

AIAM
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI
AGROMETEOROLOGIA

**APPLICAZIONI DI MODELLI DI
BILANCIO IDRICO E DI
PRODUTTIVITÀ DELLE COLTURE**

**ATTI DEL
WORKSHOP NAZIONALE DI
AGROMETEOROLOGIA
AIAM '98**

Firenze, 2 APRILE 1998

Sono soci sostenitori dell'Aiam

Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche
Amministrazione Provinciale di Piacenza
Centro Servizi Agricoli del Friuli - Venezia Giulia
Istituto Agrario di San Michele All'Adige
Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari

Si ringraziano

il CESIA di Firenze per la concessione della sala che
ha ospitato il workshop
Il FISBAT CNR di Bologna per l'ospitalità offerta al
nostro sito Internet

INDICE

I modelli di produttività e di bilancio idrico in agrometeorologia: aspetti generali <i>di Luigi Mariani</i>	pag. 5
Metodologie di stima del bilancio idrico alle diverse scale spazio - temporali <i>di Francesca Ventura</i>	pag. 15
Modellistica di produttività e modello ALFALFA per la medica <i>di Stefano Bocchi, Luigi Mariani e Tommaso Maggiore</i>	pag. 28
Il bilancio idrico territoriale come supporto alle attività di pianificazione dei consorzi di bonifica <i>di Marina Anelli, Graziano Lazzaroni e Luigi Mariani</i>	pag. 42
Modelli agrometeorologici integrati da informazioni telerilevate: SISP (Système Intégré de Suivi et Prévision) <i>di Carlo Di Chiara e Vieri Tarchiani</i>	pag. 58
CRITERIA - sistema per la gestione territoriale del bilancio idrico <i>di Vittorio Marletto, Franco Zinoni e Giorgio Ducco</i>	pag. 67
Applicazioni di bilancio idrico in Friuli Venezia Giulia: aspetti tecnici e divulgativi <i>di Andrea Cicogna e Marco Gani</i>	pag. 75
<i>Allegato 1 - censimento dei prodotti agrometeorologici di servizio</i>	pag. 87

Allegato 2 - censimento dei rilevamenti agrofenologici in Italia.....pag. 101

Indice analitico.....pag. 107

I MODELLI DI PRODUTTIVITÀ E DI BILANCIO IDRICO IN AGROMETEOROLOGIA: ASPETTI GENERALI

di Luigi Mariani

Presidente dell'AIAM

Dirigente ERSAL - Servizio Agrometeorologico della Lombardia

e_mail: mariani_volpi@iol.it

Riassunto

I modelli matematici sono classici strumenti dell'agrometeorologo, progettati e realizzati sulla base di un set di algoritmi che ci vengono dall'agronomia, dalla micrometeorologia, dalla fisiologia dei vegetali, dalla fitopatologia, dalla pedologia ecc.

Tema specifico di questo workshop sono alcuni modelli deterministici di simulazione dinamica (modelli di bilancio idrico e di produttività delle colture). Il sistema di riferimento per tali modelli è l'agro - ecosistema, i cui principali sottosistemi sono suolo, copertura vegetale e strato limite atmosferico.

Nel caso dei modelli deterministici di simulazione dinamica l'approccio algoritmico standard è stato definito molti anni orsono e stabilisce che le variabili (quantità che variano con il tempo) siano classificate nelle quattro categorie di variabili di stato, v. di flusso, v. guida e v. ausiliarie. In estrema sintesi lo stato del sistema è completamente definito dalle v. di stato ed il passo temporale del modello è adottato in modo che il tasso di variazione delle v. di stato sia pressoché costante in tale intervallo.

E' poi importante sottolineare il rilievo che hanno i sistemi informativi geografici (GIS) e un approccio di tipo geostatistico nell'estensione dei risultati dei modelli ad un dato territorio.

Abstract

Mathematical models are classical agrometeorological tools designed and implemented on the basis of a set of algorithms describing processes coming from agronomy, micrometeorology,

plant physiology and plant ecology, phytopatology, soil science, etc.

The specific themes of this workshop are some dynamic deterministic models (water balance models and crop models) working on a reference system given by the agro - ecosystem, whose main subsystems are soil, crop and atmospheric boundary layer.

In the case of dynamic deterministic models the standard algorithmic approach was defined many years ago and states that the considered variables are quantities that change during time and can be classified under the four categories of state, rate, auxiliary and driving variables. The state of the system at a given point of time is completely defined by state variables and the time step of the model is adopted under the assumption that the rate of change of state variables is nearly constant during this time interval.

Moreover we can outline the necessity of a GIS approach to the information layers involved in crop simulation modelling (i.e. meteorological fields, soil maps, administrative units) in order to delineate and manage the Elementary Mapping Units.

Furthermore we can outline the importance of a geostatistical approach to process crop model variables for a realistic analysis of the spatial variability of cropping system in a given territory.

Generalità

Le tecniche modellistiche sono utilizzate ormai da oltre mezzo secolo nei settori della fisica e dell'ingegneria (Finzi, 1939) e negli ultimi decenni il loro uso si è fatto massiccio anche nelle scienze agrarie ed in agrometeorologia.

Se l'approccio algoritmico standard appare ben consolidato e ben documentato in bibliografia (de Wit, 1978; Brockington, 1979) può essere comunque conveniente fornire alcune sintetiche definizioni.

Il **modello** è una rappresentazione semplificata di un **sistema** e cioè di una porzione della realtà che contiene elementi fra loro interrelati e che al contempo è abbastanza semplice da essere

rappresentata con un modello. In particolare un **modello matematico** è costituito da una o più equazioni che rappresentano il comportamento del sistema e la **simulazione** è l'arte di costruire modelli matematici.

I modelli matematici possono essere classificati secondo vari criteri: ad esempio in base al tipo di risultato parleremo di **modelli stocastici** e **modelli deterministici**, con questi ultimi che, al contrario di quelli stocastici, forniscono un risultato preciso senza una associata distribuzione di probabilità.

In base alla capacità di descrivere il sistema parleremo di **modelli empirici** e **modelli meccanicistici** mentre in base alla presenza o meno della variabile tempo parleremo di **modelli statici** e **modelli dinamici**.

I **modelli dinamici di simulazione** rappresentano una delle punte avanzate della scienza modellistica ed in particolare sono dotati non solo di potenzialità descrittive ma anche predittive.

In tali modelli le variabili considerate rientrano in 4 categorie:

- **le variabili di stato**, che definiscono lo stato del sistema in un dato istante. Tali variabili sono in genere quantità (es: masse, energie) ed in prima istanza sono le sole variabili che restano misurabili allorché il tempo è fermo (... nel castello della bella addormentata);
- **le variabili di flusso** e cioè i "rubinetti" che regolano i flussi di materia ed energia fra le variabili di stato. Si tratta in genere di quantità per unità di tempo;
- **le variabili guida** e cioè quelle variabili che influenzano il sistema senza esserne influenzate (es: vari parametri meteorologici quali le precipitazioni o la radiazione solare);
- **le variabili ausiliarie** e cioè le variabili aggiuntive che migliorano il grado di descrizione del sistema da parte del modello.

La risoluzione dei modelli dinamici avviene di norma attraverso una **integrazione per passi successivi** ed il passo temporale del modello dev'essere scelto in modo conveniente, sia rispetto ai

dati di base che alle caratteristiche del sistema che si è chiamati a modellizzare.

In sintesi il passo temporale del modello deve essere adottato in modo tale che il tasso di cambiamento delle variabili di stato sia all'incirca costante durante l'intervallo di tempo prescelto.

L'agrometeorologia e i modelli di simulazione

Il campo d'elezione della modellistica agrometeorologica (Yao, 1981, WMO, 1983, Decker, 1985) è costituito dal sistema suolo - copertura vegetale - atmosfera e fondamentale è l'interazione del modellista con le conoscenze tipiche delle discipline che indagano le singole componenti di tale sistema. E nel caso del sottosistema suolo gli interlocutori d'elezione possono essere ad esempio pedologi e idrologi (JRC, 1996, King et al., 1995) mentre per il sottosistema copertura vegetale sono coinvolte competenze di tipo agronomico, ecofisiologico (Larcher, 1983), fitopatologico, entomologico, ecc. ed infine per il sottosistema atmosfera sono cruciali le competenze legate alla fisica dell'atmosfera ed in particolare alla micrometeorologia (Geiger, 1997).

La modellistica agrometeorologica ha fin qui trovato applicazione ad un ampio set di problemi, come appare evidente dall'analisi della tabella 1, la quale evidenzia anche i dati in input richiesti e la scala di elezione dei modelli.

Gli scopi del workshop

Abbiamo pensato di dedicare la giornata ai modelli di bilancio idrico e di produttività delle colture poiché costituiscono due dei principali pilastri su cui si reggono oggi le applicazioni agrometeorologiche operative. L'agrometeorologia è da tempo impegnata nella messa a punto di strumenti in grado di garantire un uso razionale delle risorse idriche tanto a livello di azienda agraria (approccio puntuale) che di consorzio di bonifica (approccio territoriale).

Tabella 1 - esempi di modelli agrometeorologici

MODELLO	SCOPO	DATI DI BASE			
		Suolo	Meteo	Cultura	Altri
<i>Fenologico</i>	<i>stima e previsione fasi fenologiche</i>	<i>(si)</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	
<i>di Bilancio idrico</i>	<i>stima e previsione esigenze idriche colturali</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	
<i>di Produttività vegetale</i>	<i>stima e previsione produzione colture</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	
<i>di produttività animale</i>	<i>stima e previsione produzioni animali (latte, carne..)</i>		<i>si</i>		<i>si</i>
<i>di valutazione del rischio climatico</i>	<i>rischi per colture e operazioni colturali</i>	<i>(si)</i>	<i>si</i>	<i>(si)</i>	
<i>Fitosanitari</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>stima e previsione delle fasi del ciclo di parassiti animali e vegetali e dei danni alle colture</i> 	<i>(si)</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	
<i>Zoosanitari</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>stima e previsione delle fasi del ciclo di parassiti e dei danni</i> <i>stima del pericolo di epidemie</i> 	<i>(si)</i>	<i>si</i>		<i>si</i>
<i>Incendi</i>	<i>stima e previsione del rischio di</i>	<i>si</i>	<i>si</i>		<i>Si</i>

	<i>incendi boschivi</i>				
<i>Gelate</i>	<i>stima del rischio di gelate e previsione del minimo termico notturno</i>	<i>si</i>	<i>si</i>		
<i>Energie</i>	<i>stima possibilità di impiego di energia eolica e solare</i>		<i>si</i>		
<i>Inquinanti acqua/aria</i>	<i>stima e previsione dispersione inquinanti</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>(si)</i>	<i>si</i>

Legenda: T = scala territoriale , P = sul singolo punto (singolo campo)

La stima dei consumi idrici delle colture ha una storia ormai lunga. Dalle classiche esperienze di determinazione dei consumi idrici stagionali delle colture dei primi decenni del secolo (in Italia ricordiamo i lavori di Manzoni e Puppo) siamo passati negli anni 40 e 50 all'approccio innovativo di Penman e Thornthwaite basato sul concetto di evapotraspirazione potenziale per giungere poi negli anni '70 agli approcci pragmatici che vedono la loro sintesi nei quaderni FAO di irrigazione e drenaggio (Doorembos & Pruitt, 1979).

In parallelo, anche se più spesso limitate all'ambito della ricerca, procedevano le esperienze di tipo micrometeorologico basate sulla stima degli elementi dell'equazione del bilancio energetico di superficie (i lavori di Bowen sono degli anni '20).

La modellistica di simulazione dinamica dello sviluppo e della produzione dei vegetali è oggi profondamente influenzata da alcune scuole (in particolare quella statunitense e quella olandese) che costituiscono l'elemento trainante a livello mondiale.

La modellistica di produttività poggia su alcuni concetti cardine, uno dei quali è quello di **produzione potenziale** (de Wit, 1978) definibile come la produzione di sostanza secca da parte di un vegetale che per l'intero periodo di crescita, è rifornito in modo

ottimale di acqua e nutrienti e non subisce interferenze da parte di malerbe, parassiti e patogeni.

Lo sviluppo di modelli per la stima della produzione potenziale è possibile descrivendo lo sviluppo di una particolare specie e cultivar sulla base dei fattori meteorologici (in particolare temperatura e radiazione) e indicando le associate quote di ripartizione della sostanza secca fra i vari organi del vegetale (fusto, radici, foglie, organi di riserva).

