

Gestione delle risorse idriche a livello territoriale utilizzando informazioni a terra e telerilevate: un Progetto integrato di ricerca (*)



Michele Rinaldi¹, Marco Acutis², Guido D'Urso³,
Marcello Mastrorilli¹, Francesco Mattia⁴, Pietro Soldo⁵,
Nicoletta Noviello⁵, Francesco Zecca⁶

¹CRA – Istituto Sperimentale Agronomico, Bari, michele.rinaldi@entecra.it

²Università di Milano, Dipartimento di Produzioni Vegetali

³Università “Federico II” di Napoli, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Agronomia del Territorio

⁴CNR – Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione, Bari

⁵Consorzio per la Bonifica della Capitanata, Foggia

⁶Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Roma

1. Introduzione

La disponibilità di acqua irrigua per l'agricoltura sta diventando sempre più limitata a causa dei cambiamenti climatici, del peggioramento della qualità e dell'aumento delle superfici irrigate. Conseguentemente, la ricerca in agricoltura deve fornire linee guida e prodotti per giungere ad un uso sostenibile di questa importante risorsa naturale.

La letteratura riporta studi e risultati sull'uso di immagini ottenute da telerilevamento o remote sensing (RS) nel campo delle radiazioni del visibile, infrarosso e microonde per ottenere informazioni sull'uso del suolo, stato della vegetazione, umidità del suolo, rugosità superficiale e, in generale, per stimare lo stato della coltura e del suolo.

Metodologie diverse sono state sviluppate per stimare l'evapotraspirazione delle colture partendo da dati telerilevati, usando l'equazione del bilancio energetico e informazioni derivanti da immagini nel campo dell'infrarosso termico. Altri approcci utilizzano i parametri estratti da misure di RS (frazione di copertura, Leaf Area Index, albedo, emissività) per assimilarli in un modello fisicamente basato (Oliosio *et al.*, 1999).

L'attuale disponibilità di satelliti con sensori ad alta risoluzione (Landsat, Spot, IRS, e ASTER) con risoluzione spaziale di 15-30 m e i satelliti lanciati recentemente (come Ikonos e Quickbird) con risoluzione di 1-5 m, offrono la possibilità di monitorare campi anche di piccole dimensioni o di apprezzare variabilità spaziali all'interno del campo per studi applicativi sulla nutrizione delle piante, difesa dai parassiti ed agricoltura di precisione (Moran *et al.*, 1997; Bach *et al.*, 2000; Bastiaanssen *et al.*, 2000; Basso *et al.*, 2000; D'Urso, 2001; Coquil and Bordes, 2005).

(*) Progetto finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (D.M. n. 209/7393/05 (Progetto AQUATER, Coordinatore dott. Michele Rinaldi).

Lavoro pubblicato sulla Rivista “Bonifica” n. 4, pp. 84-90.

Conoscenze di base ed applicate sui fabbisogni idrici delle colture sono ben documentate (Allen *et al.*, 1998), ma si avverte l'esigenza, da parte degli enti gestori ed erogatori di acqua a scopi irrigui, di strumenti che possano aiutare meglio a gestire l'acqua ad una scala spaziale più ampia, per es. a livello di distretto irriguo.

I modelli colturali di simulazione sono rappresentazioni matematiche del sistema "suolo-pianta-atmosfera", comprendenti le molteplici interazioni tra fattori biologici ed ambiente. Essi hanno algoritmi che calcolano l'accrescimento della coltura, la produzione finale, così come il bilancio nutrizionale e quello idrico, in funzione delle condizioni pedo-climatiche e della tecnica agronomica di coltivazione (Castrignanò *et al.*, 1998; Ventrella and Rinaldi, 1999; Rana and Katerji, 2000; Matthews, 2002; Rinaldi, 2001, 2004). I modelli spazialmente distribuiti possono essere usati anche a scala più ampia, come versanti, bacini o regioni (Wang and Hjelmfelt, 1998; Gallant, 1999; D'Urso *et al.*, 1999; Hartkamp *et al.*, 1999; Heinemann *et al.*, 2002; Basso, 2005).

Uno strumento che combini le tecnologie su riportate potrebbe essere molto utile per fare previsioni di resa, di consumo idrico, di rischio di carenza idrica ed essere di supporto agli enti gestori dell'acqua irrigua per le decisioni sulla gestione dell'acqua.

