

## Utilizzo congiunto di dati geografici e statistici per la stima dei consumi irrigui in agricoltura

Flavio Lupia, Francesco De Santis

INEA – Istituto Nazionale di Economia Agraria, Via Nomentana n. 41, 00161 Roma, lupia@inea.it

### Riassunto

Nei paesi del Sud Europa la quota di utilizzo della risorsa idrica in agricoltura supera l'80% del quantitativo totale nazionale. In questo contesto, stimare accuratamente i consumi irrigui costituisce l'elemento cardine per una gestione accurata e per la definizione di politiche per l'utilizzo delle risorse idriche ai diversi livelli territoriali.

Il presente contributo descrive le caratteristiche di un sistema di calcolo per la stima dei consumi irrigui della singola azienda agricola mediante l'utilizzo di dati geografici e statistici. La fonte statistica è costituita dal 6° Censimento Generale dell'Agricoltura (ISTAT) che produrrà una fotografia aggiornata dell'universo delle aziende agricole italiane.

Il sistema di calcolo, sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca MARSALa, integra tre modelli deterministici ed è dotato di funzioni di modellazione e trasformazione dei dati di ingresso per la generazione dei parametri richiesti dai modelli. L'attività di progettazione ed implementazione ha messo in evidenza le difficoltà legate all'integrazione dei dati di ingresso (suolo, clima, uso del suolo aziendale, parametri colturali, parametri aziendali) in relazione alla loro diversa natura, difficoltà di acquisizione, standardizzazione ed armonizzazione. Opportune strategie sono state definite per facilitare l'adattamento dei dati in relazione alle esigenze dei modelli, mantenendo livelli accettabili di accuratezza in relazione anche alle risorse economiche progettuali.

A valle del Censimento, i risultati della simulazione prodotti per l'universo delle aziende agricole, saranno organizzati in un *geodatabase* che costituirà una fonte informativa statistica di utilizzo nazionale e comunitario. Sarà possibile, inoltre realizzare specifiche analisi del fenomeno irrigazione, in ambiente GIS, attraverso l'aggregazione dei risultati alla scala territoriale di interesse.

### Abstract

Agricultural water use in Southern Europe exceeds the 80% of the total national water abstraction. In this context an accurate estimation of the irrigation water consumption plays a pivotal role in the water management sector and in the policy making at the different administrative levels.

The paper describes the main features of a computational system for the irrigation water consumption estimation at farm level by using geographical and census data coming from the next Italian General Agricultural Census 2010. The application of the software will provide a picture of the water consumption for the whole Italian farms universe.

The computational system, developed in the framework of MARSALa project, is made up of three integrated models and has a set of function for the transformation and the import of the input data required.

The main strategies applied for the input data identification and collection are described with the activities of data standardization and harmonization.

The simulated results produced by the Census will be stored in a geodatabase that might be used to analyze the irrigation phenomenon with different territorial aggregation by using GIS functions.

## Introduzione

In Europa, il 24% del totale della risorsa idrica utilizzata appartiene al settore agricolo e, in alcune regioni del sud Europa il consumo idrico in agricoltura costituisce più dell'80% del consumo nazionale (EEA report no. 2/2009). Prendendo in considerazione il sovra sfruttamento, il conflitto tra i vari usi ed i cambiamenti climatici appare evidente come lo scenario futuro sarà caratterizzato da problemi di scarsità della risorsa specialmente nei paesi Mediterranei. Sono pertanto richieste strategie e politiche di gestione precise che hanno a loro volta bisogno di stime accurate dei fabbisogni irrigui del comparto agricolo.

In questa ottica si colloca anche la necessità comunitaria di produrre statistiche sui consumi irrigui aziendali congiuntamente alle variabili normalmente acquisite da ISTA con le Indagini di Struttura e con il Censimento dell'Agricoltura.

Il presente contributo è realizzato nell'ambito del progetto MARSALa (*Modelling Approach for irrigation water eStimation at fArm Level*), finanziato dall'Ufficio Statistico della Comunità Europea (Eurostat), finalizzato alla realizzazione di un sistema di calcolo per la stima dei consumi irrigui a livello di azienda agricola (Lupia et al. 2009, Lupia et al. 2010).

Il sistema di calcolo sarà utilizzato da ISTAT per stimare il consumo di acqua impiegata per l'irrigazione per l'intero universo di aziende italiane che saranno censite con il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura che sarà avviato nel mese di ottobre 2010.

