

SVILUPPO DI UN'EQUAZIONE EMPIRICA PER LA STIMA E LA PREVISIONE DEL LIVELLO PIEZOMETRICO UTILIZZANDO DATI PREGRESSI E ANOMALIE NELLE PRECIPITAZIONI

F. Tomei¹, G. Villani², F. Ventura², V. Marletto¹

¹ ARPA Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, viale Silvani 6, 40122 Bologna (Italy)

² Università di Bologna, Facoltà di Agraria, Viale Fanin 50, 40127 Bologna (Italy)

Abstract

La finalità di questo studio è lo sviluppo di un'equazione empirica in grado di stimare l'andamento giornaliero della profondità di falda ipodermica mediante due componenti: la sua oscillazione stagionale media, valutata sulla base dei precedenti dati osservati e la variazione rispetto a tale andamento dovuta alle precipitazioni. La formula permette di sviluppare previsioni sul livello piezometrico futuro qualora si sia in possesso di dati pregressi e dati previsti di precipitazione (ad es. previsioni stagionali). Lo studio si avvale di una serie trentennale di osservazioni nell'azienda sperimentale di Cadriano (Bo), gestita dalla Facoltà di Agraria di Bologna; la formula è stata ulteriormente validata su un sito afferente alla rete GIAS della regione Emilia-Romagna.

Introduzione

All'interno di un bilancio idrico risulta quanto mai determinante considerare gli apporti della falda ipodermica e la risalita capillare, in funzione di una corretta analisi dei volumi idrici in gioco e delle reali dinamiche dell'acqua nel sottosuolo che condizionano la crescita colturale.

Questo studio investiga la possibilità di modellare l'andamento della profondità di falda (F , m), utilizzando unicamente dati di precipitazione oltre ai dati pregressi di livello piezometrico. L'ipotesi iniziale è che l'andamento medio di F nel corso dell'anno possa essere approssimato mediante una curva sinusoidale e che le variazioni osservate rispetto a tale curva siano ben correlate con le anomalie di precipitazione precedenti al dato da stimare.

Materiali e metodi

L'equazione previsionale empirica per il calcolo della profondità di falda sviluppata presso Arpa-Simc (1) si compone di due termini, il primo climatologico (F_c , m), mentre il secondo rappresenta le variazioni dovute alle precipitazioni (ΔF_p , m).

$$F = F_c + \Delta F_p \quad [1]$$

La climatologia F_c (2) viene stimata dai dati pregressi di livello piezometrico, assumendo che possa essere espressa mediante una curva sinusoidale di periodo annuale e di ampiezza (A , m). Questa è definita per ogni giorno dell'anno (g , -) come la differenza tra la profondità media di falda (\bar{F} , m) e il valore dell'oscillazione, considerando uno scostamento di fase (S , -) della sinusoide rispetto al primo giorno dell'anno. La profondità media \bar{F} , l'ampiezza A e lo scostamento S vanno valutati sui dati rilevati in sito.

$$F_c = \bar{F} - 0,5 \text{sen}\left(2\pi \frac{g+S}{365}\right)A \quad [2]$$

La variazione giornaliera ΔF_p (3) è definita come il prodotto dell'anomalia media di precipitazione nei giorni precedenti alla stima per un fattore di correlazione (k ,

m·mm⁻¹). L'anomalia media di precipitazione è la media degli scarti tra precipitazione giornaliera osservata (p_g , mm) e precipitazione giornaliera media (\bar{p}_g , mm) sul numero di giorni del periodo considerato (n , -). Il periodo va valutato sui dati pregressi attraverso uno studio di massimizzazione della correlazione tra gli scarti $F_{obs}-F_c$ e l'anomalia media di precipitazione.

$$\Delta F_p = k \frac{\sum_{g=1}^n (p_g - \bar{p}_g)}{n} \quad [3]$$

Infine il fattore di correlazione k (4) è definito come il prodotto tra il coefficiente di determinazione (R^2 , -) e il coefficiente angolare (m , m·mm⁻¹) della regressione, forzata all'origine, tra gli scarti $F_{obs}-F_c$ e l'anomalia di precipitazione, nel periodo che massimizza la correlazione.

$$k = R^2 m \quad [4]$$

Riassumendo la (1) assume che la falda presenti un andamento ciclico sinusoidale di periodo annuale e che le variazioni rispetto a questo andamento siano prevalentemente dovute alle precipitazioni precedenti.