2. Materiali e metodi

Il Progetto di ricerca "AQUATER" è un progetto di ricerca triennale (2005-2008) finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, nell'ambito del Programma di sviluppo del Mezzogiorno: ricerca e innovazione tecnologica (CIPE 17/03 e 83/03).

L'aspetto innovativo e lo scopo ultimo del Progetto sono:

- produrre un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) che integri informazioni telerilevate, dati spaziali e modelli di simulazione per gestire le risorse idriche a livello di distretto;
- simulare scenari irrigui per valutare gli effetti dello stress idrico sulla produzione delle colture; identificare le aree irrigue più sensibili al rischio siccità nelle pianure del Mezzogiorno d'Italia.

Gli strumenti e le metodologie usate sono:

a) immagini telerilevate (visibile, infrarosso, microonde), mappe topografiche, mappe pedologiche e di uso del suolo a differenti scale spaziali e temporali;

b) metodologie geostatistiche (kriking, co-kriking, factor kriging, simulazione stocastica);

c) Sistemi Geografici Informativi (ArcView[®]);

d) misure di verità a terra, verifica dell'uso del suolo, sviluppo della canopy, temperatura del suolo, stato idrico del suolo e della pianta, indici come il Normalized Difference Vegetation Index, Crop Water Stress Index, Leaf Area Index, l'evapotrazione reale della coltura, coefficienti colturali, resa finale, indicatori agro-ecologici;

e) modelli di simulazione colturali (i.e., DSSAT, CropSyst, EPIC, SWAP, SALUS-TERRAE, STAMINA).



2.1. Linee di attività

L'attività del Progetto è articolata in 4 linee di attività, a cui prendono parte le Unità Operative partecipanti, ciascuna con un obiettivo specifico, ma con un alto grado di interconnessione.

A – Telerilevamento e analisi di immagine. Questa linea di attività acquisirà informazioni da RS nelle aree oggetto di indagine (vedi punto 2.3), le processerà in modo da ottenere un nuovo metodo per monitorare e analizzare dati spaziali con lo scopo di descrivere le aree esaminate e stimare i consumi idrici. Verrà prodotto un GIS con strati informativi relativi ai dati pedologici e di uso del suolo.



B – Sistemi colturali. Provvederà alle informazioni a livello territoriale di fenologia, evapotraspirazione di riferimento (ET_0) e reale (ET_a), Leaf Area Index, produzione totale e commerciale, umidità del suolo. Potrà derivare informazioni sullo stato idrico delle piante usando diversi indicatori (potenziale idrico fogliare, crop water stress index, temperatura superficiale, NDVI). Ricerche più approfondite mireranno a verificare o a trovare nuove relazioni tra gli indicatori su riportati e le informazioni telerilevate.



C – Modellistica e sviluppo software. La linea di attività si prefigge di ottenere una migliore conoscenza dei processi alla base del flusso idrico che interessa la zona radicale e l'interfaccia suolo-atmosfera. Produrrà l'integrazione tra dati da RS, modello di simulazione e GIS per ottenere e visualizzare output informativi sui fabbisogni idrici ad una scala spaziale più ampia (distretto irriguo).

D – Decisori. Rappresentano l'interfaccia tra "ricerca" e "operatori agricoli" e, conseguentemente, gli utilizzatori dei risultati del Progetto. Potranno dare utili informazioni alle altre linee di attività sulle aree esaminate, sulle aziende agricole, sui criteri di gestione ed utilizzazione dell'acqua.



2.2. Partecipanti

I partecipanti a questo Progetto multidisciplinare sono ricercatori con differenti background scientifici: agronomi, ingegneri, fisici.

Due Istituti di ricerca (CRA-Istituto Sperimentale Agronomico di Bari e CNR-Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione, Bari) e due Dipartimenti

universitari (Università di Milano, Dipartimento di Produzioni Vegetali, Milano e Università “Federico II”, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Agronomia del Territorio, Napoli) rappresentano le principali unità di ricerca. Il CRA-ISA è organizzato in 5 sub-unità, ciascuna impegnata in uno specifico aspetto nel Progetto, ed è responsabile della gestione scientifica e finanziaria.