Il contributo riporta le caratteristiche del sistema di calcolo descrivendo brevemente i tre modelli deterministici che lo costituiscono, l'architettura software ed hardware e soprattutto la strategia adottata per la ricognizione dei dati (geografici e statistici), l'armonizzazione e la relativa integrazione.

## Materiali e Metodi

Obiettivo del progetto era utilizzare le informazioni sullo stato dell'arte e sviluppare una metodologia per la stima dei consumi irrigui aziendali basata su informazioni censuarie e su dati geografici/territoriali esistenti a livello nazionale. Il risultato è stato la progettazione ed implementazione di un sistema software di calcolo costituito da tre modelli integrati: *Crop irrigation requirement* (Modello A), *Irrigation system efficiency* (Modello B) e *Farmer irrigation strategy* (Modello C).

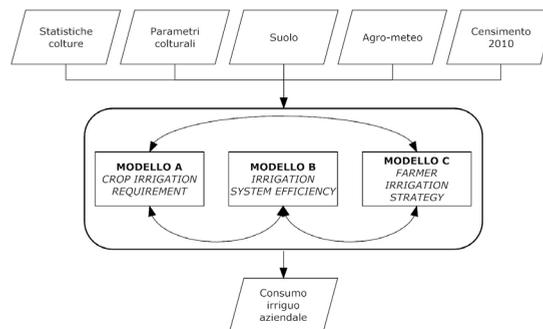


Figura 1 – Schema concettuale del sistema di calcolo con i tre modelli integrati e la tipologia di dati di input.

Il Modello A stima, su base giornaliera, il fabbisogno idrico di ogni singola coltura irrigua dell'azienda agricola calcolando il bilancio idrico culturale (in base alla formulazione FAO-56 (Allen et al. 1998) che fa ricorso al concetto di coefficiente culturale ed evapotraspirazione)

utilizzando parametri relativi alle caratteristiche colturali, climatiche (pioggia ed evapotraspirazione) e pedologiche (profondità del suolo, capacità idrica di campo e punto di appassimento). I dati agrometeorologici e pedologici forniscono i parametri fondamentali per l'applicazione del modello e dato che il sistema di calcolo deve essere applicato all'intero universo di aziende agricole italiane è necessaria una copertura completa del territorio nazionale.

L'attività di ricognizione dati ha evidenziato come per ottenere dati agrometeorologici a buona risoluzione (ad esempio con grigliati di evapotraspirazione e pioggia con celle di 5 km) occorrerebbe acquisire ed armonizzare i dati prodotti da ogni singola regione italiana. Data l'enorme mole di lavoro richiesta e la difficoltà di stabilire accordi e relazioni con ogni regione è stato deciso di utilizzare una griglia standardizzata a livello nazionale ma con risoluzione inferiore pari a 30 km. La griglia è quella prodotta dal CRA-CMA utilizzando tecniche geostatistiche quali il *kriging* (Perini et al. 2007) e contiene valori di pioggia ed evapotraspirazione stimata per 544 nodi ("celle meteo") che coprono l'intero territorio nazionale (Figura 2). Ogni azienda agricola censita avrà una "cella meteo" di riferimento in base al comune in cui è localizzato il centro aziendale. Ogni comune italiano è associato ad una "cella meteo" tramite una funzione di *spatial join* che tiene conto della minima distanza euclidea tra il centroide del comune e la "cella meteo".

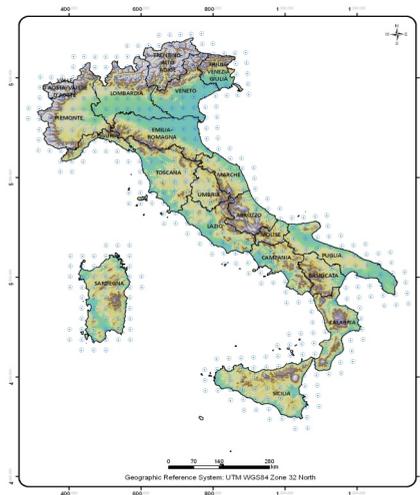


Figura 2 – Griglia dei dati agrometeorologici. La griglia contiene 544 nodi ("celle meteo") con i valori stimati di precipitazione ed evapotraspirazione attraverso metodologia geostatistica.