Il principio di una tale procedura è lo svolgimento di sequenze di calcolo per la stima dei processi fisiologici di rilievo (quali l'assimilazione e la respirazione) ad iniziare da quando lo stato della coltura - peso delle radici, del fusto e delle foglie - può essere descritto in termini quantitativi (per le erbacee di solito si parte dall'emergenza o dal trapianto).

In termini molto generali ad ogni passo del modello p e per ogni quantità Q considerata viene risolta la seguente equazione:

$$Q(t+dt)=Q(t)+Rq*dt$$

dove:

Q = quantità vista rispettivamente al tempo t e $t+dt$ (Q è una variabile di stato);

Rq = tasso di variazione di Q nel tempo dt (Rq è una variabile di flusso).

I calcoli sono svolti fino alla fine del ciclo produttivo della coltura e per ogni passo del modello viene ricavato il peso dei diversi organi della pianta.

Per passare poi dalla produzione potenziale alla **produzione reale** occorre tenere sotto controllo quanto meno il **bilancio idrico** (*lupus in fabula...*) ed il **bilancio dei nutrienti** tramite appositi modelli che consentono di evidenziare eventuali carenze o eccessi di acqua o nutrienti e le relative ripercussioni sulla coltura.

Pertanto il modello di produttività viene ad essere composto da un modello di coltura, da un modello di bilancio dei nutrienti e da un modello di bilancio idrico; a tali tre modelli fondamentali

potranno poi affiancarsi modelli in grado di valutare ad esempio l'effetto delle malerbe, dei parassiti e dei patogeni.

E' ovvio che buoni modelli di produttività sono frutto del lavoro di buoni modellisti ma sono fortemente influenzati dalla disponibilità di dati di input (parametri fisici e biologici) di buona qualità. Tali dati sono infatti molto utili tanto per la messa a punto dei modelli (calibrazione e validazione) che nel corso dell'impiego operativo dei modelli stessi.

E qui viene spontaneo sottolineare l'importanza di mantenere e valorizzare le reti osservative dei parametri fisici (reti meteorologiche) e di quelli biologici (reti agrofologiche), mettendo inoltre a frutto il patrimonio di dati offerto dalle moderne tecnologie di telerilevamento.

Non scordiamo infine che l'utilità dei risultati dei modelli di simulazione per un dato territorio diviene elevata a condizione che l'approccio modellistico di simulazione venga integrato da un approccio basato su sistemi informativi geografici (GIS) agli strati informativi coinvolti nella simulazione (es: campi meteorologici, mappe pedologiche, unità amministrative, ecc.) in modo da giungere a delineare e a gestire le Unità cartografiche elementari. E in tale quadro è altresì cruciale l'applicazione di tecniche di tipo geostatistico all'elaborazione delle variabili puntuali in modo da ridurre l'errore compiuto nella valutazione della variabilità spaziale dei parametri oggetto di studio.

Riferimenti bibliografici

Boons-Prins, E.R., G.H.J. de Koning, C.A. van Diepen and F.W.T. Penning de Vries, 1993. *Crop specific simulation parameters for yield forecasting across the European Community*, Simulation Reports CABO-TT, no. 32, DLO - Centre for Agrobiological Reserach, DLO - Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands.

Brockington, N.R., 1979. *Computer modelling in agriculture*. Oxford Univ. Press, Oxford.

- Chiarappa L. (editor), 1981. *Crop loss assessment methods*, CAB-FAO, Page Bros, Norwich (UK).
- Choisnel E., de Ville O., 1992. *Une approche uniformisee du calcul de l'evapotranspiration potentielle pour l'ensemble des Pays de la Communaute Europeenne*, Joint Research Centre, Report EUR 14223 FR.
- Decker W.L., 1985. *Agriculture*, in Handbook of applied meteorology, D.H. Houghton (edited by), John Wiley & Sons, New York.
- de Wit C.T., 1978. *Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops*, PUDOC Wageningen, the Netherlands.
- Donatelli. M., Acutis M., Laruccia N., 1996. *Evaluation of methods to estimate soil water content at field capacity and wilting point*. Proc. 4th European Society of Agronomy Congress, Veldhoven, The Netherlands, 86-87.
- Doorembos J., Pruitt W.O., 1979, *Guidelines for predicting crop water requirements*. Irrigation and Drainage paper 33, FAO, Roma.
- Finzi B., 1939. *Notizie sui modelli*. in Periodico di Matematiche, serie IV, vol. XIX, n.4, ott. 1939, N.Zanichelli, Bologna.
- France J., J.H.M. Thornley, 1984. *Mathematical models in agriculture*. Butterworths, London.
- Geiger R., Aron R.H., Todhunter P., 1997. *The climate near the ground*, (fifth edition), Vieweg, Braunschweig, Weisbaden.
- Joint WMO/EPPO, NAPPO, 1991. *Symposium on practical applications of agrometeorology in plant protection*, Florence (IT), 1990-12-04/07. In Bulletin OEPP, Sept. 1991, Blackwell Scientific Publications.
- JRC, 1994 (a). *System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS*, vol. 1 – theory and algorithms, Supit I., Hooijer A.A., van Diepen C.A. (edited by), Joint Research Centre, Report EUR 15956 EN.
- JRC, 1994 (b). *The MARS project, overview and perspectives* (proceedings of the Conference), Villa Carlotta, Belgirate, 17-18 November 1993, Joint Research Centre, Report EUR 15599 EN.

- JRC, 1995. *Early crop assessment of the EU countries: the system implemented by the Joint Research Centre*, P.Vossen and D.Rijks (edited by) , Joint Research Centre, Report EUR 16318 EN.
- JRC, 1996. *Soil geographical database for Europe at scale 1:1.000.000 Versione 3.1 beta*. European Community - JRC - European Soil Bureau.
- Hatfield J.L., Thomason I.J., 1982. *Biometeorology in integrated pest management*, Academic Press,
- King, D., Burrill, A., Daroussin, J., Le Bas, C., Tavernier, R., van Ranst, E., 1995: *The EU Soil Geographic Database, European Land Information Systems For Agro-Environmental Monitoring*, Eur 16232 EN, pp 43-60
- Larcher W., 1983. *Physiological plant ecology*, Springer Verlag, Berlin.
- Narciso G., Ragni P., Venturi A., 1992. *Agrometeorological aspects of crops in Italy, Spain and Greece (a summary review for common and durum wheat, barley, maize, rice, sugar beet, sunflower, soya bean, rape, tobacco, cotton, olive and grape crops)*, Joint Research Centre, Report EUR 14124 EN.
- Ndlovu, L.S., 1994. *Development and evaluation of a weather generator for crop simulation models*. Ph. D. Dissertation, Department of Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, Washington.
- Oerke E.C., Dehne H.W., Schoenbeck F., Weber A., 1994. *Estimated losses in major food and cash crops*. In *Crop production and crop protection*, Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Pedgley D.E., 1982. *Windborne pests and diseases*, John Wiley & Sons, New York.
- Riou C., 1995. *The effect of climate on grape ripening: application to the zoning of sugar content in the EC*, Joint Research Centre, Report EUR 15863 FR/EN.
- Russel G., 1990. *Barley knowledge base*, Joint Research Centre, Report EUR 13040 EN.

- Russel G., Wilson G.W., 1994. *An agro – pedo - climatological knowledge base of wheat in Europe*, Joint Research Centre, Report EUR 15789 EN.
- WMO, 1980. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*, WMO n. 8, Geneva.
- WMO, 1983. *Guide to agricultural meteorological practices*, WMO n. 134, Geneva.
- Yao A.Y.M., 1981. *Agricultural climatology*. In world survey climates, vol 3, General Climatology, H.E.Landsberg (edited by), Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.

STIMA DEL BILANCIO IDRICO A DIVERSE SCALE SPAZIALI E TEMPORALI

di Francesca Ventura

Dipartimento di Agronomia, Università di Bologna

[e mail: fventura@pop.agrsci.unibo.it](mailto:fventura@pop.agrsci.unibo.it)

Riassunto

Il bilancio idrico è uno strumento efficace a diverse scale, sia spaziali che temporali, per ottenere stime del deficit o del surplus idrico, che permettono a livello territoriale la gestione delle acque allo scopo di prevenire o ridurre i danni legati a nubifragi e inondazioni o per una migliore gestione delle acque, e a livello aziendale per migliorare l'efficienza irrigua e conseguentemente le rese produttive. In questo lavoro vengono presentate e confrontate tra loro le più conosciute tecniche di misura ed equazioni di stima dei termini del bilancio, e ne vengono indicati i limiti. Tra tutti i termini i più interessanti e difficili da misurare o stimare sono l'umidità del terreno e l'evapotraspirazione. Dalla modalità scelta per la loro misura o stima dipendono strettamente sia la validità spaziale che quella temporale del risultato.

Abstract

Hydrological balance is a very powerful method to estimate water deficit or surplus at different spatial and temporal scales. Water balance assessment calculated in this way can help lowering waterlogging risk or enhancing irrigation efficiency. In this paper common measurement techniques and estimate equations to assess water balance terms are presented and compared. Among all the terms soil moisture and evapotranspiration are analysed, being the most interesting and difficult to estimate. Spatial and temporal validity of the hydrological balance strictly depends on the way chosen to measure or estimate them.

Introduzione

Il bilancio idrico è uno dei metodi più usati per la programmazione irrigua, ed è basato sul mantenimento di una umidità del terreno ottimale monitorando e controllando tutte le perdite e gli apporti relativi al sistema in cui il bilancio è calcolato. La scala spaziale in cui il bilancio viene effettuato, se lo scheduling irriguo ne è lo scopo principale, è quella della singola parcella, o dell'azienda agricola. Può essere utile effettuare bilanci idrici anche su sistemi molto più ampi di questi, a livello cioè territoriale o regionale, per poter ottenere dati da inserire in modelli di circolazione atmosferica, o per una corretta gestione delle acque a questo livello, o per la prevenzione di danni legati allo scorrimento superficiale, come l'erosione, o al surplus idrico, come nubifragi e inondazioni. Il limite inferiore di applicabilità del bilancio può essere la singola pianta, nel caso di studi di tipo ecofisiologico o micrometeorologico, in ambienti controllati.

Le scale spaziali alle quali il bilancio viene effettuato possono essere così schematizzate:

- 1) Scala territoriale \Rightarrow stima del deficit o del surplus idrico, per la gestione della risorsa acqua e per la prevenzione di eventuali danni;
- 2) Scala aziendale \Rightarrow stima del deficit o del surplus idrico, per la programmazione irrigua e del drenaggio, per una maggiore efficienza nell'uso dell'acqua e per l'ottimizzazione delle rese;
- 3) Scala della singola pianta \Rightarrow in caso di studi ecofisiologici, micrometeorologici, energetici e del metabolismo vegetale.

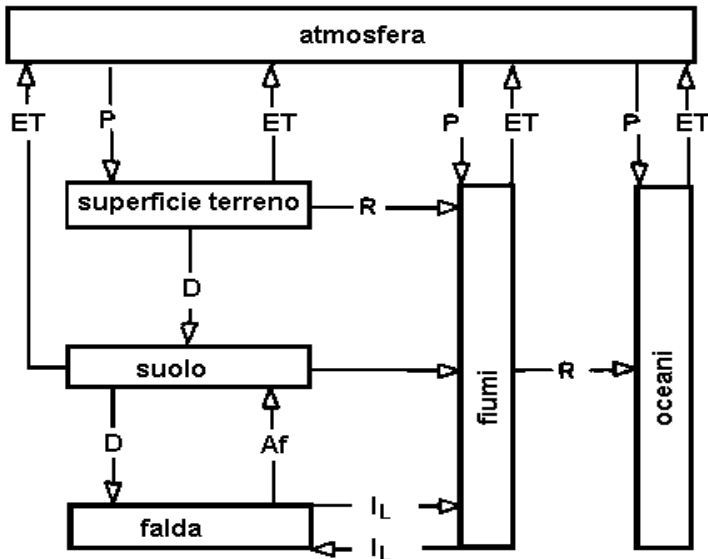
Tra il secondo e il terzo "livello" possono essercene molti altri intermedi, ad esempio la singola parcella, la singola coltura, l'unità vegetazionale ecc., e le tre elencate sono state scelte come scale di riferimento. Una volta determinati i limiti *spaziali* entro i quali si vuole effettuare il bilancio idrico è necessario determinare anche quelli *temporali*. Questi hanno una grande ricaduta sul bilancio stesso, in quanto il periodo può essere scelto in modo tale da poter conoscere (per stima o calcolo) tutti i

termini tranne quello che si vuole stimare. Ad esempio se il bilancio viene fatto su di un anno, o su un certo numero di anni, si può assumere come nulla la variazione di quantità di acqua immagazzinata nel terreno (DQ), poiché è possibile supporre che il valore dell'umidità sia lo stesso in un determinato giorno o mese dell'anno.

