

Telerilevamento e GIS per la modellazione del bilancio idrico colturale estivo in alta pianura Veneto-Friulana (Progetto europeo LIFE+ TRUST)

M. Bisaglia (*), M. Cappelletto (*), S. Pasini (*), A. Cimolino (*), F. Baruffi (*),
A. Galli (**), V. Marsala (**), A. Scarinci (**), S. Gualdi (***), E. Bucchignani (***),
A. Zandonella (****)

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico, sistema.informativo@adbve.it

(**) SGI Studio Galli SpA, andrea.scarinci@sgi-spa.it

(***) CMCC, Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici, gualdi@bo.ingv.it

(****) Consulente Tecnico-Scientifico, angelo.zandonella@ieeee.org

Riassunto

Il progetto europeo LIFE+ TRUST è incentrato sullo studio di misure di adattamento per mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici sulle acque sotterranee dell'Alta Pianura Veneto-Friulana. Tra gli obiettivi del progetto ha rilevanza la stima del fabbisogno irriguo delle principali colture estive e dell'evoluzione dell'idroesigenza, come conseguenza dei cambiamenti climatici. A tal fine è stato sviluppato un modello, utilizzando dati pedologici e climatici, per simulare i flussi idrici relativi al suolo coltivato. Le mappe delle colture irrigue sono state prodotte con tecniche di telerilevamento. Il bilancio idrico è stato calcolato con passo temporale pentadale mediante un modello implementato in ambiente GIS.

Abstract

LIFE+ TRUST European project focuses on identification of adaptation measures to mitigate the impacts of climate changes on the groundwater of Veneto and Friuli regions Upper Plain in North-Eastern Italy. One of the objectives of the project is the estimation of irrigation water deficit affecting summer crops and its evolution due to climate changes. To this aim, by using agronomic and climatic data, a model has been developed to simulate water circulation in cultivated soils. Irrigated crop maps have been performed through Remote Sensing techniques. Water balance has been calculated at five-days temporal resolution using a GIS environment.

Introduzione

L'effetto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica costituisce un argomento di indagine quanto mai attuale, specie in relazione alle ultime disposizioni Comunitarie in materia di tutela della risorsa idrica (Direttiva 2000/60/CE) e alla recente normativa italiana di recepimento. L'interesse, a livello comunitario, per questo tema sono comprovate anche dal finanziamento di diversi progetti finalizzati alla promozione di strumenti innovativi per la gestione di tali problematiche a livello di politica e *governance* ambientali.

Il progetto europeo LIFE+ TRUST mira all'individuazione di misure di ricarica artificiale della falda nell'Alta Pianura Veneto-Friulana in adattamento ai cambiamenti climatici, mediante analisi idrogeologica e implementazione di modelli di bilancio.

In questo lavoro sono presentati: la metodologia usata per il riconoscimento automatico, da immagini da satellite, delle principali colture irrigue estive e per la stima del loro fabbisogno irriguo, utilizzando un'equazione di bilancio idrico applicata al suolo coltivato nel trimestre estivo (giugno-agosto) di tre anni climaticamente significativi (2003, 2006, 2007).

Area di Studio

Si colloca nell'Alta Pianura Veneto-Friulana, compresa tra il sistema pre-alpino e sub-alpino collinare e il limite superiore della fascia delle risorgive. Al suo interno ricade parte del territorio delle province di Treviso, Padova, Vicenza, Venezia, Pordenone, Udine e Gorizia, per un'estensione totale di circa 3100 (Figura 1). La porzione di territorio in esame è sede dell'acquifero freatico indifferenziato che alimenta, più a sud, il complesso sistema multifalde della bassa pianura, identificando un'importante area di ricarica della falda sotterranea.

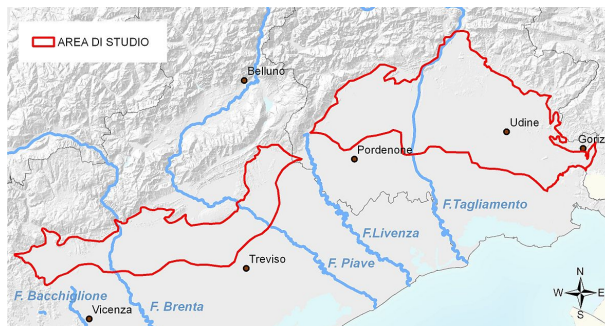


Figura 1 – Localizzazione geografica dell'area di studio.

Classificazione e mappatura delle principali colture irrigue estive

Le immagini usate sono state acquisite dal Landsat-5/TM.

