c_i M_i + AI_i + R_i) - (ETR_i + P_i) = (h_{i+1} - h_i)$$

applicata per intervalli di tempo (Δt_i) decadici o pentadici.

La frazione dell'afflusso meteorico ($c_i M_i$) che si infiltra attraverso la superficie unitaria del suolo è stata valutata pari all'altezza di pioggia caduta (ciò in

relazione alla sistemazione a bacino irriguo con fondo piano dei campi considerati su cui gli adacquamenti sono effettuati col metodo della sommersione intermittente); l'altezza di apporto idrico netto da operare con l'adacquamento (AI_i) è stata determinata sperimentalmente; l'evapotraspirazione del mais è stata valutata con la metodologia FAO-56 (Allen et al., 1998), utilizzando i valori delle necessarie grandezze meteorologiche rilevate nella stazione dell'ARPA sita in prossimità di Vercelli; (R_i) è l'eventuale apporto idrico alla coltura per risalita capillare dalla falda freatica; (P_i) e ($h_{i+1} - h_i$) sono rispettivamente le perdite per percolazione e la variazione del contenuto idrico della zona radicale tra l'istante finale ed iniziale dell'intervallo di tempo considerato.

Per la simulazione del processo di adacquamento si è utilizzato un programma di calcolo basato sul modello "a inerzia nulla" dedotto dalle equazioni di continuità e del moto di De Saint Venant opportunamente semplificate:

$$(\delta q / \delta x) + (\delta y / \delta t) + (\delta z / \delta t) = 0$$

$$(\delta y / \delta x) = S_0 - S_f$$

dove: q è la portata erogata al bacino per unità di larghezza; y è la profondità dell'acqua sulla superficie del bacino; z è l'altezza di infiltrazione da valutarsi mediante la funzione di infiltrazione; x è la distanza lungo il bacino a partire dalla testata; t è il tempo dall'inizio dell'adacquamento; S_0 ed S_f sono rispettivamente la pendenza del terreno (nulla nel caso del bacino irriguo) e la cadente idraulica.

L'applicazione del modello richiede la conoscenza dei seguenti parametri di sistema: funzione di infiltrazione, indice di scabrezza e altezza di apporto irriguo e delle seguenti variabili di sistema: dimensioni geometriche della parcella irrigua, corpo d'acqua e orario di adacquamento.

Ai fini della parametrizzazione dei modelli e della determinazione sperimentale dei fabbisogni irrigui si è proceduto secondo le seguenti modalità: nell'ambito di una vasta area interamente coltivata a mais nel distretto irriguo di Bianzé è stata definita una zona dove il terreno agrario, in base a determinazioni di composizione granulometrica e di conducibilità idraulica satura, si presentava alquanto uniforme; all'interno di detta zona si è individuato un bacino irriguo a fondo piano delimitato da arginelli avente forma rettangolare con larghezza pari a 26 m e lunghezza pari a 236 m e irrigato di norma col metodo della sommersione intermittente dove sono stati effettuati in data 18 agosto 2003 i rilievi preliminari.

Nello strato radicale sono state installate due postazioni munite di tensiometri alle profondità di 0.2 e 0.4 m; quando il valore medio del potenziale di matrice è stato pari a -82 kPa (con $\sigma_{n-1} = 10.6$ kPa) si è determinato col metodo gravimetrico il contenuto d'acqua di sei campioni prelevati nello strato superficiale e nello strato profondo, ottenendo il valore medio di $0.145 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (con $\sigma_{n-1} = 0.01 \text{ m} \cdot \text{m}^{-3}$); tale valore è stato assunto come punto di intervento irriguo; similmente quando, dopo l'effettuazione di un adacquamento, il valore medio del potenziale di matrice è stato pari a -11 kPa

(con $\sigma_{n-1} = 1.8$ kPa) si è determinato, come prima, il valore medio del contenuto d'acqua risultato pari a $0.27 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (con $\sigma_{n-1} = 0.023 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$); tale valore è stato assunto come capacità di campo; tramite gli anzidetti valori è stata calcolata l'altezza di apporto irriguo da rendere disponibile con l'adacquamento.