L'equazione del bilancio idrico

La figura 1 mostra il sistema suolo - acqua - atmosfera in generale; nel caso in cui ci si occupi di bilanci idrici ne vengono considerate solo alcune componenti.

Figura 1 – il sistema suolo – acqua – atmosfera (da Kessler e de Ridder, 1974, mod.)



L'equazione che descrive il bilancio idrico è:

$$P + I + A_f + I_L - R - D - ET = DQ$$

dove:

P = apporti di pioggia

I	=	apporti irrigui
A_F	=	apporti di falda
I_L	=	infiltrazione laterale sottosuperficiale da e nella zona considerata per il bilancio
R	=	ruscellamento
D	=	drenaggio
ET	=	evapotraspirazione
DQ	=	quantità di acqua immagazzinata nel terreno
Q	=	umidità del terreno

Tutti i termini, tranne l'ultimo che è in percentuale, sono espressi in mm di acqua, e sono mostrati anche in figura 1. Alcuni di essi sono molto facili da misurare, come P ed I, anche se è poi necessario fare una stima della quantità effettivamente arrivata al suolo (pioggia efficiente, ma la stima dell'efficienza è molto importante anche relativamente agli apporti irrigui).

Altri termini sono controllabili, come il ruscellamento (R) se il sistema è scelto in modo che esso sia nullo o trascurabile, evitando singole colline o avvallamenti, oppure come I_L , poiché si avrà flusso netto nella/dalla zona considerata solo se essa è più bassa/alta delle zone circostanti, altrimenti può essere considerato mediamente nullo. R ed I_F possono essere non trascurabili ad esempio quando il bilancio idrico viene fatto su di un intero bacino, e in questo caso la loro stima può essere fatta tenendo sotto controllo il livello del corso d'acqua drenante il bacino stesso.

Anche D ed A_F possono essere ritenuti trascurabili, soprattutto a scala territoriale, se il periodo considerato è di un anno. Nel caso in cui invece siano contributi importanti o se il bilancio viene fatto a livello aziendale o di singola parcella essi devono essere misurati, tenendo sotto controllo la profondità della falda o la quantità di acqua drenata.

I due termini fondamentali del bilancio, i più interessanti e difficili da misurare, sono ET e DQ. Dalle modalità di misura/stima scelte per questi due termini dipende la valenza spaziale e temporale del risultato, e viceversa. Inoltre il sistema

su cui il bilancio viene fatto deve essere chiuso, ed è critico da questo punto di vista soprattutto lo spessore della strato di terreno considerato. Da questo dipende l'entità del termine di immagazzinamento DQ. In presenza di falda freatica essa sarà il limite inferiore naturale del sistema, in sua assenza si sceglierà uno spessore pari alla zona esplorata dalle radici, o una profondità di uno o due metri qualora non sia possibile farne una stima ragionevole.

La misura dell'umidità del terreno ha influenza sul bilancio idrico sia come precisione, che è la stessa del metodo scelto, sia perché si tratta di una misura puntuale il cui risultato deve essere riferito ad una scala spaziale ampia. Bisogna quindi prestare attenzione a che i rilievi vengano fatti in modo rappresentativo dell'intera area su cui viene effettuato il bilancio. Un esempio delle difficoltà che si possono incontrare, legate alla puntualità della misura, è la stima di Q in presenza di colture in file irrigate a goccia: l'umidità varia in modo asimmetrico, sia spazialmente che temporalmente.

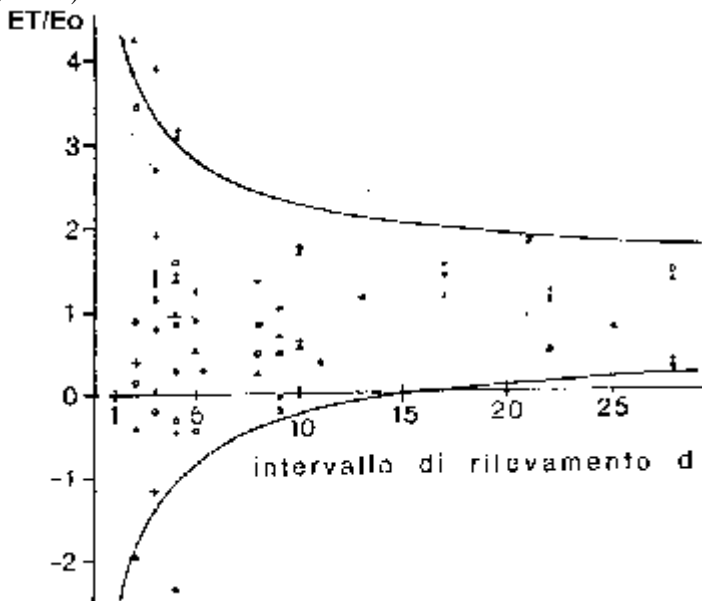
Esistono molti metodi di misura dell'umidità del terreno, e sono divisi in:

- diretti (misurano direttamente l'umidità);
- indiretti (misurano caratteristiche del terreno correlate alla quantità d'acqua presente);
- distruttivi (solitamente i metodi diretti sono distruttivi), il più usato è il gravimetrico;
- non distruttivi (solitamente indiretti) come tensiometri, blocchetti di Boyoucos, sonda a neutroni, TDR, NMR, ecc.

Il metodo gravimetrico richiede che un operatore faccia direttamente il prelievo del terreno nel sito di cui si vuole conoscere l'umidità, mentre metodi indiretti, come il TDR o i blocchetti di Boyoucos, sfruttando proprietà elettriche danno un segnale che può essere rilevato e memorizzato da un data logger in continuo, aumentando la frequenza di misura a piacimento. Qualora si usi il metodo gravimetrico d'altronde non è opportuno fare misure con una frequenza elevata, sia perché ciò implica

un'elevata asportazione di terreno, tale da perturbare l'area campionata, sia perché con tale metodo la misura non viene effettuata sempre nello stesso punto per rilievi successivi, ed è pertanto più soggetta all'errore dovuto alla eventuale disomogeneità del terreno campionato.

Fig. 2: Distribuzione del rapporto ET/E_o in funzione della lunghezza dell'intervallo temporale tra due determinazioni successive di Q per il calcolo del bilancio idrico. (Cavazza et al., 1979)



Un esempio di come non sia opportuno avere periodi corti di tempo tra due misure di tipo gravimetrico è dato dalla figura 2: mostra un grafico in cui in ordinate sono riportati i valori del rapporto ET/E_o , dove ET è stata calcolata mediante bilancio idrico a scala di parcella in una prova di irrigazione su bietola, mentre E_o è l'evapotraspirazione di riferimento; in ascissa troviamo l'intervallo tra i rilievi di umidità del terreno fatti col

metodo gravimetrico, i cui risultati sono stati utilizzati per calcolare il bilancio (Cavazza et al., 1979). Quando l'intervallo di tempo tra due rilievi è inferiore a 5 giorni i dati ottenuti mostrano una grande variabilità, e addirittura sono rilevati valori negativi, che non sono accettabili per la definizione stessa dell'equazione del bilancio. L'intervallo di rilevamento di Q ottimale ricavato da questo esperimento è dell'ordine di 10 - 15 giorni, intervallo di tempo minimo per il quale è consigliabile effettuare il bilancio qualora Q venga misurato gravimetricamente, in modo che gli errori legati a variazioni locali di Q siano ridotti e i prelievi di terreno siano fatti in un'area ristretta.

Nel caso di misure fatte con metodi indiretti (es. TDR, in continuo) questa limitazione non è più valida, e il bilancio idrico non è limitato, dal punto di vista del periodo minimo, che dall'equazione per la misura o la stima di ET.

La stima dell'evapotraspirazione

L'evapotraspirazione effettiva di una coltura può essere misurata direttamente mediante bilancio energetico, misurando i flussi di energia al di sopra delle colture, con tecniche quali l'eddy covariance o il rapporto di Bowen (vedi ad es. Monteith e Unsworth, 1990; Cecon e Borin, 1995). L'equazione del bilancio energetico è:

$$R_n = H + G + \lambda E$$

dove:

R_n = radiazione netta

H = flusso di calore sensibile

G = flusso di calore nel terreno

λE = flusso di calore latente di evaporazione

Tutti i termini sono misurati in W m⁻².

E' necessario che il sistema entro il quale vengono effettuate le misure dei flussi energetici sia lo stesso sul quale viene fatto il bilancio idrico. In particolare le misure di R_n, H, G, e

conseguentemente λE , effettuate mediante le suddette tecniche sono estrapolabili solamente alla dimensione della parcella sulla quale sono posti gli strumenti, o al limite a parcelle ad essa omogenee e contigue (stessi vegetazione, densità copertura, terreno, quantità e tipo di irrigazioni ecc.). Il bilancio idrico avrà dunque questa valenza spaziale. Dal punto di vista temporale invece, i valori misurati hanno frequenza oraria, e possono essere sommati per ottenere valori di evapotraspirato giornaliero.

Più comunemente l'ET viene stimata come evapotraspirazione di riferimento (ET_o), ovvero come la quantità di acqua evaporata dal terreno e traspirata da un prato polifita di 10-15 cm di altezza, in condizioni ottimali di rifornimento idrico (Doorenbos e Pruitt, 1977), e ricondotta ad ET mediante un opportuno coefficiente K_c. La scelta di quest'ultimo, soprattutto quando si opera a livello territoriale, può essere problematica, ma non ha influenza diversa alle diverse scale spaziali e temporali.

Le equazioni disponibili per la stima, a partire da dati meteorologici, sono molte e con diverse validità sia spaziali che temporali.

L'equazione di Penman-Monteith è quella indicata dagli esperti FAO come il metodo più adatto per la stima dell'ET_o (Jensen et al. 1990); essa è un'equazione di tipo combinato, formata da un termine radiativo e da uno aerodinamico:

$$\lambda E = [(\Delta(R_n - G) + \rho c_p((e_s(z) - e(z))/r_a)] / (\Delta + \gamma^*)$$

dove:

$$\gamma^* = \gamma (r_a + r_c) / r_a$$

$$r_a = [\ln((z_w - d)/z_{om}) \ln((z_p - d)/z_{ov})] / k^2 u_z$$

λE è misurato in $W m^{-2}$, per ottenere il valore dell'ET_o in mm è necessario dividerlo per λ , calore latente di evaporazione. I termini resistivi aerodinamico r_a e della copertura vegetale r_c hanno grande importanza in questa formula. Il primo può essere calcolato conoscendo la velocità del vento u_z , il secondo può essere efficacemente sostituito con un valore costante qualora si stimi ET alle scale spaziali 1 e 2, mentre deve essere calcolato o

approssimato caso per caso quando la formula viene applicata alla singola pianta.

I dati meteorologici necessari sono: temperatura dell'aria (T), pressione di vapore misurata all'altezza z (e(z)), velocità vento e radiazione netta (Rn) (il flusso di calore nel terreno G può essere trascurato senza diminuire la precisione della stima), a scansione oraria/giornaliera. Qualora si disponga di set completi di dati la Penman-Monteith può essere efficacemente utilizzata a tutti e tre i livelli spaziali.

Nel caso in cui non tutti i dati meteorologici necessari siano disponibili è possibile utilizzare altre equazioni, come ad esempio le formule di Blaney Criddle (modificato FAO) e di Priestley Taylor, che hanno risoluzione temporale $\approx 5d$. Queste equazioni possono essere utilizzate efficacemente sia a livello territoriale che aziendale che di parcella.

L'equazione di Blaney Criddle (Doorenbos e Pruitt, 1977) utilizza dati di temperatura media (T), velocità diurna media del vento (U_d), umidità relativa minima (RH_{min}) giornaliera, percentuale medi giornaliera di ore di giorno annuale (p), ed eliofania relativa (n° ore di sole misurate/ n° ore di sole possibili, n/N):

$$ET_o = a + b[p(0.46T + 8.13)]$$

dove:

$$a = 0.0043 RH_{min} n/N - 1.41$$

$$b = a_0 + a_1 RH_{min} + a_2 n/N + a_3 U_d + a_4 RH_{min} n/N + a_5 RH_{min} U_d$$

a_0, a_1, \dots, a_5 , sono coefficienti determinati sperimentalmente.

