

A. Ceppi^{1*}, G. Ravazzani¹, C. Corbari¹, S. Meucci², R. Salerno³, & M. Mancini¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (D.I.C.A.), Politecnico di Milano, Piazza L. da Vinci 32, Milano – alessandro.ceppi@polimi.it

²M.M.I. srl, Via D. Crespi 7, Milano

³Centro Epsom Meteo, Via M. Viganò de Vizzi 93/95, Cinisello Balsamo (Mi)

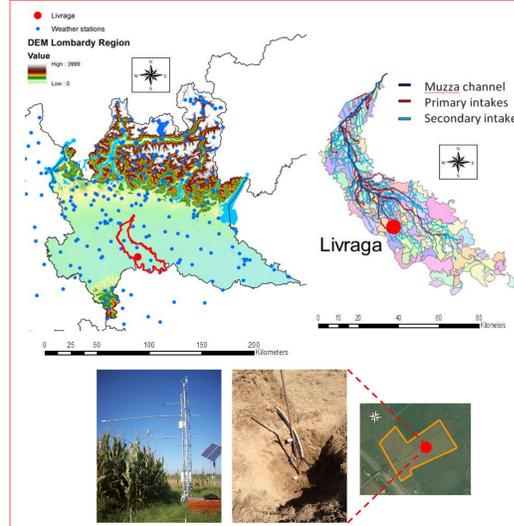
INTRODUZIONE

Negli ultimi anni frequenti periodi con scarsità d'acqua hanno evidenziato il fabbisogno di un utilizzo più oculato della risorsa, anche in aree tradizionalmente ricche di acqua come la Pianura Padana. L'uso irriguo, quello idroelettrico e termoelettrico, la richiesta d'attenzione ai minimi deflussi vitali nei corsi d'acqua e un'utenza irrigua in evoluzione, esasperano il conflitto tra le svariate utenze, evidenziando periodi d'emergenza idrica in condizioni di scarsa piovosità (Ravazzani et al., 2011). Tali situazioni sono soggette ad acuirsi anche in funzione degli ultimi trend e scenari climatici previsti (English et al., 2002, Farré and Faci, 2008).

Il presente lavoro mostra lo sviluppo e l'implementazione di un sistema previsionale in tempo reale chiamato PRE.G.I. (PREvisione meteo-idrologica per la Gestione Irrigua), rispondendo alla necessità di gestione dell'acqua irrigua nelle situazioni di crisi idrica che si sono manifestate in modo sempre più evidente negli ultimi decenni. Il sistema si basa sull'accoppiamento di un modello di previsione meteorologica ad ensemble (20 membri) a medio termine (30 giorni) con un modello idrologico per la previsione dei contenuti idrici del suolo su un campo di mais posizionato all'interno del Consorzio di Bonifica della Muzza Bassa Lodigiana (MBL).

Nell'area sperimentale di Livraga (provincia di Lodi) il modello è stato calibrato durante le stagioni vegetative 2010 e 2011 e validato durante la stagione 2012 confrontando i dati simulati con i valori di umidità del suolo e di evapotraspirazione reale acquisiti rispettivamente con sonde TDR posizionate nel terreno a diverse profondità e con una stazione eddy-covariance per la stima dei flussi di evapotraspirazione (Ceppi et al., 2014).

AREA DI STUDIO



Il territorio del consorzio MBL si estende su una superficie di 740 km², in cui vi sono più di 150 bacini di irrigazione, migliaia di sottobacini che comprendono i singoli campi degli agricoltori. All'interno del bacino MBL, il canale Muzza (lungo circa 40 km) deriva l'acqua dal fiume Adda nel comune di Cassano e la restituisce a Castiglione d'Adda. La Muzza è sia il più grande canale di irrigazione in termini di capacità sia il primo canale artificiale costruito nel Nord Italia. L'area sperimentale per il Progetto PREGI è il campo di mais situato nella zona centrale del bacino MBL nell'azienda agricola Cascina Nuova di Livraga.