Operando l'apporto irriguo al bacino sono stati rilevati: il corpo d'acqua; l'orario di adacquamento; i tempi di avanzamento del fronte della lama d'acqua a prefissate distanze dall'adacquatrice di testata e l'altezza della lama d'acqua in testata quando il fronte della medesima era pervenuta all'estremità di valle.

Una prima valutazione della funzione di infiltrazione: $F = a \cdot t^b$ (dove: F = infiltrazione cumulata; t = tempo dall'inizio del processo di infiltrazione; a ed b costanti empiriche), è stata fatta sulla base del tempo necessario alla infiltrazione dello strato di sommersione formatosi al termine dell'erogazione del corpo d'acqua.

Analogamente un primo ordine di grandezza per l'indice di scabrezza di Manning (n) è stato stimato in base alla anzidetta misura dell'altezza dell'acqua in corrispondenza della testata.

La precisazione dei valori delle costanti empiriche (a , b) nella funzione di infiltrazione e del valore dell'indice di scabrezza (n) è stata fatta applicando iterativamente un programma di calcolo relativo al modello del processo in esame (Jurriens et al., 2001) fino ad ottenere una curva di avanzamento che interpretasse in modo soddisfacente quella sperimentale.

Per controllo e conferma, determinazioni con modalità del tutto analoghe sono state effettuate l'anno successivo, in data 28 agosto 2004, su di un altro bacino irriguo avente larghezza pari a 52 m e lunghezza pari 172 m, sempre localizzato nell'area ritenuta omogenea.

Con riferimento a due bacini irrigui coltivati a mais situati nell'ambito di tale area, caratterizzata da un terreno con tessitura di tipo franco-limoso, durante le stagioni irrigue 2004 e 2005 i modelli di simulazione del bilancio idrico e del processo di adacquamento parametrizzati in base ai dati rilevati nelle prove preliminari, hanno consentito di calcolare il numero di adacquamenti e la loro distribuzione durante la stagione irrigua e i volumi di apporto irriguo per un valore del corpo d'acqua parcellare ($200 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) pari a quello nominale erogato dal distretto, nell'ipotesi di orario di adacquamento atto a consentire la massima efficienza dell'apporto irriguo compatibile con la situazione oggetto di studio.

I dati ottenuti col calcolo sono stati confrontati con i corrispondenti rilevati in campo; il numero e la localizzazione temporale degli adacquamenti è stato determinato in base al metodo tensiometrico, realizzando apporti irrigui quando il valore medio del potenziale di matrice nella zona radicale era prossimo a -90 kPa; i volumi irrigui erogati sono stati calcolati a partire dalle misure del corpo d'acqua parcellare effettuata tramite un misuratore a risalto idraulico localizzato sul canale adacquatore a monte dei bacini e del tempo di avanzamento finale.

Risultati

Nella stagione irrigua 2004 con l'applicazione del modello del bilancio idrico, ad esempio, per intervalli di tempo $\Delta t = 10$ giorni, è stata prevista la necessità di effettuare quattro adacquamenti, rispettivamente nelle decadi: I di giugno; III di giugno; II di luglio e III di luglio.

Sulla base della programmazione col metodo tensiometrico gli adacquamenti sono stati effettuati alle date: 26 maggio; 15 giugno; 1 luglio; 22 luglio.

Tramite il programma relativo al modello di simulazione del processo di adacquamento sono stati calcolati per il valore nominale del corpo d'acqua parcellare di $200 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ erogato dal distretto e nella detta ipotesi di orario atto a realizzare praticamente il massimo valore dell'efficienza di apporto irriguo: l'altezza stagionale di apporto irriguo: 560 mm; il valore dell'efficienza di apporto irriguo $E_a = 0.54$; il valore dell'uniformità di distribuzione $DU = 0.98$.