Riguardo i dati pedologici diverse complessità sono emerse durante la ricognizione. La situazione italiana è caratterizzata infatti dalla mancanza di una carta pedologica standardizzata a livello nazionale con risoluzione accettabile per le applicazioni modellistiche, mentre carte pedologiche sono disponibili a livello regionale con caratteristiche di risoluzione e standard diversi che rendono particolarmente ardua la procedura di armonizzazione. Una specifica metodologia è stata pertanto sviluppata per la produzione di un geodatabase armonizzato per l'intero territorio agricolo nazionale utilizzando le informazioni pedologiche disponibili sia a livello regionale che nazionale estraendo i tre parametri richiesti dal modello: profondità del suolo, punto di appassimento e capacità idrica di campo. Tali parametri sono stati definiti per ogni comune e per due classi principali di uso suolo: seminativi e frutteti mediando i parametri, in maniera pesata in base all'estensione a livello di classe di uso del suolo, dei diversi suoli presenti ed utilizzando alcune regole (ad es. frutteti associati solo a suoli la cui profondità è superiore ad una certa soglia). Le classi di uso del suolo sono state

definite utilizzando la carta Corine Land Cover 2000 (1:100.000) e quando disponibili le carte di uso del suolo regionali a più alta risoluzione (1:25000, 1:50000).

Le informazioni specifiche sulle colture irrigue aziendali per le quali applicare il modello sono estratte dai risultati del Censimento attraverso specifiche funzioni di *import* che assicurano anche la disaggregazione delle categorie colturali in singole colture. Ad esempio, in alcuni casi, il questionario del Censimento acquisisce informazioni per aggregati di colture irrigue (ad es. "Ortive") che è necessario disaggregare per l'applicazione del modello. Sono state pertanto sviluppate delle funzioni di disaggregazione che utilizzano i dati censuari congiuntamente ad altre informazioni quali le statistiche congiunturali ISTAT che forniscono annualmente l'estensione superficiale delle singole colture per ogni provincia italiana.

Le informazioni relative ai parametri colturali (coefficiente colturale, ciclo vegetativo, profondità radici, date di semina/trapianto e raccolta) sono state definite per ogni possibile coltura irrigua coltivata mediante un database suddiviso in tre aree geografiche Nord, Centro e Sud collezionando le informazioni derivanti dall'analisi della letteratura e dei risultati prodotti in progetti di ricerca sul territorio nazionale.

Il Modello B valuta l'efficienza del sistema di irrigazione e delle perdite per drenaggio, utilizzando dati ed informazioni sulla tipologia e caratteristiche dei sistemi di irrigazione associati ad ogni coltura.

La tipologia di sistema di irrigazione è acquisita con il Censimento attraverso le seguenti categorie: scorrimento superficiale ed infiltrazione laterale, aspersione, sommersione, microirrigazione ed altro sistema. Ad ogni sistema è associato un parametro di efficienza (espresso in percentuale) sulla base del giudizio di esperto, che permette di determinare, sulla scorta di alcune relazioni matematiche, l'aliquota di consumo irriguo aggiuntivo, rispetto a quello determinato dal Modello A, necessaria a compensare l'inefficienza del sistema di irrigazione.

Il Modello C simula la strategia irrigua aziendale adottata dal capozzienda raffinando il consumo irriguo prodotto dai modelli A e B attraverso la modellizzazione e l'analisi della componente "comportamentale" del capozzienda (Lupia, De Santis 2010). La strategia irrigua è, in generale, in relazione ad elementi quali: livello di istruzione, abitudini, disponibilità di acqua e costi relativi, condizioni di mercato della coltura, tipologia di fonte irrigua, ecc.

Il modello si basa sulla definizione dei valori da associare ad un parametro fisico, denominato *Relative Irrigation Supply* (RIS), connesso al concetto di strategia irrigua in termini di efficienza. Il RIS è il rapporto tra il volume irriguo applicato alla coltura e quello effettivamente richiesto secondo il concetto di fabbisogno idrico ed indica la ricarica completa, per difetto o per eccesso del contenuto idrico del profilo di suolo esplorato dalla coltura.

Per definire i valori da associare al parametro RIS per ogni coltura irrigua è stato costruito un albero decisionale, utilizzando le seguenti informazioni estratte dal Censimento:

- sistema di irrigazione adottato per ogni coltura;
- fonte irrigua (auto-approvvigionamento/ consorzio di bonifica e irrigazione);
- modalità consortile di fornitura dell'acqua di irrigazione (turno/domanda);
- livello di istruzione del capozzienda;
- ricorso a servizi di consulenza irrigua.