MODELLO METEOROLOGICO

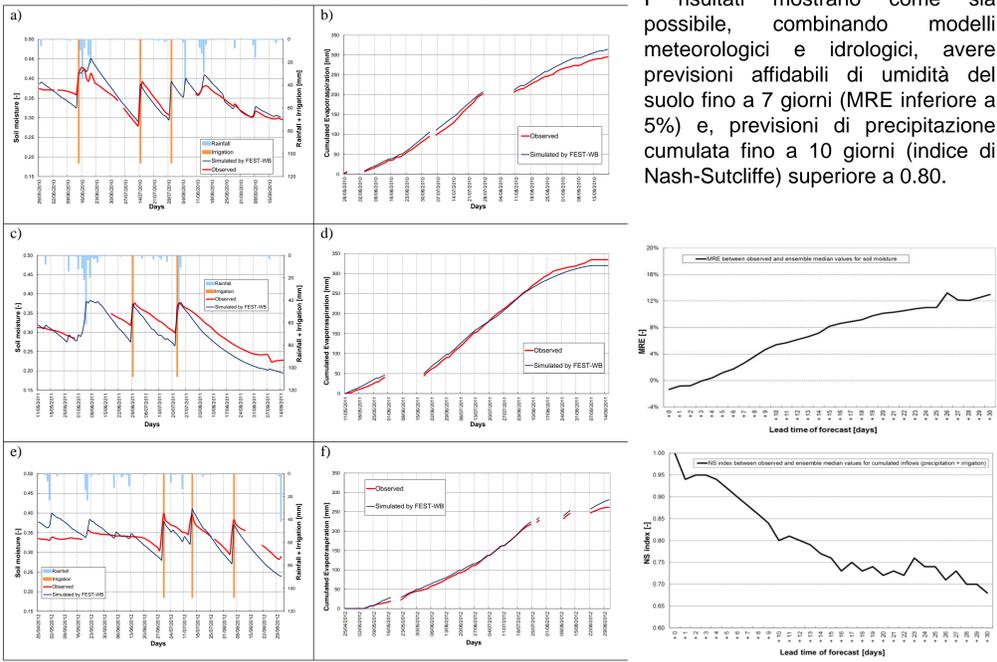
La previsione meteorologica viene fornita dal Regional Ensemble Prediction System (REPS), sulla base del modello WRF-ARW, implementato e sviluppato dal Centro Epsom Meteo.

- **Risoluzione spaziale:** 18 km
- **Output temporale:** 12 h (temperatura e precipitazione)
- **Livelli verticali:** 36 (modello non-idrostatico)
- **Numero di ensemble:** 20, ogni perturbazione degli ensemble è prodotta da un algoritmo sviluppato dal Centro Epsom Meteo tramite un'applicazione dell'Ensemble Transform Kalman Filter (EnTKF)
- **Orizzonte di previsione:** + 30 giorni
- **Run di partenza:** 00:00 UTC
- **IC e BC** sono fornite dal Global Ensemble Prediction System (GEPS) basato su una versione modificata del modello WRF-ARW applicato a scala globale con una risoluzione spaziale di 200 km.
- **Proprietario del modello:** MOPI – Centro Epsom Meteo

MODELLO IDROLOGICO

Le simulazioni idrologiche vengono eseguite utilizzando il modello afflussi-deflussi FEST-WB, un modello spazialmente distribuito e fisicamente basato, sviluppo dal Politecnico di Milano. Il modello calcola i principali processi del ciclo idrologico: evapotraspirazione, infiltrazione, deflusso superficiale e sotterraneo, dinamica della neve e il contenuto idrico del suolo. Il modello richiede come valori di ingresso i dati meteorologici osservati/previsti, in particolare temperatura e precipitazioni. Inoltre, sono necessarie ulteriori informazioni, quali l'uso del suolo, la tessitura del terreno, la conducibilità idraulica (Ks), il tipo di vegetazione, il DEM, i parametri acquiferi e in questo studio le irrigazioni programmate, i cui volumi e tempistiche di distribuzione dell'acqua sono fondamentali per mantenere aggiornate le condizioni di umidità del suolo all'interno della catena idro-meteorologica sviluppata. Nel campo sperimentale di Livraga l'irrigazione avviene ogni settimana, pertanto l'agricoltore ha la possibilità di irrigare dalla roggia più vicina ogni 7 giorni. La concessione di acqua per l'azienda agricola Cascina Nuova dalla roggia "Porra Nuova" è di 650 l/s, tuttavia considerando che l'efficienza dell'irrigazione del bacino Muzza è di circa il 45% del valore teorico, la portata disponibile diventa di circa 300 l/s. Dal momento che questo volume d'acqua viene utilizzato per irrigare il nostro campo sperimentale di 8 ettari in circa 8 ore, l'irrigazione stimata nel modello FEST-WB è pari a 108 mm.