L'approccio seguito per l'elaborazione delle immagini può essere suddiviso sinteticamente nelle fasi seguenti:

- Correzione di alcuni rumori tipici del sensore: mancanza, in talune immagini, di dati in porzioni di linea e saturazione di alcuni oggetti della scena.
- Conversione dei dati *DN* (*Digital Number*) in dati di riflettanza, con parametri di geometria dell'illuminazione determinati al centro delle aree del Veneto e del Friuli (Figura 1). La correzione atmosferica è stata effettuata con il modello MODTRAN 4.
- Stratificazione. Suddivisione del territorio in aree omogenee entro cui effettuare campionamenti dei rilievi al suolo ed applicare procedure di classificazione.
- Riconoscimento automatico delle colture. E' stato usato un sistema di classificazione basato sul metodo *SVM* (*Support Vector Machine*), applicato secondo regole di "sistemi base di conoscenza". Tale metodica prevede che il sistema tradizionale di applicazione del metodo di classificazione sia integrato con procedure complementari basate sulle

conoscenze dell'operatore esperto, allo scopo di minimizzare l'errore nella classificazione. Da un punto di vista operativo vengono generate una serie di immagini maschera (alberato, suoli spogli, ecc.) che vengono escluse dal processo di classificazione. L'integrazione di queste procedure ha portato alla produzione di mappe colturali ad elevata significatività (Figure 2, 3 e 4), in cui l'errore di classificazione è minimo rispetto a quanto è possibile ottenere nello stesso contesto con classificatori alternativi.

Una descrizione più dettagliata dell'approccio "base di conoscenza", delle procedure di stratificazione, di riconoscimento automatico delle colture e valutazione dell'accuratezza dei risultati ottenuti con vari tipi di classificazioni è riportata in Baruffi et al., 2005, 2009.

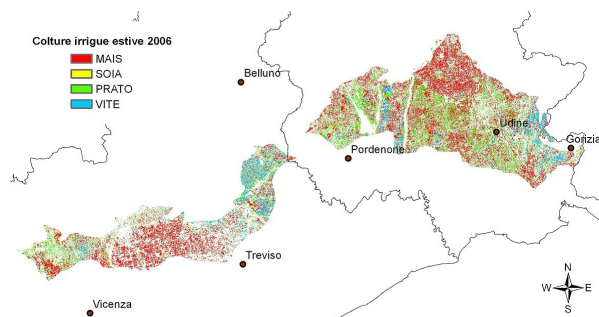


Figura 2 – Mappa delle principali colture irrigue estive per l'anno 2006.

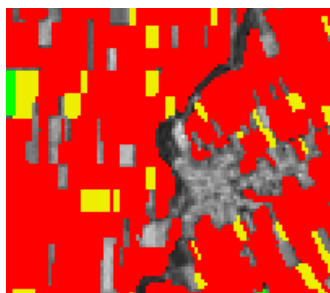


Figura 3 – Particolare dei risultati della classificazione (Rosso=Mais, Giallo=Soia, Verde=Prato).

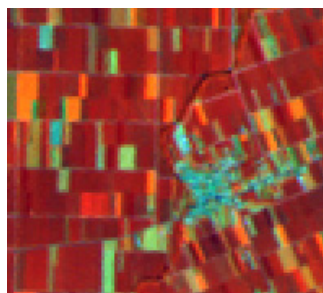


Figura 4 – Sintesi additiva delle bande TM 4,5,3 esposte con i filtri R,G,B.

Bilancio idrico culturale

E' stato calcolato sulle porzioni di suolo interessate dalle principali colture irrigue estive dell'area di studio (mais, prato, soia, vite), con risoluzione spaziale del pixel Landsat-5/TM (30x30 metri) e passo temporale pentadale (5 giorni).

L'equazione di bilancio adottata (Bisaglia et al., 2010), in cui è stato esplicitato un termine utile per determinare l'idroesigenza della coltura è, per la n-ma pentade, la seguente

$$D_n = P_n - (ET_{P_n} * Kc_n) + Ru_{(n-1)} - R - I_n \quad [1]$$

dove:

D_n Deficit/surplus idrico (mm).

P_n Precipitazione cumulata (mm).

ETp_n Evapotraspirazione potenziale cumulata (mm). Viene definita come la quantità massima di acqua che può perdere, per evaporazione e traspirazione, il terreno coperto di vegetazione fitta, bassa e omogenea in condizioni di definite disponibilità energetiche e nell'unità di tempo (Bianchi et al., 1990).

Kc_n Coefficiente colturale. Termine che viene impiegato per ricondurre ETp all'evapotraspirazione massima di una data coltura, riassumendo gli effetti legati alle caratteristiche strutturali, fisiologiche, fenologiche delle diverse specie.