I valori di RIS nell'albero sono imputati in maniera preliminare con considerazioni logiche basate sul giudizio di esperto, mentre il valore definitivo è determinato solo a valle della calibrazione.

La calibrazione del sistema di calcolo è stata effettuata agendo esclusivamente sul Modello C attraverso la rimodulazione dei relativi parametri comparando i valori misurati e stimati del consumo irriguo aziendale. La calibrazione è avvenuta su un campione di 300 aziende localizzate in Campania, Emilia-Romagna, Puglia e Sardegna; il campione è stato stratificato utilizzando 4 variabili considerate fortemente legate al consumo irriguo: tipologia colture, dimensione aziendale, sistema irrigazione e fonte irrigua.

I risultati ottenuti sono soddisfacenti ed in linea con la risoluzione dei dati utilizzati in ingresso. Alcune valutazioni sulla sensitività del modello alla risoluzione dei parametri di input sono in corso,

in particolare utilizzando dati agro-meteorologici a diversa granularità (griglie di 30 e 5 km). L'accuratezza dei risultati è anche relazionata alla corretta associazione coltura-suolo che, con i dati censuari che saranno disponibili, è affetta da un elevato livello di indeterminazione spaziale: il questionario del Censimento riporta solo l'informazione del comune dove è localizzata la coltura e non l'ubicazione esatta a livello di parcella. L'effetto di tale indeterminazione sulla qualità della simulazione è in corso di verifica utilizzando un sottocampione di aziende per le quali oltre alle informazioni alfanumeriche del questionario del Censimento, i rilevatori incaricati hanno registrato delle informazioni spaziali digitalizzando le parcelle coltivate utilizzando Google Maps.

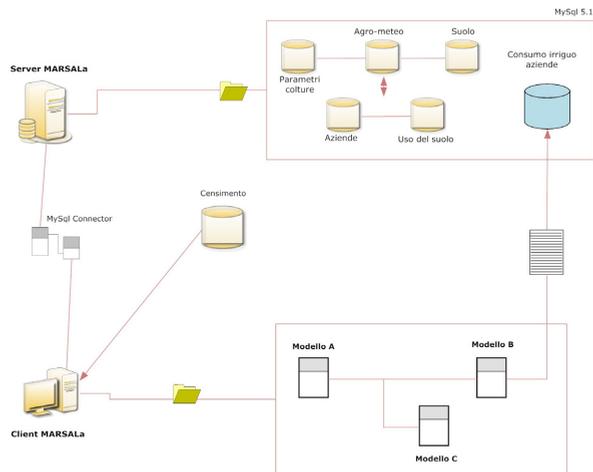


Figura 3 – Architettura client-server del sistema di calcolo sviluppato e relativi database di input ed output.

### Considerazioni e conclusioni

Il sistema di calcolo presentato permetterà di stimare il consumo irriguo delle aziende agricole censite nel corso del prossimo Censimento Generale dell'Agricoltura 2010. Il sistema è realizzato con una specifica architettura *client-server* ed è basato sull'implementazione di tre differenti modelli di calcolo deterministici che analizzano i principali fenomeni connessi al consumo irriguo dell'azienda utilizzando dati di input di natura diversa: statistici e geografici.

Il sistema è stato testato su un campione di circa 300 aziende con risultati di simulazione soddisfacenti in relazione alla natura delle informazioni disponibili per l'estrazione dei parametri di input. E' indubbio come livelli di accuratezza superiori possono essere raggiunti con dati geografici di buona risoluzione che però spesso non sono disponibili in maniera standardizzata per l'intero territorio nazionale (ad es. dati agro-meteorologici e pedologici).

La necessità di standardizzazione ed omogeneizzazione i dati a livello nazionale insieme ai vincoli sulle risorse disponibili ha imposto la scelta e l'utilizzo di dati a bassa risoluzione generalizzati alla scala geografica comunale. Una valutazione specifica dell'effetto della risoluzione dei dati geografici sui risultati prodotti è in corso di sperimentazione per un campione di aziende attraverso una analisi di sensitività utilizzando dati agro-meteorologici a diversa risoluzione (griglie con risoluzione di 30 km e 5 km).