Diversi gruppi di decisori sono stati coinvolti (consorzi di bonifica, associazioni di produttori, enti locali) nella linea di attività “D”, rappresentando gli utenti finali dei risultati del Progetto.

2.3. Le aree

Piana di Capitanata: rappresenta la seconda pianura italiana (circa 4000 km²), localizzata nella parte nord della Puglia. Le colture più diffuse sono frumento duro (in genere in asciutto), pomodoro da industria, barbabietola, ortaggi (carciofi, cavoli, asparago), uva da vino e olivo. Il clima è semi-arido, con estate calde e secche (le precipitazioni annuali si attestano intorno ai 550 mm) e inverni brevi e temperati. Il Consorzio per la Bonifica della Capitanata gestisce ed eroga acqua irrigua in pressione per gran parte dell’area (circa 1800 km²) che è caratterizzata da suoli alluvionali argillo-limosi e di buona profondità. Molto diffusi nelle aziende agricole irrigue sono anche pozzi freatici e vasconi in terra per l’accumulo di acqua. I sistemi irrigui più usati sono quelli a microportata di erogazione e per aspersione.

Pianura dell’arco Ionico-Metapontino: questa pianura (circa 800 km²) è dislocata nell’area costiera ionica della Basilicata e della Puglia. Si caratterizza per bassi rilievi degradanti verso il mare. I suoli sono argillosi e limo-argillosi nella parte più interna e sabbiosi e limo-sabbiosi nella parte più vicina al mare. Il clima è classificato come “termomediterraneo accentuato”. La piovosità media annuale è pari a 476 mm, con più del 77% delle precipitazioni che si verificano nei mesi invernali. Le colture maggiormente presenti sono ortaggi (fragole, angurie, pomodoro, peperone, melanzana), agrumi, drupacee, olivo e vite, irrigate con sistemi localizzati e per aspersione. Due consorzi di bonifica provvedono alla erogazione turnata di acqua irrigua.



Piana del Sele: La pianura (circa 500 km²) è divisa in zona destra e zona sinistra rispetto al corso del fiume Sele e rappresenta una pianura molto fertile della regione Campania. I suoli sono prevalentemente argillo-limosi e limo-argillosi, di origine vulcanica. Le precipitazioni medie annuali sono pari a 904 mm, mentre l’evapotraspirazione di riferimento (calcolata con la formula di Blaney-Criddle) è di 1115 mm. Le principali colture sono mais, foraggiere, patate, ortaggi (carciofi, insalata, melone, peperone e pomodoro), pesche, albicocche e pere. La stagione irrigua va da maggio a settembre e l’acqua irrigua è gestita ed erogata da due consorzi di bonifica.

In questo primo anno di Progetto (2006) sono state monitorate aziende agricole che disponevano di appezzamenti omogenei e di dimensioni variabili da 6 a 20 ettari. Sono stati effettuati rilievi di verità a terra sulla dinamica di accrescimento, sull'umidità del suolo, sui consumi idrici e dati meteorologici.

In provincia di Foggia 6 aziende ricadenti nel comprensorio del Consorzio per la Bonifica della Capitanata, hanno messo a disposizione campi coltivati a frumento duro, barbabietola e pomodoro, 3 nell'arco Ionico-Metapontino coltivati ad anguria e 1 nella Piana del Sele coltivata a mais.

3. Risultati e prodotti

Il prodotto finale sarà un Sistema di Supporto alle Decisioni che integrerà informazioni telerilevate, variabili relative al suolo e alla coltura organizzate in un GIS, per assimilarle queste variabili in un modello di simulazione a scala regionale e, infine, per stimare i fabbisogni idrici delle colture, lo stato idrico e derivare indicatori di carenza idrica.

I risultati scientifici sulle relazioni tra immagini da RS e dati di suolo e colture a differenti livelli di stress saranno analizzati e pubblicati su riviste scientifiche.

Una pagina sul Progetto è disponibile sul sito <http://aquater.entecra.it/>, con approfondimenti e primi risultati; si prevede, infine, di organizzare un corso di aggiornamento professionale sulle problematiche relative all'irrigazione, incontri con i Decisori e convegni per la diffusione dei risultati.