$Ru_{(n-1)}$ Riserva utile effettiva del suolo (mm) valutata, per ogni pentade, sulla base del bilancio della pentade precedente e della capacità di trattenuta idrica del terreno.

R Quota dell'apporto meteorico perso per ruscellamento superficiale, stimata mediante un metodo semplificato che considera la sola pendenza.

R viene calcolato moltiplicando P con un coefficiente di ruscellamento Ci :

$$R = P * Ci \quad [2]$$

Tale coefficiente è determinato sulla base del *DEM (Digital Elevation Model)* e viene così definito (AA.VV., 1999):

$$Ci = [0.7 * (0.0797 * \ln(S) + 0.0128)] \quad [3]$$

dove S rappresenta la pendenza del terreno (in %).

Per pendenze inferiori all'1%, condizione predominante visto il carattere prevalentemente pianeggiante dell'area, Ci è assunto pari a zero.

I_n Perdite per infiltrazione profonda (mm), determinate dal surplus idrico rispetto alla capacità di campo del suolo.

Nell'equazione di bilancio [1] è stato trascurato il contributo irriguo con l'obiettivo di stimare l'effettiva idroesigenza al netto degli apporti artificiali.

Per la determinazione degli input climatici sono stati considerati i dati di pioggia ed evapotraspirazione potenziale (Penman-Monteith) di 48 stazioni delle reti regionali Friuli Venezia Giulia – OSMER e ARPA Veneto. I dati, rilevati a livello giornaliero, sono stati cumulati a scala pentadale e spazializzati, mediante interpolazione spaziale, nell'area di studio al fine di ottenere la completa copertura della superficie di indagine.

L'interpolazione spaziale è stata realizzata con il metodo *Kriging* su griglie a maglia quadrata regolare con passo 300 metri, adottando volta per volta la miglior funzione approssimante il semivariogramma (misura di correlazione spaziale fra due punti) sperimentale. Nei casi in cui il metodo *Kriging* non è risultato ottimale (ovvero nei casi con stazioni a precipitazione pentadale nulla) si è scelto di utilizzare il metodo *IDW (Inverse Distance Weighting)*, che ha consentito una miglior rappresentazione del fenomeno. Le griglie prodotte sono state ricampionate infine alla risoluzione di 30 metri. Un'analisi comparativa fra questi metodi di interpolazione, per i fenomeni oggetto di indagine, è riportata in Baruffi et al., 2005.

La capacità idrica utilizzabile del suolo (AWC), impiegata per definire Ru_n , è stata ricavata dalla Carta dei Suoli del Veneto prodotta dall'ARPAV e dal Sistema Informativo pedologico di ERSF-Friuli Venezia Giulia. Gli elaborati in questione identificano e caratterizzano i terreni per unità cartografiche, ovvero delineazioni della carta che presentano lo stesso suolo o la stessa distribuzione di suoli. Per singola unità cartografica, la capacità idrica utile alle radici

è stata determinata sulla base delle caratteristiche strutturali, tessiturali e di limitazione all'approfondimento radicale dei profili pedologici: tali dati sono stati mediati nell'unità cartografica tenendo conto dell'abbondanza relativa dei suoli che ne fanno parte. In tale modo è stato possibile differenziare le unità di suolo, a livello cartografico, a seconda del grado di trattenuta idrica. L'infiltrazione profonda I_n è stata determinata come output sulla base del valore del bilancio, solo nei casi di surplus idrico rispetto alla capacità di campo, una volta calcolato il consumo evapotraspirativo.

Applicazione del modello di bilancio idrico

Il modello è stato applicato a ciascun anno di indagine, ottenendo così mappe pentadali di deficit irriguo, di infiltrazione profonda, di riserva idrica e degli stress idrici potenziali. Cumulando gli output di deficit irriguo e di infiltrazione profonda sono state ricavate le mappe stagionali dei due parametri (Figure 5 e 6).

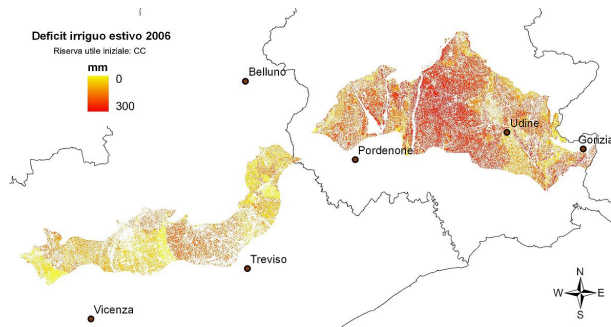


Figura 5 – Stima del deficit irriguo estivo cumulato per l'anno 2006.