Risultati

La formula è stata calibrata e validata su una serie quasi trentennale (1975-2003) di dati piezometrici osservati a cadenza bisettimanale nell'azienda sperimentale di Cadriano (Bo), gestita dalla Facoltà di Agraria di Bologna (Rossi *et al.*, 1998). La serie è stata suddivisa in due sottoperiodi, di cui il primo (1975-1988) utilizzato per la calibrazione della formula ed il secondo (1989-2003) come periodo di validazione.

Per quanto riguarda il calcolo della climatologia F_c (2), la profondità media di falda \bar{F} è desunta dal valore medio dei dati osservati nel periodo di calibrazione ed è pari a 1,44 m; l'oscillazione A è ottenuta come differenza tra il massimo ed il minimo dei valori medi mensili osservati e si attesta su 1,02 m. Per calcolare lo scostamento di fase S si è proceduto a massimizzare la correlazione tra

sinusoide e dati medi mensili ottenendo un valore di 25 giorni. La climatologia così ottenuta è illustrata in fig. 1 a confronto con i valori medi mensili osservati.

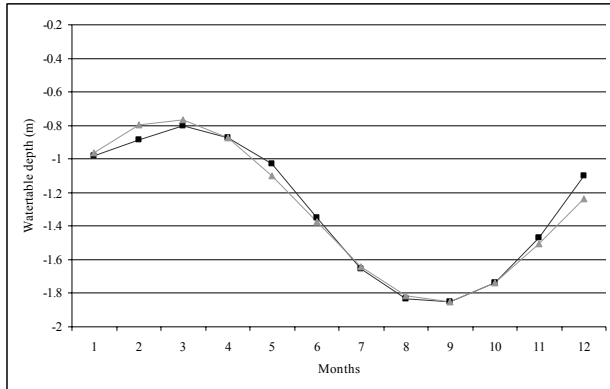


Fig.1 - Climatologia F_c (linea grigia) stimata nel periodo di calibrazione 1975-1988 e dati medi mensili (linea nera) osservati nello stesso periodo a Cadriano. $R^2=0,96$.

Analizzando l'intera serie di dati (1975-2003) si evidenzia un trend negativo del livello piezometrico pari a circa 1cm all'anno, probabilmente dovuto ad un aumento dei prelievi di origine antropica; per tenere conto di questo, la (2) è stata integrata con l'inserimento di tale trend. Per lo sviluppo della (3) e della (4) è necessario ricercare il numero di giorni n che massimizza la correlazione nella regressione lineare tra gli scarti $F_{obs}-F_c$ e la media degli scarti $p_g-\bar{p}_g$ nei giorni precedenti all'osservazione.

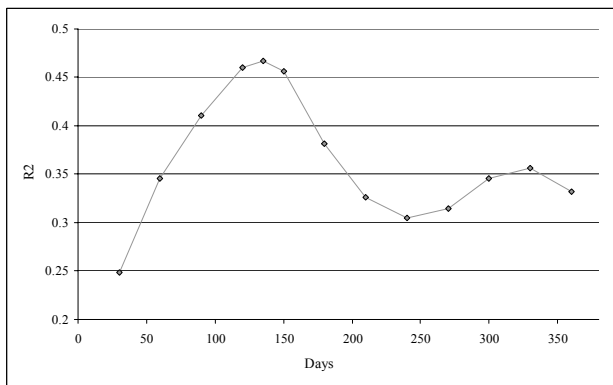


Fig.2 – Andamento della correlazione tra gli scarti $F_{obs}-F_c$ e la media degli scarti $p_g-\bar{p}_g$, al variare del numero di giorni del periodo di calcolo.