L'equazione di Priestley Taylor (1972) è una riduzione della Penman-Monteith per climi umidi in cui il deficit evapotraspirativo è trascurabile, per cui l'evaporazione potenziale E_p viene stimata utilizzando il solo termine radiativo:

$$\lambda E_p = \alpha (\Delta / (\Delta + \gamma)) (R_n - G)$$

Anche in questo caso λE_p è in $W m^{-2}$, e deve essere diviso per λ per ottenere l'evapotraspirazione di riferimento in mm. Il

coefficiente α rende conto del termine aerodinamico, ed è stato stimato sperimentalmente in 1.26.

Formule che sono valide a grande scala spaziale di solito hanno scansione temporale stagionale, e impiegano dati minimi, massimi, e medi mensili o stagionali. L'equazione di Thornthwaite (1948) ad esempio utilizza un indice mensile funzione solo della temperatura dell'aria T:

$$ET_o = 1.6(10 T/I)^a L$$

dove:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$a = 0.49 + 0.02I - 0.7 \cdot 10^{-5} I^2 + \dots$$

T = temperatura media mensile

L = eliofania relativa

L'equazione di Hargreaves e Samani (1982, 1985) invece utilizza un indice funzione della temperatura media T, della differenza tra Tmax e Tmin medie (settimanali, decadali o mensili) e un valore della radiazione solare calcolato solo come funzione della latitudine.

$$ET_o = 0.023 R_A T D^{1/2} (T + 17.8)$$

dove:

$$TD = T_{\max med} - T_{\min med}$$

R_A = radiazione extraterrestre per una certa latitudine.

Possono essere utilizzati a livello territoriale anche metodi misti, ovvero è possibile stimare l'ET con equazioni diverse in punti diversi a seconda della disponibilità dei dati meteo.

La tabella 1 mostra i periodi minimi consigliati per l'uso delle diverse funzioni di stima dell'evapotraspirazione di riferimento.

Un altro metodo molto usato per la stima di ET_o è l'evaporimetro di classe A. Si tratta di misurare l'evaporato da acqua libera, da una vasca di dimensioni standard, e riportarlo a

quello di una coltura di riferimento mediante un opportuno coefficiente K_p . Il metodo è soddisfacente se lo strumento viene opportunamente mantenuto, e se K_p è ben tarato (cfr. Doorenbos e Pruitt, 1977).

Tabella 1 - periodi di tempo minimi consigliati per ciascun metodo di stima di ET (da Jensen et al., 1990).

<i>Metodo</i>	<i>Periodo minimo</i>	<i>Note</i>
<i>Penman FAO 24 corretto</i>	<i>Giornaliera</i>	
<i>Penman-Monteith</i>	<i>Oraria, giornaliera</i>	
<i>Radiazione FAO</i>	<i>5 giorni</i>	
<i>Priestley-Taylor</i>	<i>10 giorni</i>	<i>Valida in climi umidi</i>
<i>Blaney-Criddle FAO</i>	<i>5 giorni</i>	<i>Mensile se si usano medie mensili</i>
<i>Hargreaves</i>	<i>10 giorni</i>	
<i>Thornthwaite</i>	<i>Mensile</i>	
<i>Evaporimetro classe A FAO</i>	<i>5 giorni</i>	

Tabella 2 - classifica dei metodi di stima di ET mensili, e indici statistici (da Jensen et al., 1990). SEE è l'errore standard della stima.

	<i>Metodo</i>	<i>SEE mm d⁻¹</i>	<i>Coeff. angolare retta di regressione per l'origine</i>	<i>Coeff. di correlazione r</i>
<i>1</i>	<i>Penman-Monteith</i>	<i>0.36</i>	<i>1.00</i>	<i>0.99</i>

2	<i>Radiazione FAO</i>	<i>0.73</i>	<i>0.91</i>	<i>0.97</i>
3	<i>Blaney-Criddle FAO</i>	<i>0.68</i>	<i>0.95</i>	<i>0.96</i>
4	<i>Hargreaves</i>	<i>0.88</i>	<i>1.00</i>	<i>0.93</i>
5	<i>Penman FAO 24 corretto</i>	<i>1.16</i>	<i>0.82</i>	<i>0.96</i>
6	<i>Evaporimetro classe A FAO</i>	<i>0.92</i>	<i>0.94</i>	<i>0.92</i>
7	<i>Priestley-Taylor</i>	<i>1.29</i>	<i>1.22</i>	<i>0.90</i>
8	<i>Thorntwaite</i>	<i>1.68</i>	<i>1.24</i>	<i>0.78</i>

Confronti tra formule sono stati fatti da diversi autori, anche italiani; in questa breve nota verranno riportati solo i risultati illustrati nella tab.2, dove sono elencate le più comuni equazioni di stima di ETo su base mensile corredate da alcuni indici statistici, per ordine di "bontà" della stima.

Considerazioni conclusive

La scelta della formula per il calcolo dell'ETo (o del metodo per la sua misura) è dunque cruciale per il bilancio idrico, sia per l'entità dell'errore che può portare che per la determinazione della valenza sia spaziale che temporale.

In conclusione perché il bilancio idrico sia un metodo efficace di controllo dell'uso dell'acqua a diverse scale, è necessario innanzitutto scegliere opportunamente i confini, sia spaziali che temporali, del sistema nel quale esso verrà calcolato, successivamente il metodo di stima dell'ETo e soprattutto è necessario esseri certi di avere una rete di sensori (meteorologici, di misura dell'umidità del terreno, della profondità della falda, di controllo dei livelli delle acqua superficiali) appropriati e ben distribuiti sul territorio.

Riferimenti bibliografici

- Cavazza L., Cacchi D., Rossi Pisa P., Amaducci M.T., Bronzoni G., 1979. *Stima di coefficienti colturali peer la bietola da zucchero da prove parcellari di irrigazione*. Atti del 3° convegno Nazionale AIGR, Catania maggio 1979, 330-346.
- Ceccon P., Borin M., 1995. *Elementi di Agrometeorologia e Agroclimatologia*. IMPRIMITUR Ed.
- Doorenbos J., Pruitt W.O., 1977. *Guixdelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrig. and Drain. Paper n. 24, 2n^d ed. Rome.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1982. *Estimating potential evapotranspiration*. Tech. note, J. Irr. and Drain. Engrg., ASCE 109(2): 277-278.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1985. *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Applied. Engrg in Agric. 1(2): 96-99.
- Jensen M.E., Burman R.D., Allen R.G. (Editors), 1990. *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. ASCE Manual n.70, New York.
- Kessler J., de Ridder N.A., 1974. *Assessing groundwater balances*. In Drainage principles and investigations, vol.3, ILLRI Ed. Wageningen.
- Monteith J.L., Unsworth M.H., 1990. *Environmental Physics*. Edward Arnold Ed., London.
- Priestley C.H.B., Taylor R.J., 1972. *On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large scale parameters*. Mon. Weath. Rev. 100: 81-92.
- Thorntwaite C.W., 1948. *An approach toward a rational classification of climate*. Geogr. Re. 38, 55.

MODELLISTICA DI PRODUTTIVITÀ PER LA MEDICA E MODELLO ALFALFA

Stefano Bocchi (*), Luigi Mariani (**), Tommaso Maggiore (*)
(* *Università di Milano*) (** *Presidente dell'AIAM e dirigente dell'ERSAL - Servizio Agrometeorologico della Lombardia*)
e_mail: bocchist@imiucca.csi.unimi.it

Riassunto

Il prato da vicenda di erba medica svolge un ruolo di rilievo nei sistemi colturali a orientamento zootecnico della Valpadana e le peculiari condizioni pedoclimatiche di tale area giustificano l'importanza di disporre di un modello di produttività calibrato per le cultivar specifiche. Lo scopo di questo lavoro è stata la calibrazione e la messa a punto del modello ALFALFA scelto in virtù dell'approccio completo e ben strutturato al comportamento morfologico e fisiologico dell'erba medica.

La calibrazione è stata condotta con riferimento all'ecotipo Vogherese e ad alcune CV americane (Apollo, Magnum e Saranac) in coltura nella provincia di Pavia (Lombardia - Italia Nord Occidentale) nel triennio 1991-93.

I risultati mostrano una buona rispondenza fra la biomassa prodotta dalla cv Vogherese nei diversi tagli e quella simulata. Tale performance appare promettente per un impiego operativo del modello per attività di assistenza tecnica nell'area padana.

Abstract

Alfalfa meadow plays a relevant role in the cropping system for cattle breeding of the plain of the Po river. The particular pedo-climatic conditions of this area river make it important the availability of crop growth simulation models calibrated for cultivar specific of this area. The aim of the present work was the calibration and the assessment of the simulation model ALFALFA (version 1.5), chosen firstly because it presents a complete and well structured approach to physiological and morphological behaviour of alfalfa crop.

The calibration was done by using a data set obtained from a field experiment on ecotype Vogherese and some American cv (Apollo, Magnum and Saranac) cultivated in Pavia province (Lombardia region - Northern Italy) during a three-year cycle from 1991 to 1993.

The results show a good agreement between simulated and observed biomass yields of Vogherese along the cycle. These performances are promising for a practical application of the model in the extension services of northern Italy.

Premessa

Il lavoro che viene qui presentato è centrato sui risultati preliminari ottenuti dall'attività di analisi di sensibilità e calibrazione di un modello di produttività dell'erba medica (*Medicago sativa L.*) in corso di svolgimento presso l'Istituto di Agronomia dell'Università di Milano.

L'erba medica è una specie molto plastica ed adattabile in virtù dell'elevata resistenza alle basse temperature ed alla siccità che la caratterizzano (Parrini, 1981; Larcher, 1983). In particolare le peculiarità pedoclimatiche della pianura padana hanno consentito nel tempo la selezione di ecotipi ben adattati e con produttività da buone a ottime.

Oggi la medica riveste una notevole importanza in Lombardia, ove risultano coltivati circa 110.000 ha (dati 1995), pur in presenza di un progressivo calo delle superfici investite (AA.VV., 1995).

Ciò rende ragione dell'interesse esistente nei confronti dei modelli di simulazione dinamica della produttività di tale coltura. In proposito è possibile segnalare una bibliografia relativamente ricca ed in particolare ricordiamo:

- ALSIM1 e SIMED, sviluppati negli USA (Fick & Onstad, 1983; Fick, 1984; Parcsh, 1987);
- ALF2LP, derivato da ALSIM1 e sviluppato in Canada (Bourgeois, Savoie, Girard, 1990);

- ALFALFA, sviluppato negli USA (Denison and Loomis, 1989).

Fra i motivi che ci hanno indotto a scegliere il modello ALFALFA si ricordano la completezza dell'approccio morfo - fisiologico adottato (descrizione analitica del processo di fotosintesi e di ripartizione degli elaborati), la possibilità di analizzare i processi di competizione e i fattori di stress e la possibilità di valutare gli effetti dell'irrigazione e dei tagli.

Materiali e metodi

Nella sua versione 1.5 il modello Alfalfa, sviluppato a Davis (CA) con riferimento alla cultivar MOAPA 69 (CV americana non dormiente adatta ad aree predesertiche), presenta le seguenti caratteristiche:

- approccio morfologico e fisiologico con analisi a livello di singoli organi (figura 1);
- simulazione della parte aerea svolta a livello di singole foglie e steli (fino a 5 classi di età degli steli);
- simulazione dello sviluppo delle strutture perenni sotterranee (corona, radici fittonanti e radici fascicolate) e simulazione del bilancio idrico riferite a 10 strati di suolo di 30 cm ciascuno;
- simulazione della dinamica della popolazione (mortalità invernale, senescenza del medicaio).

Il numero totale delle variabili (di stato, di flusso e ausiliarie) è di circa 280 ed il modello è guidato dai dati meteo giornalieri (temperatura dell'aria e del terreno, umidità relativa, radiazione solare globale, velocità del vento) utilizzati per generare le variabili orarie impiegate nel *fast loop* del modello.

Lo stato del sistema è completamente definito dai valori delle variabili di stato, guidate e limitate dalle variabili ausiliarie e la descrizione degli effetti delle variabili guida sui processi è affidata a funzioni di risposta derivate da dati sperimentali. Su tali funzioni si va ad agire con la calibrazione.