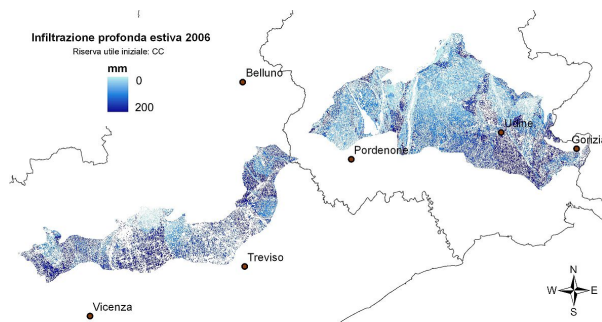


Figura 6 – Stima dell'infiltrazione profonda estiva cumulata per l'anno 2006.

Conclusioni

In questo lavoro la procedura di riconoscimento delle colture, di vaste aree del territorio, tiene conto delle variazioni della risposta spettrale sul territorio, variazioni dovute all'elevazione, all'esposizione, alla diversa densità delle piante, al diverso colore e umidità dei suoli, alla fase di sviluppo della coltura e viene affrontato mediante ripartizione dell'immagine in aree

omogenee (stratificazione), entro cui effettuare i campionamenti dei rilievi al suolo ed applicare procedure di classificazione. Il metodo di classificazione usato è basato su regole di “sistemi base di conoscenza”: le zone non attinenti alle colture irrigue estive vengono rimosse, i pixel rimanenti vengono classificati con il metodo SVM.

Il modello di bilancio qui presentato consente di ottenere un buon livello di dettaglio nell’indagine dei fenomeni, in quanto utilizza dati a scala temporale ridotta e una risoluzione spaziale adeguata a rappresentare le singole unità colturali sul territorio.

La cumulazione pentadale consente, in particolare, una buona rappresentazione delle dinamiche di scambio idrico nel suolo, costituendo peraltro un periodo di osservazione omogeneo dal punto di vista fenologico e compatibile con i tempi delle pratiche irrigue. La rappresentazione dei fenomeni scelta ha dunque una buona significatività, garantita dall’utilizzo di dati reali ed una evidente utilità pratica.

L’applicazione dello studio, a più anni di indagine e climaticamente differenti, ha consentito tra l’altro di verificare una certa stabilità degli assetti colturali, che nei tre periodi di indagine mostrano proporzioni poco differenti delle specie, indicando la rappresentatività delle realtà colturali riscontrate per l’area di indagine.

Fra le caratteristiche del modello vanno citate: il calcolo rapido, automatico e ripetibile nonché la facilità di adattare a dati di dimensione spazio-temporale diversa.

La possibilità di gestire agevolmente input climatici e pedologici differenti lo rende inoltre un efficace strumento per l’analisi della sostenibilità: da un lato è possibile valutare il rango di variabilità climatica entro cui uno specifico assetto colturale risulta sostenibile, dall’altro, con l’ausilio delle simulazioni climatiche, è potenzialmente in grado di essere utilizzato per le previsioni che possono fungere da valido supporto alla pianificazione di settore.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell’ambito del progetto TRUST (**T**ool for **R**egional-scale assessment of **g**ro**U**nderwater **S**Torage improvement in adaption to climate change) del programma ambientale LIFE+ e finanziato in parte dalla Commissione delle Comunità Europee (contratto n. ENV-IT-000475 “TRUST”).

Bibliografia

- A.A.V.V., 1999, “Runoff coefficients for undeveloped areas watershed types”, *Highway Design Manual Topic 819 - Estimate Design Discharge*, California St. Dept. of Transp.
- Baruffi F., Cappelletto M., Pasini S., Zandonella A. (2009), “Classificazione e quantificazione delle principali colture irrigue dell’alta pianura Veneto-Friulana utilizzando dati da satellite (progetto europeo LIFE+ TRUST)”, *ASITA 13-ma Conferenza Nazionale*.
- Baruffi F., Cappelletto M., Bisaglia M., Zandonella A. (2005), “Crop classification and crop water need estimation of Piave river basin by using MIVIS, Landsat-TM/ETM+ and ground climatological data”, *12th International Symposium on Remote Sensing, SPIE*, Bruges, Belgium.
- Bianchi P.G., Castelli P.G., Cen., 1990. *Manuale di Agricoltura*. HOEPLI, Milano.
- Bisaglia M., Cappelletto M., Pasini S., Cimolino A., Baruffi F., Galli A., Marsala V., Scarinci A., Gualdi S., Bucchignani E., Zandonella A. (2010), “Implementazione di un modello per la stima del deficit irriguo estivo in alta pianura Veneto-Friulana in adattamento ai cambiamenti climatici (progetto europeo LIFE+ TRUST)”, *AIAM*.