I dati pedologici giocano un ruolo determinante sull'accuratezza dei dati simulati e le loro caratteristiche di standardizzazione e risoluzione sul territorio nazionale sono dominate da una elevata disomogeneità frutto dell'inesistenza di un coordinamento generale. Il database dei parametri pedologici è stato prodotto definendo una specifica metodologia atta alla ricognizione ed

omogeneizzazione delle informazioni disponibili a livello regionale e nazionale e basata sull'utilizzo di dati di supporto come le carte di uso del suolo disponibili. I parametri pedologici richiesti sono stati definiti a livello comunale per classi di uso del suolo (seminativi e frutteti), utilizzando anche criteri di tipo biofisico in modo da ridurre l'incertezza dovuta all'associazione coltura-suolo.

Un altro elemento determinante per l'accuratezza riguarda i dati di input di natura statistica estratti dal Censimento che rappresentano la fonte informativa chiave sulle caratteristiche aziendali e sulle relative colture irrigue. E' emerso infatti, come le informazioni censuarie non sono complete per la definizione precisa dei parametri di ingresso dei modelli condizionandone la qualità dei risultati prodotti, ma allo stesso tempo questa può essere migliorata valorizzando al massimo le informazioni contenute nel questionario censuario. L'analisi approfondita del questionario e lo sviluppo di opportune "regole di manipolazione" basate su dati statistici di supporto e su regole basate sul giudizio di esperto permettono una corretta estrazione e modellazione dei parametri richiesti nel formato adatto al sistema di calcolo ed ai relativi modelli. Esempio di "regole di manipolazione" necessarie da applicare ai dati censiti sono quelle relative alla disaggregazione delle informazioni aziendali rilevate per macro categorie di colture (es. la categoria generica "Ortive") in specie colturali atomiche (ad es. pomodoro, melanzana, ecc.).

In definitiva, malgrado le limitazioni sull'accuratezza dei risultati che saranno prodotti in relazione alla natura dei dati di input disponibili e delle risorse progettuali, è indubbio come l'applicazione del sistema di calcolo a valle del Censimento fornirà un contributo importante per l'analisi del fenomeno dei consumi irrigui aziendali italiani. I risultati della simulazione potranno essere rapportati a livello territoriale attraverso funzioni di analisi territoriale in ambiente GIS e saranno utili per le valutazioni territoriali del fenomeno irriguo. Sarà possibile relazionare i risultati e le relative variabili disponibili (tipologia colturale, sistema di irrigazione utilizzato, dimensione aziendale e fonte di approvvigionamento della risorsa idrica) con gli altri elementi della matrice ambientale, fornendo un valore aggiunto ad eventuali attività di ricerca e valutazione.

## **Bibliografia**

- 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*, Rome, Italy.
- EEA Report No. 2/2009, "Water resources across Europe - confronting water scarcity and drought". ISSN 1725-9177
- ISTAT (2006), "Water resources assessment and water use in agriculture", *Essay n. 18*, ISBN 9788845813641
- Lupia F., Mateos L., De Santis F., Altobelli F., Salvati L., Tersigli S., Ramberti S., (2009), "Un modello di stima dei volumi irrigui aziendali. L'esperienza del progetto Marsala", *Atti del 12° Convegno Nazionale di Agrometeorologia AIAM 2009 "Clima e agricoltura, strategie di adattamento e mitigazione"*, Sassari, 10-12 giugno 2009.
- Lupia F., Mateos L., Altobelli F., De Santis F., Namdarian I., Nino P., Vanino S., (2010), "Use of agricultural census data for the estimation of irrigation water", *Proceedings of 17th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)*, June 12-17 Quebec City, Canada.
- Lupia F., De Santis F., (2010), "Definizione di un albero decisionale per la simulazione della strategia irrigua aziendale", *Atti del 13° Convegno nazionale di agrometeorologia - AIAM 2010. Bari 8-10 Giugno 2010*.
- Maton, L., Leenhardt, D., Goulard, M., Bergez, J.-E. (2005), "Assessing the irrigation strategies over a wide geographical area from structural data about farming systems", *Agricultural systems* 86, 293-311.
- Perini L., Salvati L., Ceccarelli T., Motisi A., Marra F.P., Caruso T., (2007). Atlante agro climatico - Scenari di cambiamento climatico. *Collana Climagri n. 52*, ISBN 88-901472-8-8.