Occorre infine precisare che Il modello non simula il bilancio dei nutrienti.

La calibrazione è stata svolta con riferimento all'**ecotipo Vogherese** su un data set sperimentale (meteorologico, biologico e agronomico) relativo al triennio 1991-93 e riferito ad un campo sperimentale sito in comune di Voghera.

Su tale campo erano in prova l'ecotipo Vogherese e 3 CV americane (Apollo, Magnum e Saranac).

Il sito di Voghera è caratterizzato da un terreno profondo e a tessitura fine, terreno franco (47% di sabbia e 30% di limo), subalcalino (pH=7.9), ben dotato di N, con presenza elevata di P assimilabile e K scambiabile, scarsamente dotato di sostanza organica (1.7 %) e con c.s.c. media (18.8 meq/100 g).

Dal punto di vista climatico (Maracchi et al., 1992) si evidenzia una temperatura media annua di circa 13 °C, con minime assolute inferiori ai -10°C e massime assolute superiori ai 36°C. Di norma gennaio è il mese più freddo mentre luglio è quello più caldo.

La precipitazione media annua risulta di circa 780 mm, con un decimo percentile (q10) di 580 mm ed un novantesimo (q90) di 1050 mm. La distribuzione delle precipitazioni è caratterizzata da un massimo secondario primaverile e da uno principale autunnale. Inoltre le precipitazioni estive appaiono superiori a quelle invernali ma peggio distribuite, il che dà luogo ad elevate percentuali di ruscellamento (Pelosi, 1984).

A titolo di confronto si può segnalare che il sito di Davis (CA) per la cui area è stato in origine calibrato il modello, presenta temperature medie annue di circa 18°C con precipitazioni medie annue inferiori ai 500 mm (Cox & Atkins, 1979).

La tecnica di calibrazione è stata condizionata dalla non disponibilità di informazioni fisiologiche sull'ecotipo considerato e dunque si è optato per una tecnica di calibrazione empirica.

Risultati

La run preliminare del modello ha visto l'uso dei parametri originali frutto della calibrazione che gli autori del modello

avevano eseguito sulla CV MOAPA 69. Da tale run, i cui risultati sono stati riassunti in tabella 1 e figura 2, si noti in particolare:

1. la forte sottostima della produzione della CV Vogherese (oltre il 40%);
2. la sensibile sovrastima (22% circa) della produzione delle CV americane;
3. l'eccessiva crescita autunnale e primaverile con forte mortalità dovuta al gelo.

La calibrazione ha dal canto suo visto lo svolgimento di uno screening preliminare sulle variabili cultivar - specifiche, variabili che sono presentate in tabella 2. In particolare la scelta è caduta sulle variabili AGEPHS (effetto dell'età sulla fotosintesi), DLSTOR (effetto della lunghezza del giorno sull'accumulo di fotosintetati), TMPGRO (effetto della temperatura sulla crescita), FRSTKL (effetto del gelo sulla morte degli steli), TMPAGE (effetto della temperatura sull'invecchiamento), TMPPHS (effetto della temperatura sulla fotosintesi), Tmprsp (effetto della temperatura sulla respirazione di mantenimento) e LITPHS (effetto del PAR sulla fotosintesi) e le modifiche apportate a tali variabili sono riassunte in tabella 3.

In particolare un'analisi preliminare di sensibilità è stata condotta modificando una ad una le variabili. Dalla tabella 4 si nota che TMPAGE appare la variabile con il più forte effetto sulla produzione totale.

Introducendo in contemporanea i cambiamenti riportati in tabella 3 è stata eseguita una run sull'anno 1992, ottenendo i risultati riassunti in tabella 5 e figura 3. Si noti il consistente avvicinamento delle produzioni simulate rispetto a quelle reali fornite dalla CV Vogherese.

L'applicazione all'anno 1993 del modello calibrato ha fornito i risultati riassunti in tabella 6 e figura 4. Si noti ancora la notevole vicinanza fra produzioni simulate e quelle reali fornite dalla CV Vogherese, pur in presenza di una sovrastima del primo taglio compensata da una sottostima del secondo.

Conclusioni e prospettive

Dalle simulazioni eseguite con il modello calibrato per Vogherese emerge in particolare:

- una considerevole riduzione dell'errore;
- il persistere di sovrastime o sottostime nei singoli tagli che tuttavia tendono a compensarsi nel corso dell'annata.

Riteniamo comunque di segnalare che le performance del modello appaiono ulteriormente migliorabili agendo in particolare sulle seguenti variabili:

- resistenza al gelo controllata da FRSTKL (effetto del gelo sulla mortalità dei fusti) (McKenzie, McLean 1982);
- livelli di produzione controllati da LITPHS (effetto della luce sulla fotosintesi fogliare) (Sheehy, Woodard, Jones, 1979);
- altezza della coltura, controllata da AGEELN (effetto dell'età sull'allungamento degli steli);
- cicli di emissione di nuovi germogli (Reyneri, Borreani, Ciotti, 1995).

Si sottolinea tuttavia che un approccio esaustivo al problema passi attraverso una più ampia disponibilità di dati fisiologici specifici.

Fra le prospettive citiamo infine la possibilità di applicare il modello Alfalfa a serie storiche di 30-40 anni e oltre, al fine di valutare le fluttuazioni climatiche sull'area italiana. Infatti, pur essendo le piante sensori biologici ad ampio spettro, i dati di produzione reali possono essere fuorvianti in quanto sono inficiati dai consistenti mutamenti delle agrotecniche avvenuti nel tempo. Pertanto un modello di produttività come Alfalfa può restituirci la risposta della coltura alle fluttuazioni dei diversi parametri climatici. Una ricerca in tal senso riferita alle serie storiche trentennali di 20 stazioni dell'area italiana è in atto da parte dell'ERSAL nell'ambito del progetto Medalus III finanziato dall'Unione Europea.

Riferimenti bibliografici

- AA.VV., 1995. *L'agricoltura lombarda nel 1995*, in Lombardia Verde, anno XII, n.10, ottobre 1996.
- Bourgeois G., P.Savoie, J.M. Girard 1990. *Evaluation of an ALFALFA growth Simulation Model under Quebec conditions*. Agric.Sys. 32, 1990, 1-12.
- Cox G.W., Atkins M.D., 1979. *Agricultural ecology*, W.H. Freeman and company, San Francisco, 721 pp.
- Denison R.F., Loomis R.S., 1989. *An integrative physiological model of alfalfa growth and development*. Publ. n. 1926. Div. Agric. Natural Res., Univ. California, Oakland.
- Fick G.W. , D.W. Onstad 1983. *Alfalfa growth models: ALSIM 1(level zero) description, performance and user instructions for a base-line model of alfalfa yield and quality*. Cornell Univ. Ithaca. Mimeo 83-26.
- Fick G.W. 1984. *Simple simulation models for yield prediction applied to alfalfa in the Northeast*. Agron. J. 76, 1984, 235-238.
- Maracchi G., Bindi M., Conese C., Mariani L., 1992. *Guida agrometeorologica della Lombardia*, ERSAL, Milano, 108 pp.
- McKenzie J.S., McLean G.E. 1982. *The importance of leaf frost resistance to the winter survival of seedling stands of alfalfa*. Can. J. Plant Sci. 62: 399-405.
- Parrini P., 1981. *Erba medica*, in Coltivazioni Erbacee, a cura di Baldoni R. e Giardini L., Patron editore, Padova, 823-914.
- Parcsh L.D. 1987. *Validation of ALSIM 1 (level 2) under Michigan conditions*. Agric. Sys. 25, 145 - 57-.
- Pelosi V., *Agrometeorologia*. Clesav, Milano, 1984.
- Reyneri A., Borreani G., Ciotti A., 1995. *Effetti dell'epoca di esecuzione del primo taglio e dell'altezza di taglio su tre varietà di erba medica (Medicago sativa L.)*, Riv di Agron., 1995, 29, 4, 574-581.
- Sheehy J.E., Woodard F.I, Jones M.B. 1979. *Microclimate, photosynthesis, and growth of lucerne (Medicago sativa L.)*. Microclimate and photosynthesis . Ann. Bot. 44, 693-707.

Figura 1 - segmento del modello ALFALFA che descrive i principali flussi di carbonio ed informazione che controllano la crescita fogliare (da Denison & Loomis, 1989 - modificato).

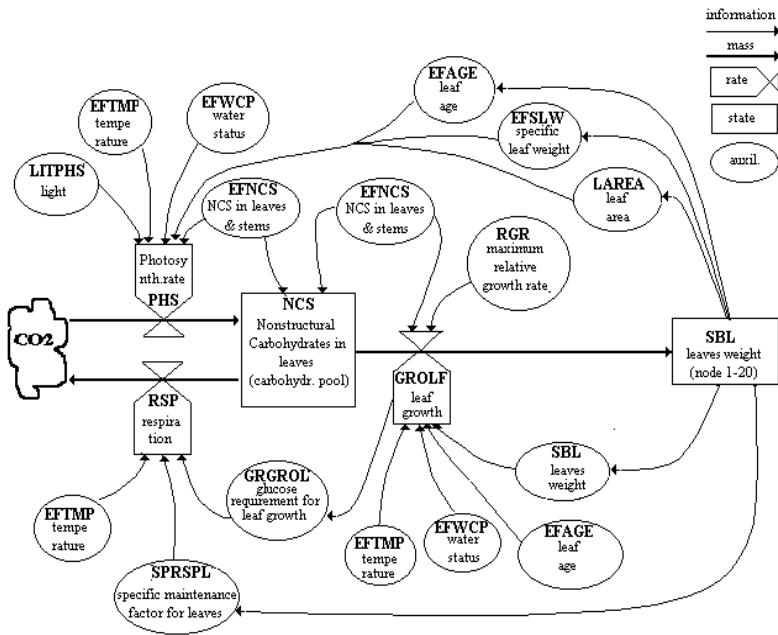


Tabella 1 - risultati ottenuti prima della calibrazione (anno 1992)

<i>data</i>	<i>ora</i>	<i>evento</i>	<i>sostanza secca raccolta (kg/ha)</i>
15 maggio	12	taglio	2923
15 maggio	12	Perdita classe steli 1	
5 giugno	13	Nodo bottone fiorale 12	
12 giugno	05	Nodo bottone fiorale 14	
17 giugno	20	Nodo bottone fiorale 16	
24 giugno	12	taglio	4304
24 giugno	12	Perdita classe steli 1	
6 luglio	04	Nodo bottone fiorale 8	
12 luglio	11	Nodo bottone fiorale 10	
18 luglio	02	Nodo bottone fiorale 12	
24 luglio	12	Nodo bottone fiorale 14	
27 luglio	12	taglio	2514
27 luglio	12	Perdita classe steli 1	
11 agosto	08	Nodo bottone	

		<i>fiorale 10</i>	
<i>17 agosto</i>	<i>13</i>	<i>Nodo bottone fiorale 12</i>	
<i>27 agosto</i>	<i>10</i>	<i>Nodo bottone fiorale 14</i>	
<i>28 agosto</i>	<i>12</i>	<i>taglio</i>	<i>1540</i>
<i>28 agosto</i>	<i>12</i>	<i>Perdita classe steli 1</i>	
<i>10 settembre</i>	<i>21</i>	<i>Nodo bottone fiorale 8</i>	
<i>1 ottobre</i>	<i>12</i>	<i>taglio</i>	<i>1113</i>
<i>1 ottobre</i>	<i>12</i>	<i>Perdita classe steli 1</i>	
<i>produzione totale (kg/ha)</i>			<i>12394</i>
		<i>sostanza secca raccolta (kg/ha)</i>	
<i>simulata</i>		<i>12394</i>	
<i>ecotipo vogherese</i>		<i>20600 (+39.8 %)</i>	
<i>cv americane</i>		<i>10158 (-22.0 %)</i>	

Tabella 2 - abbreviazioni, unità e significato delle principali variabili cultivar specifiche del modello ALFALFA.