Il corrispondente valore determinato in campo dell'altezza stagionale di apporto irriguo è stato di 565 mm (I adac. = 134 mm; II adac. = 140 mm; III adac. = 148mm; IV adac.= 143 mm).

Sostanziali incrementi dell'efficienza di apporto irriguo sono ad esempio possibili ipotizzando di raddoppiare la larghezza del bacino e di dimezzarne la lunghezza; assumendo di adottare un orario di adacquamento pari al tempo di avanzamento finale e ottimizzando il relativo valore del corpo d'acqua ($Q = 100 \text{ l s}^{-1}$) si calcolerebbe infatti $E_a = 0.91$ e $DU = 0.95$.

Con riferimento alla stagione irrigua 2005 tramite il calcolo decadico col bilancio idrico, è stata prevista la necessità di effettuare quattro adacquamenti, rispettivamente nelle decadi: II di giugno; III di giugno; III di luglio; I di agosto.

Sulla base della programmazione effettuata col metodo tensiometrico gli adacquamenti sono stati essi pure in numero di quattro effettuati alle date: 11 giugno; 2 luglio; 28 luglio; 19 agosto.

In modo analogo a quanto fatto in precedenza si è calcolata l'altezza stagionale di apporto irriguo: 376 mm; il valore di $E_a = 0.75$; il valore di $DU = 0.91$.

L'altezza stagionale di apporto irriguo determinata in campo è stata di 383 mm; (I adac.= 96 mm; II adac = 94 mm; III adac. = 103 mm; IV adac.= 90 mm).

In modo analogo a quanto visto in precedenza, anche nella sola ipotesi di dimezzare la lunghezza del bacino, ottimizzando il relativo valore del corpo d'acqua ($Q = 110 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) si otterrebbe col calcolo: $E_a = 0.96$ e $DU = 0.90$.

Conclusioni

I risultati sopra riportati in modo succinto permettono di trarre le seguenti conclusioni in merito al caso di studio esposto essenzialmente con il principale scopo di illustrare la metodologia di valutazione dei fabbisogni di acqua irrigua a scala di campo nell'ambito di un comprensorio irriguo tradizionale irrigato con metodi di superficie quale l'Agro Verellese.

L'applicazione di un modello di simulazione del bilancio idrico relativamente semplice ha consentito di definire il numero di adacquamenti da effettuare al fine di mantenere la coltura in condizioni ottimali.

Anche i volumi stagionali di apporto irriguo, calcolati in base al modello di simulazione del processo di adacquamento, sono stati valutati in modo del tutto soddisfacente.

Si è infine riconosciuto, con riferimento al caso di studio, che sostanziali risparmi nei fabbisogni stagionali di acqua irrigua sono possibili soltanto a prezzo di interventi di non trascurabile entità sulle attuali sistemazioni onde incrementare in modo drastico l'efficienza dell'apporto irriguo.

Bibliografia

- Allavena, L., 2004. Indagini sperimentali su di una tecnica irrigua di risparmio idrico a scala di campo nella irrigazione della coltura del riso. Atti del XXIX Convegno di Idraulica, Trento, 7 – 10 Settembre 2004, vol. 2, 669-676.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
- Jurriens, M., Zerihun, D., Booustra, J., Feyen, J., 2001. SURDEV: surface irrigation software, ILRI publications 59, Wageningen, The Netherlands.
- Neira, X.X., Alvarez, C.J., Cuesta, T.S., Cancela, J.J., 2005. Evaluation of water-use in traditional irrigation: an application to the Lemon Valley irrigation district, northwest of Spain. Agric. Water Manag., 75: 137-151.
- Playan, E., Mateos L., 2004. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. Proceedings for the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 September – 1 October 2004.