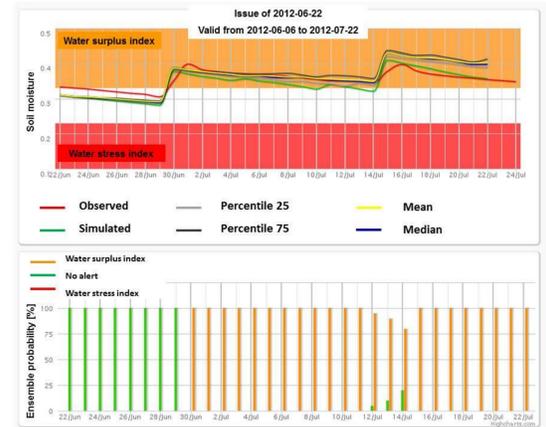
CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE



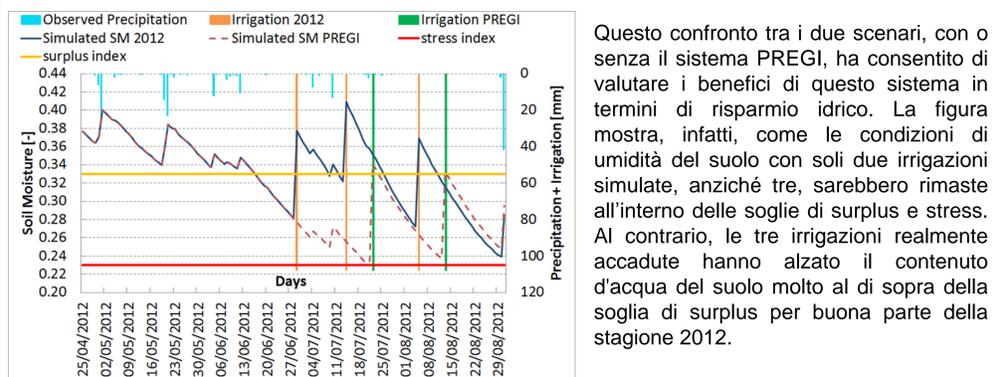
I risultati mostrano come sia possibile, combinando modelli meteorologici e idrologici, avere previsioni affidabili di umidità del suolo fino a 7 giorni (MRE inferiore a 5%) e, previsioni di precipitazione cumulata fino a 10 giorni (indice di Nash-Sutcliffe) superiore a 0.80.

IL SISTEMA PREGI

Il sistema di previsione idro-meteorologico fornisce informazioni in anticipo sul contenuto di umidità del suolo e sulle precipitazioni cumulate al fine di ottimizzare la gestione dell'irrigazione per i prossimi 30 giorni. Per evidenziare avvisi di allerta relativi alle previsioni di umidità, sono state definite due soglie nel sistema PREGI: una soglia di surplus idrico e una di stress, dove al di sotto di questa la coltura comincia a soffrire la mancanza d'acqua. Questa soglia di stress diventa un criterio decisionale per pianificare o meno l'irrigazione nei giorni prestabiliti.