<i>AGEA PD</i>	<i>days</i>	<i>Effetto dell'età sulla dominanza apicale</i>
<i>AGEG RL</i>	<i>days</i>	<i>Effetto dell'età sulla crescita delle foglie (Williams '75)</i>

AGEG RS	days	Effetto dell'età sulla crescita dello stelo (Williams'75)
AGEE LN	days	Effetto dell'età sull'allungamento
AGEP HS	days	Effetto dell'età sulla fotosintesi (Hodgkinson'74; p.73-73)
DLST OR	h	Effetto della lunghezza del giorno sull'accumulo
EFLFL T	g/pl	Lunghezza effettiva delle radici per g di s.s.
FRST KL	°C	Effetto del gelo sulla morte degli steli (McKenzie&McLean'82)
GTAB LE	cm	Effetto dell'altezza sull'evapotraspirazione (Enrodi&Rijtema '69)
HTAB LE	m/s	Effetto della velocità del vento sull'evapotraspirazione (Enrodi&Rijtema '69)
LITPH S	Ly	Effetto del PAR sulla fotosintesi (Sheehy'79 p.73-53)
LITSL W	Ly/h	Effetto della luce su SLW.
NCRD TH	g/g	Effetto dei carboidrati non strutturali (NC) sul tasso di mortalità delle radici
NCSP HS	g/g	Effetto degli NC in sulla fotosintesi
NCRG RO	g/g	Effetto degli NC nella crescita radicale
NCSG RO	g/g	Effetto degli NC sulla crescita (Moser et al.'82)
PCOV RT	%	Percentuale di cover vs. LAI.
RLTA BL	Ly/m in	Effetto della radiazione solare sull'ET (Enrodi&Rijtema'69).
RCTA	%	Effetto della % di copertura sull'ET (Enrodi

<i>BL</i>		<i>&Rijtema'69).</i>
<i>SLWP</i> <i>HS</i>	<i>g/m2</i>	<i>Effetto of SLW sulla fotosintesi (Pearce et al.'69).</i>
<i>TMPG</i> <i>RO</i>	<i>°C</i>	<i>Effetto della temperatura sulla crescita (Smith'70).</i>
<i>TMPA</i> <i>GE</i>	<i>°C</i>	<i>Effetto della temperatura sull'invecchiamento (Smith'70).</i>
<i>TMPR</i> <i>SP</i>	<i>°C</i>	<i>Effetto della temperatura sulla respirazione di mantenimento (McCree'82).</i>
<i>TMPP</i> <i>HS</i>	<i>°C</i>	<i>Effetto della temperatura sulla fotosintesi (ASA p. 157)</i>
<i>WCPS</i> <i>TM</i>	<i>#</i>	<i>Effetto del contenuto idrico relativo sugli stomi</i>
<i>WCPG</i> <i>RO</i>	<i>#</i>	<i>Effetto del contenuto idrico della pianta sulla crescita</i>
<i>WCLG</i> <i>RR</i>	<i>#</i>	<i>Effetto del contenuto idrico del suolo sulla crescita radicale</i>

Tabella 3 - parametri specifici modificati per adeguare il modello alla cv Vogherese (con il flag MOAPA 69 si riportano i parametri originari, con Vogherese quelli modificati)

<i>AGEPHS - effetto dell'età sulla fotosintesi (Hodgkinson'74)</i>							
Giorni	0.	20.	40.	500.			
VOGHERESE:	1.	0.8	0.5	0.			
MOAPA 69 :	1.	0.9	0.4	0.			
<i>DLSTOR - effetto della lunghezza del giorno sull'accumulo di carboidrati</i>							
	h	8.	9.	10.	11.	12.	18.
VOGHERESE:	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	
MOAPA 69 :	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	
<i>TMPAGE - effetto della temperatura sull'invecchiamento (Smith'70).</i>							
	°C	-20.	0.	10.	15.	21.	27.
	35.	50.					
VOGHERESE:	0.	0.	.45	.85	0.95	1.00	1.0
	1.0						
MOAPA 69 :	0.	0.	.45	.85	1.22	1.51	1.6
	1.0						
<i>TMPGRO - effetto della temperatura dell'aria sulla crescita (Smith, 1970).</i>							
	°C	-20.	0.	12.5	18.	24.	27.0
	36.0	40.	50.				
VOGHERESE:	0.	0.0	.40	.70	1.0	1.0	0.8
	0.50	0.0					
MOAPA 69 :	0.	0.0	.29	.48	0.81	1.0	1.0
	0.85	0.0					
<i>TMPPHS - effetto della temperatura dell'aria sulla fotosintesi (ASA p.157)</i>							
	°C	-20.	0.	5.	11.	21.	27.0
	42.	50.					
VOGHERESE:	0.	0.	.50	.82	1.0	0.95	0.9
	0.9	0.0					
MOAPA 69 :	0.	0.	.50	.72	.94	1.00	1.0

0.9	0.0						
<i>TMPRSP - effetto della temperatura dell'aria sulla respiraz. di mantenimento(McCree'82).</i>							
	°C	-20.	0.	10.	15.	22.5	30.
35.	42.	50.					
VOGHERESE:	0.0	0.0	0.25	0.40	0.65	1.20	1.70
	2.70	0.50					
MOAPA 69 :	0.0	0.0	0.35	0.59	0.95	1.50	2.00
	2.70	0.50					

Tabella 4 - risultati del test di sensibilità svolto su sei variabili. Le produzioni di sostanza secca sono espresse in kg/ha e sono confrontate con quelle reali (colonna STD.CV).

	STD.C V	TMPG RO	AGEPH S	DLSTO R	TMPA GE	TMPP HS
1° taglio	2676	5138	2741	2466	2516	3052
2° taglio	4487	2963	4670	4148	5506	4582
3° taglio	2872	2563	3298	2623	4333	2822
4° taglio	1115	1170	1363	1214	1909	1082
5° taglio	1062	1076	1328	1190	1378	1131
totale	12212	12910	13399	11641	1565 0	12669

Tabella 5 - risultati ottenuti dopo la calibrazione (anno 1992)

data	ora	evento	sostanza secca raccolta (kg/ha)

15 maggio	12	taglio	5808
15 maggio	12	Perdita classe steli 2	
15 maggio	12	Perdita classe steli 1	
11 giugno	13	Nodo bottone fiorale 12	
19 giugno	02	Nodo bottone fiorale 14	
24 giugno	12	taglio	5075
24 giugno	12	Perdita classe steli 1	
13 luglio	01	Nodo bottone fiorale 10	
19 luglio	09	Nodo bottone fiorale 12	
26 luglio	16	Nodo bottone fiorale 14	
27 luglio	12	taglio	4516
27 luglio	12	Perdita classe steli 1	
18 agosto	01	Nodo bottone fiorale 10	
26 agosto	09	Nodo bottone fiorale 12	
28 agosto	12	taglio	2437
28 agosto	12	Perdita classe steli 1	
1 ottobre	12	taglio	1858
1 ottobre	12	Perdita classe steli 1	

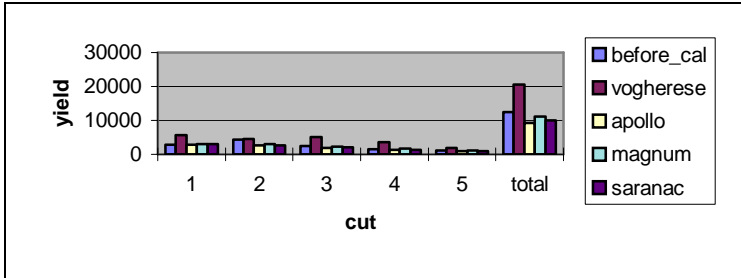
<i>produzione totale (kg/ha)</i>			<i>19694</i>
	<i>sostanza secca raccolta (kg/ha)</i>		
<i>simulata</i>	<i>19694</i>		
<i>ecotipo vogherese</i>	<i>20600 (+4.6 %)</i>		
<i>cv americane</i>	<i>10158 (-93.9 %)</i>		

Tabella 6 - risultati ottenuti dopo la calibrazione (anno 1993)

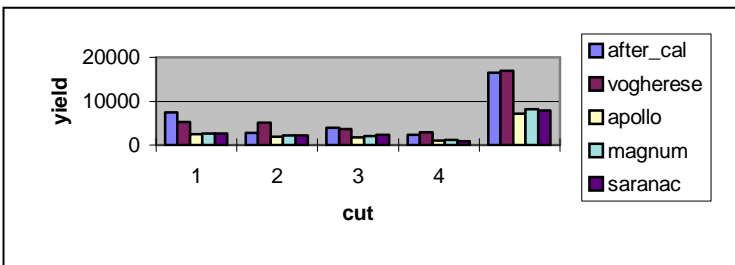
<i>data</i>	<i>ora</i>	<i>Evento</i>	<i>sostanza secca raccolta (kg/ha)</i>
17 maggio	12	Nodo bottone fiorale 16	
23 maggio	22	Nodo bottone fiorale 18	
26 maggio	12	taglio	7419
26 maggio	12	Perdita classe steli2	
26 maggio	12	Perdita classe steli1	
4 giugno	15	Nodo bottone fiorale 8	
11 giugno	15	Nodo bottone fiorale 10	
17 giugno	14	Nodo bottone fiorale 12	
24 giugno	05	Nodo bottone fiorale 14	
29 giugno	12	taglio	2788
29 giugno	12	Perdita classe steli 2	
29 giugno	12	Perdita classe steli 1	
3 agosto	12	Perdita classe steli 1	
3 agosto	12	taglio	3961
8 settembre	12	Perdita classe steli 1	

<i>8 settembre</i>	<i>12</i>	<i>taglio</i>	<i>2266</i>
<i>produzione totale (kg/ha)</i>			<i>16434</i>
	<i>produzione totale raccolta (kg/ha)</i>		
<i>simulata</i>	<i>16434</i>		
<i>ecotipo vogherese</i>	<i>16900 (+2.8 %)</i>		
<i>cv americane</i>	<i>7713 (-113.1 %)</i>		

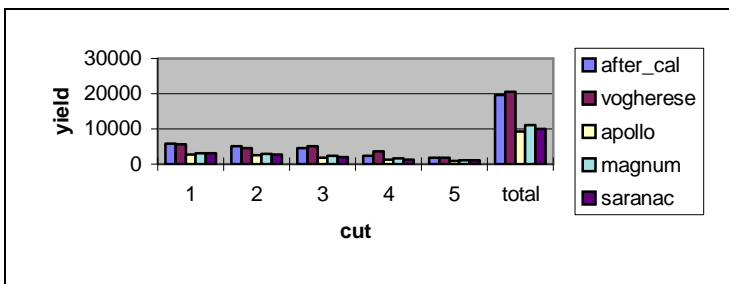
figura 2 – comparazione delle produzioni reali della CV Vogherese e delle altre CV in prova con i valori simulati per il 1992 dal modello non calibrato (2.a) e dal modello calibrato (2.b) e per il 1993 dal modello calibrato su dati '92 (2.c).



2.a



2.b



2.c

IL BILANCIO IDRICO TERRITORIALE COME SUPPORTO ALLE ATTIVITÀ DI PIANIFICAZIONE DEI CONSORZI DI BONIFICA

di Marina Anelli (*), Graziano Lazzaroni (*) e Luigi Mariani (*)(**)

(*) *ERSAL - Servizio Agrometeorologico della Lombardia (**)*
Presidente dell'AIAM

e mail: ersalsar@tin.it

Riassunto

Viene presentata una semplice applicazione di bilancio idrico a livello territoriale per la determinazione delle esigenze irrigue delle principali colture presenti sul territorio pianeggiante della regione Lombardia, area irrigua interessata dall'attività dei consorzi di bonifica.

I bilanci idrici sono stati redatti con l'ausilio di dati climatici, colturali e pedologici, adottando un passo temporale mensile e facendo riferimento a celle di 5x5 km.

Gli anni estremi (secco e umido) sono stati considerati applicando la tecnica dei percentili.

I dati prodotti vanno a costituire alcuni degli strati informativi del SIBITeR (Sistema Informativo Lombardo per la Bonifica, l'Irrigazione ed il Territorio Rurale) e consentono di delineare alcune interessanti prospettive per il futuro prossimo.

Abstract

A simple procedure for the production of water balances referred to wide territories is discussed in the present paper and used to determine the water requirements of the principal crops cultivated on the territory irrigated of Lombardia (Italy).

Water balances are produced by means of specific algorithms applied to climatic, cultural and soil data adopting a monthly time step and working on square elementary units of 5x5 km. Extreme years were taken in account adopting the statistical technique of percentiles.

The output data were structured as information layers of SIBIReR (Information System for reclamation, irrigation and rural territory of Lombardia) and the results show some interesting perspectives.

Introduzione

Negli ultimi decenni le tecniche di bilancio idrico si sono notevolmente affinate e ci consentono oggi di monitorare il contenuto idrico dei terreni agrari coltivati con un realismo adatto agli impieghi operativi legati alla programmazione dell'irrigazione.