Ringraziamenti

Si ringraziano i conduttori delle seguenti aziende agricole per la disponibilità e la collaborazione fornita durante l'esecuzione dei rilievi.

Capitanata: De Cesare Raffaele – S. Severo, De Lucretiis Roberta e Maglia Luigi - Foggia, Forte Antonio - Foggia, De Lilla Luigi e Giambattista Michele – S. Severo, Az. Sperimentale del CRA-Istituto Sperimentale per la Zootecnia, Foggia.

Arco Ionico-Metapontino: Peviani S.p.a.– Castellaneta, F.lli Molfetta - Castellaneta, Colombrino Giuseppe – Metaponto.

Piana del Sele: Azienda Sperimentale della Regione Campania “Improsta”, Battipaglia.

Bibliografia

- Allen R.G., Pereira S., Raes M. and Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing water requirements. FAO - ONU, Rome, Irrigation and Drainage Paper no. 56, 300 pp.
- Bach, H., Verhoef, W., Schneider, K., 2000. Coupling remote sensing observation modes and a growth model for improved retrieval of (geo)biophysical information from optical remote sensing data. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology*, 4171, 1-11.

- Basso B., 2005. Digital Terrain Analysis: Data Source, Resolution and Application for Modelling Physical Processes in Agroecosystems. *Riv. It. di Agrometeorologia*, 2, 5-14.
- Basso, B., Ritchie, J.T., Pierce, F.J., Braga, R.P., Jones, J.W., 2000. Spatial validation of crop models for precision agriculture. *Agricultural System*, 68, 97-112.
- Bastiaanssen W.G.M., Molden D.J. and Makin I.W., 2000. Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agr. Water Management* 46, 137-155.
- Castrignanò, A., Katerji, N., Karam, F., Mastrorilli M. and Hamdy, A., 1998. A Modified Version of CERES-Maize Model for predicting Crop Response to Salinity Stress. *Ecological Modelling*, 111, 107-120.
- Coquil, B. and Bordes, J.P., 2005. FARMSTAR: an efficient decision support tool for near real time crop management from satellite images. Precision agriculture '05. J.V. Stafford editor: 873-880.
- D'Urso G., Menenti M., Santini A., 1999. Regional application of one-dimensional water flow models for irrigation management. *Agr. Water Management* 40, 291-302.
- D'Urso, G., 2001. Simulation and management of on-demand irrigation systems: a combined agrohydrological and remote sensing approach. Monography, Wageningen University; ISBN 90-5808-399-3, 174 pp.
- Gallant J.C., 1999. TERRAE: A new element network tool for hydrological modelling. 2nd Inter-Regional Conference on Environment-water: Emerging Technologies for Sustainable Water Management, Lausanne, Switzerland, 1-3 September.
- Hartkamp A.D., White J.W., Hoogenboom G., 1999. Interfacing geographic information systems with agronomic modelling. *Agron. J.* 91, 761-772.
- Heinemann A.B., Hoogenboom G., de Faria R.T., 2002. Determination of spatial water requirement at county and regional levels using crop models and GIS. An example for the State of Parana, Brazil. *Agr. Water Management* 52, 177-196.
- Matthews R. (2002). Crop-soil simulation models: Applications in developing countries. CABI Publishing. Wallingford. Matthews, R. and Stephens, W (eds).
- Moran M.S., Inoue Y., Barnes E.M., 1977. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sensing of the Environment* 61, 319-346.
- Olioso A., Chauki H., Courault D., Wigneron J.P., 1999. Estimation of evapotranspiration and photosynthesis by assimilation of remote sensing data into SVAT model. *Remote Sensing of the Environment* 68, 341-356.
- Rana, G., Katerji, N., 2000. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. *European Journal of Agronomy*, 13, 2-3, 125-153.
- Rinaldi M., 2004. Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with CERES-Wheat model. *Field Crops Res.* 89, 27-37.
- Rinaldi, M., 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, 49, 185-196.
- Ventrella, D., Rinaldi, M., 1999. Comparison between two simulation models to evaluate cropping systems in Southern Italy. Yield response and soil water dynamics. *Agricoltura Mediterranea*, 129, 99-110.
- Wang, M. and Hjelmfelt, A.T., 1998. DEM based Overland Flow Routing Model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 3, 1, 1-8.