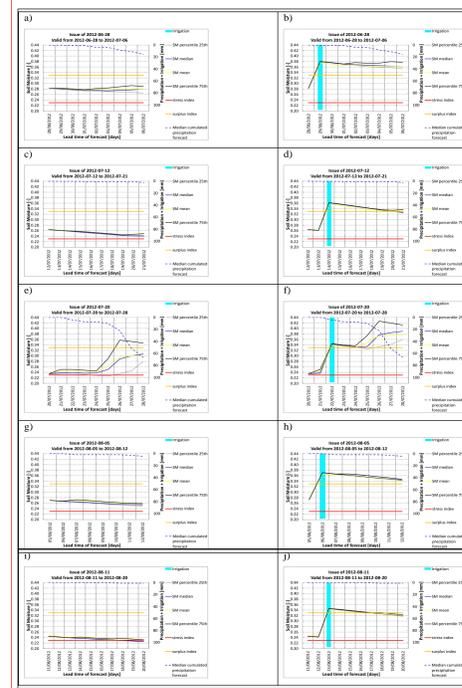
CONCLUSIONI



Questo confronto tra i due scenari, con o senza il sistema PREGI, ha consentito di valutare i benefici di questo sistema in termini di risparmio idrico. La figura mostra, infatti, come le condizioni di umidità del suolo con soli due irrigazioni simulate, anziché tre, sarebbero rimaste all'interno delle soglie di surplus e stress. Al contrario, le tre irrigazioni realmente accadute hanno alzato il contenuto d'acqua del suolo molto al di sopra della soglia di surplus per buona parte della stagione 2012.

I benefici prodotti grazie a questo studio, sono di tipo sia diretto che indiretto. I primi riguardano il monitoraggio e la previsione del contenuto idrico del suolo per la parcella irrigua in funzione dell'effettivo stato di umidità del terreno e delle esigenze idrologiche della coltura, permettendo di ridurre lo stress delle piante, massimizzandone la produzione di prodotto. I secondi consentono di ottimizzare la distribuzione irrigua perseguendo la migliore distribuzione quantitativa, in particolare in periodi di scarsità della risorsa, al fine di minimizzare le perdite produttive causate dallo stress idrico per mancata o insufficiente irrigazione. I risultati mostrano un'attendibilità di previsione fino a 10 giorni per la previsione delle precipitazioni cumulate e di 7 giorni per la previsione del contenuto di umidità del suolo con un errore medio relativo per quest'ultimo inferiore al 5%. I risultati hanno pertanto dimostrato che l'orizzonte medio raggiungibile per le situazioni con scarsità di pioggia consentirebbe di programmare la risorsa idrica in maniera ottimale disponendo di un ausilio modellistico idro-meteorologico.

TO FOLLOW OR NOT TO FOLLOW PREGI?



Per dimostrare i vantaggi di questo sistema di previsione, abbiamo effettuato due simulazioni: una supponendo che il proprietario del campo segua la consulenza fornita dalla piattaforma PREGI su quando irrigare, e l'altra seguendo le sue scelte fatte nella stagione vegetativa 2012; come mostrato in figura, una tra le 3 irrigazioni realmente effettuate si sarebbe potuta saltare. In particolare, l'irrigazione prevista per il 29 di giugno (Fig. b) si sarebbe potuta evitare (Fig. a), dal momento che nessuno dei 20 ensemble avesse previsto un valore di umidità del suolo al di sotto della soglia di stress. Secondo la previsione di Fig. c, anche l'irrigazione del 14 luglio (Fig. d) si sarebbe potuta rimandare per una settimana (Fig. f), quando era davvero necessario, perché le previsioni di umidità del suolo, emesse il 20 luglio, davano una probabilità del 35% (vale a dire 7 ensemble su 20) di scendere al di sotto della soglia di stress, se il proprietario del terreno non fosse intervenuto con l'irrigazione del 22 luglio (Fig. e). Allo stesso modo nel mese di agosto, si sarebbe potuta rinviare l'irrigazione prevista per il giorno 6 (Fig. h) di una settimana (Fig. j), dal momento che nessun ensemble prevedesse un'allerta (Fig. g) nei prossimi 7 giorni (arco temporale in cui coincide la turnazione irrigua all'interno del campo di mais di Livraga). Infatti, con la previsione dell'11 agosto, se non si fosse irrigato il giorno 13, vi era una probabilità del 50% di stress idrico per il giorno 17 agosto (Fig. i).

BIBLIOGRAFIA

- Ceppi, A., Ravazzani, G., Corbari, C., Salerno, R., Meucci, S., and Mancini, M.: Real-time drought forecasting system for irrigation management, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3353-3366, 2014.
- English, M.J., Solomon, K.H., and Hoffman, G.J. A paradigm shift in irrigation management. *J. Irrig. Drain. Eng.-ASCE*, 128(5), 267-277, 2002.
- Farré, I., and Faci, J.M. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agric. Water Manage.* 96, 383-394, 2009.
- Ravazzani, G., Giudici, I., Schmidt, C., Mancini, M. Evaluating the potential of quarry lakes for supplemental irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(8), 564-571, 2011.