Tuttavia tali tecniche sono di norma applicate soprattutto a livello di singolo campo, mentre scarso risulta ancor oggi il numero di applicazioni a livello territoriale, vale a dire a quella scala che in termini climatologici è detta scala locale. Principali limiti rispetto ad un tale approccio sono la difficoltà a reperire dati per gli strati informativi necessari (campi di parametri meteorologici, informazioni sulle colture, dati sulle caratteristiche idrologiche dei suoli) nonché un limite tecnologico imposto dalle tecniche di spazializzazione.

Oggi però tali limiti appaiono superabili grazie all'accresciuta disponibilità di basi di dati agroclimatiche e pedologiche ed all'avanzamento nelle tecniche per il trattamento geostatistico dei parametri fisici e biologici.

In ragione di quanto sopra presso l'ERSAL abbiamo sviluppato una metodologia per la redazione di bilanci idrici territoriali arrivando a fornire indicazioni di sintesi sui consumi idrici delle principali colture in Lombardia.

L'organizzazione della base di dati

Il primo passo compiuto è stato quello di procedere alla verifica delle serie storiche di dati meteorologici mensili disponibili presso l'ERSAL ed al loro aggiornamento, nonché all'informatizzazione per intero di nuove serie storiche. L'aggiornamento e l'informatizzazione dei dati mensili di temperatura e precipitazione è stato eseguito fino all'anno 1986,

ovvero alla data ultima di pubblicazione degli annali idrologici dell'Ufficio Idrografico del Po, dai quali sono state tratte quasi tutte le stazioni.

Le stazioni pluviometriche sono state scelte in modo da realizzare una distribuzione il più possibile omogenea sul territorio, il che costituisce la base per una fedele spazializzazione dei dati agroclimatici con metodi geostatistici (Matheron, 1973). Ciò in virtù della necessità di ricavare campi spaziali rispettosi delle caratteristiche del fenomeno descritto e dunque adeguati alla scala prescelta per l'indagine climatica e quanto più vicini alla realtà del fenomeno. Sono state scelte così anche stazioni esterne ai confini regionali, stazioni di montagna e di fondovalle, stazioni di bassa e di alta pianura. L'altro parametro utilizzato per la scelta delle stazioni di riferimento, oltre alla localizzazione del sito, è stata la lunghezza e la completezza delle serie storiche. Per quanto riguarda le stazioni pluviometriche si è deciso di non prendere in considerazione quelle con meno di 20 anni di osservazioni, mentre per le stazioni termometriche, considerata la maggiore uniformità del parametro e la limitatezza del numero di stazioni a disposizione, si è deciso di considerare anche serie storiche inferiori a 20 anni, ma comunque mai inferiori a 13 anni. Nella stragrande maggioranza dei casi però la lunghezza delle serie storiche è pari a 37 anni (periodo 1950-86) per i dati pluviometrici ed a 36 anni (periodo 1951-86) per quelli termometrici.

Nel complesso sono state informatizzate 79 serie storiche pluviometriche e 27 termometriche, archiviandole nel formato Microsoft Excel.

Si noti come il numero di stazioni termometriche sia pari a circa il 40% delle pluviometriche. Tale fatto non deve destare preoccupazione in quanto la temperatura, specialmente nelle aree pianeggianti, presenta una variabilità spaziale ridotta e pertanto le serie storiche disponibili, seppure in un numero più limitato, consentono di descrivere il campo termico in modo sufficientemente dettagliato per i fini del presente lavoro.

L'analisi statistica.

L'anno normale è desumibile dall'elaborazione di una serie storica sufficientemente lunga (intorno ai 30 anni) in modo da ottenere indici statistici in grado di descrivere adeguatamente il parametro in esame.

In particolare nel presente lavoro l'anno normale viene definito per la temperatura e l'evapotraspirazione attraverso il valore medio (media aritmetica annuale e dei singoli mesi) mentre per le precipitazioni l'anno normale viene individuato attraverso la mediana (valore del 50° percentile - Q50). Si noti che la mediana viene utilizzata in luogo della media aritmetica quando ci si trova di fronte a distribuzioni statistiche che si discostano significativamente da quella gaussiana. Nel caso delle precipitazioni medie annuali o mensili relative ad oltre un trentennio, ci troviamo di fronte a distribuzioni ben approssimabili ad una gaussiana, per cui le differenze fra mediana e media sono di norma alquanto ridotte. Pertanto la scelta di utilizzare la mediana in luogo della media obbedisce più che altro a ragioni di coerenza, considerato che nel descrivere le precipitazioni degli anni secco e piovoso si è fatto ricorso ai percentili (10° e 90°) frutto dello stesso metodo statistico utilizzato per ottenere la mediana (50° percentile).

Per descrivere la climatologia di un territorio non è sufficiente evidenziare i valori normali ma occorre porre in luce quelli estremi in modo da rendere conto della variabilità del clima (Mancini, 1997). Pertanto si è deciso di individuare tre diversi scenari corrispondenti rispettivamente all'anno normale, a quello secco ed a quello piovoso.

Per ottenere ciò si è fatto ricorso alla semplice ma efficace **tecnica dei percentili** ed in particolare si sono predisposte carte del decimo (Q10) e novantesimo (Q90) percentile (Houghton,1985)(Essenwanger,1986). Si rammenta che nel caso del decimo percentile valori minori di quelli riportati nelle carte si verificano con una probabilità del 10% (cioè 1 anno su 10) così come nel caso del novantesimo percentile valori maggiori di

quelli riportati nelle carte si verificano sempre con una probabilità del 10% (cioè ancora 1 anno su 10).

L'analisi geostatistica

L'analisi geostatistica è stata eseguita partendo da un modello del terreno costituito da celle di 5 x 5 Km appositamente realizzato per scopi agroclimatici. Ad ogni cella sono stati assegnati i seguenti parametri: latitudine e longitudine (coordinate UTM), quota media in metri ed esposizione prevalente.

In particolare il parametro precipitazione è stato spazializzato con l'algoritmo di Kriging del software commerciale SURFER per Windows della Golden Software. Al parametro temperatura è stato applicato invece l'algoritmo GRID7 in grado di descrivere la variabilità termica dovuta alla quota ed all'esposizione (Belloni e Pelfini,1987)(Mariani,1992). L'algoritmo di contouring utilizzato per tutti i campi generati è quello implementato in SURFER.

Precipitazioni

Le precipitazioni annue frutto delle elaborazioni dei totali pluviometrici annui sono state ottenute dalla sommatoria dei mesi che compongono ciascun anno.

Sulla popolazione formata dai totali di ciascun anno sono stati poi calcolati il Q10, Q50 ed il Q90.

Le precipitazioni semestrali frutto delle elaborazioni sui totali pluviometrici semestrali sono state ottenute dalla sommatoria dei mesi che compongono ciascun semestre, intendendo per *semestre invernale* quello costituito dai mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio e marzo e per *semestre estivo* quello costituito dai mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre.

Sulla popolazione formata dai totali di ciascun semestre si sono calcolati poi il Q10, il Q50 ed il Q90.

Va osservato che le sommatorie dei singoli valori mensili del Q10, Q50 e Q90 non producono il Q10, Q50 ed il Q90 annuo (o

semestrale) e pertanto non possono essere cumulati per ottenere i totali semestrali o annui. Infatti poiché fra i diversi mesi si verifica sempre una compensazione, il totalizzato annuale o semestrale dei singoli mesi (sommatoria del Q10 di gennaio, del Q10 di febbraio ecc.) rappresenta un caso molto più estremo, che si verifica con tempi di ritorno estremamente lunghi, dell'ordine delle centinaia di anni. Ad esempio, dall'analisi della serie storica di Milano Brera dal 1763 ad oggi, risulta che un valore di precipitazione totale pari alla sommatoria dei Q10 dei singoli mesi non si è mai verificato.

Per il semestre vegetativo la differenza in % tra la mediana calcolata sulla sommatoria delle mediane mensili e la mediana dell'intero semestre è rappresentata in figura 1.

In funzione di ciò, la ricostruzione dei valori mensili di precipitazione per l'anno secco e per l'anno piovoso (Q10 e Q90) del semestre, è stata operata calcolando i rapporti Q10/Q50 e Q90/Q50. Tali rapporti sono stati applicati ai Q50 dei singoli mesi in modo da ottenere i **Qp** (Q piovoso) ed il **Qs** (Q secco) relativi. L'operazione è stata ovviamente eseguita per ogni nodo della griglia.

Temperature, evapotraspirazione potenziale e deficit idrico

Nelle elaborazioni annuali e semestrali delle temperature si è ritenuto sufficiente limitarsi unicamente alle medie, senza considerare le annate Q10 e Q90, in quanto la variabilità interannuale del parametro temperatura media mensile risulta nel complesso contenuta. Tale considerazione è stata inoltre estesa ai parametri calcolati in funzione della sola temperatura ed in particolare all'evapotraspirazione potenziale (ETP).

La **temperature media annua** è stata ottenuta come media delle medie mensili mentre le **temperature semestrali** sono state ottenute come media delle medie mensili relative ai due semestri invernale ed estivo.

L'**evapotraspirazione potenziale (ETP) media annua** è stata calcolata applicando alla temperatura media mensile l'equazione di Blaney Criddle nella formulazione riportata dal Quaderno

FAO n. 33 (FAO,1979). Sono state così ottenute 12 matrici di ETP mensile la cui somma ha fornito l'ETP annua. L'evapotraspirazione potenziale *media semestrale* è stata calcolata sommando le 6 matrici di ETP mensili, per i sei mesi invernali e per i sei mesi estivi.

Il **deficit idrico** è un parametro agroclimatico frutto della semplice differenza fra gli apporti precipitativi e le perdite evapotraspirative e fornisce un'idea grossolana ma immediata delle necessità irrigue di un territorio. Il **deficit idrico annuale** e **semestrale** è stato così calcolato come differenza tra gli apporti precipitativi dell'anno secco, dell'anno medio e di quello piovoso (Q10, Q50 e Q90) e l'ETP.

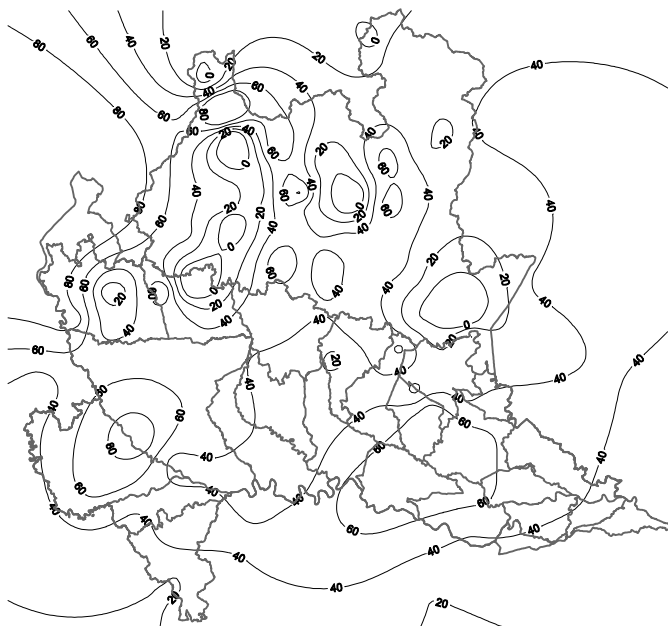


Figura 1 – differenza in % tra il Q50 delle precipitazioni del semestre vegetativo e la sommatoria dei Q50 mensili.

Il bilancio idrico colturale

Le colture per le quali è stato calcolato il bilancio idrico sono state prescelte sulla base della superficie investita nei consorzi di bonifica. Le colture così individuate sono state: mais, soia, bietola, girasole, pomodoro e, per quanto riguarda le foraggere, erba medica e loiessa. Sull'intero territorio di pianura interessato dai consorzi di bonifica è stato poi calcolato il bilancio idrico territoriale di tali colture.

Il Bilancio idrico colturale per ogni singolo mese è stato calcolato applicando la metodologia qui di seguito riportata.

La **profondità dello strato interessato da apporti irrigui** è stata fissata in 60 cm per tutte le colture ad eccezione del prato polifita per il quale si è considerata una profondità di 40 cm; ciò perché al prato vengono di norma destinati i terreni più superficiali.