Dal grafico di fig. 2 si osserva che la correlazione migliore ($R^2=0,47$) si ha su un periodo di 140 giorni; risultano quindi decisive per l'andamento di profondità della falda ipodermica le precipitazioni nei 4-5 mesi precedenti. Un ulteriore massimo relativo si presenta intorno ai 330 g.

Il fattore di correlazione k è risultato pari a $-0,43 \text{ m}\cdot\text{mm}^{-1}$ pertanto, eseguendo le opportune trasformazioni, si può notare che la falda varia rispetto al suo andamento climatico di circa 1,4 cm per ogni mm di anomalia nelle precipitazioni mensili.

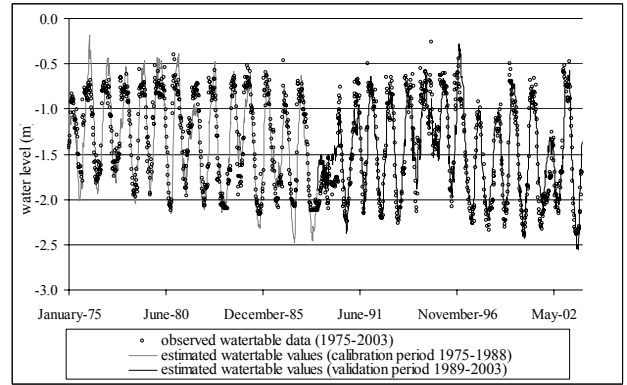


Fig.3 – Dati piezometrici osservati a Cadriano (pallini neri), stima nel periodo di calibrazione (linea grigia) e stima nel periodo di validazione (linea nera).

La fig.3 illustra il confronto tra i dati di F_{obs} osservati a Cadriano e la stima di F nel periodo di calibrazione ($R^2=0,81$) e nel periodo di validazione ($R^2=0,72$ MAE=0,13 m). La (1) è stata ulteriormente testata sui dati di un piezometro della rete GIAS nella pianura ferrarese, come illustrato in fig.4 ($R^2=0,71$).

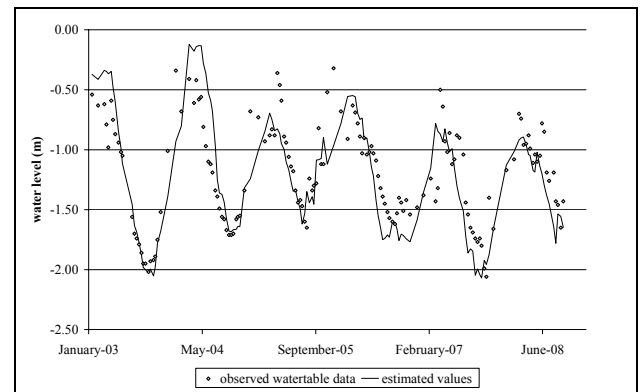


Fig.4 – Confronto tra dati osservati nel pozzo 06FE della rete GIAS (pallini neri) e stima di F (linea nera).

Conclusioni

Le analisi hanno evidenziato come la (1) sia in grado di stimare con buona affidabilità l'andamento del livello piezometrico, richiedendo in input unicamente dati pregressi di F_{obs} e dati di precipitazione. La (1) è in uso presso Arpa-Simc come previsore dell'andamento di falda legato alle previsioni stagionali. Un campo di indagine particolarmente interessante che intendiamo approfondire a breve è la distribuzione spaziale dei parametri in gioco nella formula e la eventuale presenza di correlazioni tra questi parametri e grandezze fisiche e geografiche quali la tessitura del suolo, la quota e la distanza dal crinale.

Bibliografia

- Almedej J., Al Ruwaih F., 2006. Periodic behaviour of groundwater level fluctuations in residential areas, *J. of hydrology* 328, 677-684
- Hattermann F., Krysanova V., Wechsung F., Wattenbach M., 2004. Integrating groundwater dynamics in regional hydrological modelling. *Environmental modelling & software* 19, 1039-1051
- Rossi P., Kerschbaumer A., 1998. Rappresentazione spatio-temporale di dati di profondità di falda. In "La normalizzazione dei metodi di analisi fisica del suolo". *I georgofili. Quaderni III*, 173-186.