La capacità del terreno di trattenere acqua è stata espressa come differenza fra capacità di campo e punto di appassimento e viene qui di seguito indicata con il termine standard di **Available Water Capacity** (AWC). I dati di AWC utilizzati sono il risultato di una conversione dei *dati poligonali* desunti dalle carte pedologiche (Servizio Suolo dell'ERSAL) in *dati raster* su un grigliato di 5 x 5 km, assegnando il valore di AWC dell'unità cartografica prevalente all'intera cella.

La conversione sopra ricordata e la diversità di scala rendono i dati di AWC solo indicativi della reale distribuzione territoriale del parametro. L'AWC è infatti un parametro caratterizzato da elevatissima variabilità spaziale, arrivando spesso a presentare valori assai diversi anche nell'ambito del singolo campo.

La **profondità radicale** è stata stimata attribuendo alle varie colture una profondità massima di 60 cm e considerando che nel periodo estivo la ricarica idrica degli strati superficiali dovuta a piogge o a irrigazioni ben difficilmente supera tali 60 cm di profondità. Nelle fasi intermedie sono stati attribuiti valori mensili di profondità radicale, secondo un metodo semplificato (Mariani,1994).

I **coefficienti culturali** (k_c) che consentono la conversione dell'ETP in **Evapotraspirazione reale** (ETR) calcolati sperimentalmente attraverso i lisimetri da vari ricercatori sono ampiamente disponibili in bibliografia. Nel presente lavoro, la scelta dei k_c è stata fatta per **mais, soia, bietola, girasole e pomodoro** sono stati poi attribuiti per i singoli mesi sulla base delle date medie di comparsa delle diverse fenofasi ricavate dalla serie storica delle osservazioni fenologiche 1989-1996 della rete di rilevamento del Servizio, che in tale occasione ha mostrato appieno la propria utilità.

In tabella 1 si riportano le caratteristiche attribuite ad ogni coltura.

Tabella 1 - k_c e profondità radicali mensili per le diverse colture

MAIS	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>Maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>	<i>settembre</i>
	<i>K_c</i>	0.4	0.6	0.97	1.13	0.9	0.7
	<i>Prof. radicale</i>	25	32.5	60	60	60	60
SOIA	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>	<i>settembre</i>
	<i>K_c</i>	-	0.43	0.77	1.12	0.98	0.5
	<i>Prof. radicale</i>	-	25	45	60	60	60
BIETOLA	<i>Mese</i>	<i>marzo</i>	<i>aprile</i>	<i>maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>
	<i>K_c</i>	-	0.56	0.9	1.13	1.0	0.9
	<i>Prof. radicale</i>	-	38	60	60	60	60
GIRASOLE	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>maggio</i>	<i>giugno</i>	<i>luglio</i>	<i>agosto</i>	<i>settembre</i>
	<i>K_c</i>	0.5	0.77	1.1	0.86	0.4	-
	<i>Prof. radicale</i>	25	45	60	60	60	-

	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>maggi o</i>	<i>giugn o</i>	<i>luglio</i>	<i>agost o</i>	<i>settem bre</i>
POMODORO	<i>Kc</i>	-	0.8	1.1	1.16	0.88	-
	<i>Prof. radicale</i>	-	25	60	60	60	-

Per **medica e prati polifiti**, considerato che l'unità di tempo del modello è il mese, si è optato per la scelta di un kc medio mensile che rappresenta la media tra i kc massimi precedenti lo sfalcio e i kc più bassi relativi ai giorni successivi allo sfalcio stesso, secondo quanto indicato nel Quaderno FAO n.33. Nel caso del prato polifita il kc considerato è la media tra quello di un prato di trifoglio e quello di un prato di graminacee foraggere. Si è inoltre deciso di attribuire alle colture prative una profondità radicale *costante* considerando colture in anni successivi a quello di impianto.

Tabella 2 - kc e profondità radicali attribuiti alle colture foraggere.

ERBA	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>maggi o</i>	<i>giugn o</i>	<i>luglio</i>	<i>agost o</i>	<i>settem bre</i>
MEDICA	<i>Kc</i>	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	<i>Prof. radicale</i>	60	60	60	60	60	60
PRATO	<i>Mese</i>	<i>aprile</i>	<i>maggi o</i>	<i>giugn o</i>	<i>luglio</i>	<i>agost o</i>	<i>settem bre</i>
	<i>Kc</i>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	<i>Prof. radicale</i>	40	40	40	40	40	40

In tabella 2 si riportano le caratteristiche attribuite ad ogni coltura foraggiera.

Per il calcolo delle **piogge utili** si è fatto riferimento ai dati pluviometrici mensili del Q50 e ai dati mensili ricostruiti del Qs e Qp.

La pioggia utile è stata poi ottenuta detraendo ai valori mensili mediani ed estremi (Qp e Qs) le seguenti quote:

- una quota di ruscellamento fissata al 5% della pioggia totale;
- una quota di infiltrazione calcolata secondo un semplice algoritmo di bilancio idrico giornaliero (Mariani,1997, comunicazione personale) applicato alle serie storiche giornaliere di Bergamo, Ghedi e Linate per il trentennio 1951-80. Le quote mensili adottate sono riportate nella tabella 3.
- una quota fissa di 2 mm, che rappresenta l'acqua di precipitazione che evapora dalla superficie fogliare della coltura prima di giungere sul terreno.

Tabella 3 - Coefficienti di infiltrazione.

	<i>aprile</i>	<i>maggi o</i>	<i>giugn o</i>	<i>luglio</i>	<i>agost o</i>	<i>settemb re</i>
<i>Coeff. infiltrazione</i>	<i>0.14</i>	<i>0.04</i>	<i>0.02</i>	<i>0.01</i>	<i>0.01</i>	<i>0.04</i>

L'**ETR** è stata ottenuta moltiplicando l'ETP media mensile per il **Kc** relativo alla coltura ed allo stadio fenologico raggiunto dalla stessa nel mese considerato. In tal caso sia per lo scenario medio che per quelli estremi, si sono adottati valori medi secondo quanto già indicato al par. 2.5. Tale scelta operativa deriva dalla necessità di contenere il numero di carte (frutto di tutte le possibili combinazioni tra piogge medie ed estreme e ETR medie ed estreme), ed è giustificato dalla scarsa variabilità interannuale dell'evapotraspirazione nella pianura lombarda.

Per il calcolo della **riserva totale** (allorché assume valori negativi si configura come un deficit) cumulata alla fine di ogni mese si è proceduto applicando la seguente equazione:

$$RT = (H_2O \text{ disp} + PU - ETR) + CSNE$$

dove:

RT	=	riserva totale alla fine di ogni mese
CSNE	=	contenuto dello strato non ancora esplorato dalle radici, ottenuto moltiplicando l'AWC per lo spessore dello strato che rimane da esplorare da parte dell'apparato radicale;
H ₂ O_disp	=	acqua disponibile all'inizio del mese. Si ottiene moltiplicando l'AWC per la profondità radicale. Nei mesi successivi al primo, a questa quota si aggiunge il CSNE che si rende disponibile di mese in mese, man mano che le radici si approfondiscono nel suolo;
PU	=	piogge utili del mese
ETR	=	evapotraspirazione reale media mensile.

Nel calcolo dell'equazione di bilancio sono state adottate alcune regole dettate dalla necessità di giungere a risultati che presentino validità generale:

- a tutte le colture, eccezion fatta per il prato polifita (che in genere sfrutta i terreni più superficiali) è stata attribuita una quota idrica supplementare, equivalente al contenuto idrico del suolo tra 60 e 120 cm nel periodo successivo al raggiungimento della profondità radicale di 60 cm. Con ciò si è tenuto conto del fatto che le piante raggiungono comunque con le radici più profonde i 120 cm e attingono alla riserva profonda. Nel corso della stagione però, tale riserva non viene più ripristinata in quanto il rimpinguamento mediante irrigazione viene considerato limitato ai primi 60 cm;
- si considera nullo l'apporto di falda, in quanto si tratta di un parametro con elevatissima variabilità spaziale (differenze rilevanti sono riscontrabili anche tra campo e campo) ed altrettanto grande variabilità temporale, il che ne rende praticamente impossibile il monitoraggio a livello territoriale;
- non vengono presi in considerazione i fattori di stress come ad esempio le situazioni di vento, forte che, come noto, producono un abbattimento della quota di riserva utilizzabile dalla coltura e che comunque nella pianura lombarda hanno

scarso rilievo (per inciso i casi di vento forte sono per lo più associati alle situazioni di foehn che nel semestre vegetativo hanno una incidenza media valutabile in 8-12 giorni).

Il bilancio è stato calcolato per tre diversi scenari, considerando il semestre normale (piogge Q50), il semestre piovoso (piogge Qp) e il semestre secco (piogge Qs).

Il numero di irrigazioni

Il **deficit totale cumulato** dell'intera stagione (ovvero il valore negativo della riserva) si intende riferito all'ultimo mese del ciclo vegetativo di ogni coltura. Da questo, per calcolare il numero di irrigazioni si è detratta una quota che non viene ripristinata con interventi irrigui nella fase finale della coltivazione. In particolare non si considera ripristinato il deficit del mese di settembre e dell'ultima decade di agosto (30% del deficit di agosto) per mais, soia, bietola, girasole e pomodoro. Per le colture foraggere (erba medica e loiessa) si è invece deciso di non ripristinare il solo deficit del mese di settembre.

Per mais, soia, bietola, girasole, erba medica, loiessa, con irrigazione a scorrimento, si è considerato un **volume medio di adacquamento** pari a 500 m³/ha (50 mm), mentre per il pomodoro con irrigazione ad aspersione tale valore è stato fissato pari a 300 m³/ha (30 mm).

Infine il **numero di irrigazioni** nell'anno medio e nell'anno secco è stato ottenuto dal rapporto fra il deficit, al netto della quota non ripristinata, ed il volume medio di adacquamento per ogni coltura relativo al sistema di irrigazione adottato.

Risultati

Le informazioni sul livello della **Riserva Totale** (RT) sono state utilizzate, secondo le metodologie spiegate in precedenza, per calcolare il numero di irrigazioni necessarie per mantenere la coltura in condizioni di rifornimento idrico ottimale.

Con riferimento al **mais**, la coltura irrigua di gran lunga più diffusa in Lombardia, la RT del terreno assume un andamento

molto disforme rispetto all'andamento dei parametri visti in precedenza, in quanto nella sua definizione si considerano anche i diversi valori di AWC dei suoli. Nell'anno normale, la RT presenta valori negativi (deficit) per gran parte del territorio interessato dai consorzi, ad esclusione di una piccola fascia nell'area nordoccidentale. Nell'anno secco, salvo piccole isole a nordovest dove la RT assume valori prossimi allo 0, il deficit è esteso a tutta la pianura con valori massimi di -270 mm nel mantovano. Nell'anno piovoso invece, la RT risulta essere positiva su tutta l'area interessata salvo piccole aree nell'estrema pianura sud orientale ove assume valori di poco negativi.

L'andamento spaziale del **numero medio annuo di irrigazioni** per il mais riferito all'area lombarda interessata dai consorzi di bonifica è riportato nelle figure 2 e 3 relative all'anno normale ed a quello secco. Nelle figure si osserva che il numero medio di irrigazioni nell'anno normale risulta compreso tra 0 e 5 interventi, con massimi nella bassa pianura. La isolina di 0 interventi irrigui abbraccia l'area della Brianza e giustifica la possibilità per tale area di coltivare il mais senza ricorrere all'irrigazione.

Nell'anno secco invece il numero di irrigazioni per il mais risulta compreso tra 1 e 7 interventi, con valori massimi riscontrati nella bassa pianura.

Nell'anno piovoso infine la coltura non necessita di alcun intervento irriguo. Infatti l'estremo lembo sudorientale della pianura mantovana, per il quale come detto la Riserva Totale assume a fine stagione valori lievemente negativi, beneficia in genere di significativi apporti di falda.

In tabella 3 si riporta il numero medio di irrigazioni ottenuto per le colture considerate in questo studio.

Tabella 3 - Numero di interventi irrigui nell'anno normale, nell'anno "secco" ed in quello "piovoso" sul territorio interessato dai consorzi di bonifica.

<i>Coltura</i>	<i>mm per</i>	<i>numero</i>	<i>numero</i>	<i>numero</i>
----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

	<i>intervento irriguo</i>	<i>irrigazioni nell'anno medio</i>	<i>irrigazioni nell'anno secco</i>	<i>irrigazioni nell'anno piovoso</i>
<i>mais</i>	50	0-5	1-7	0
<i>soia</i>	50	0-4	1-5	0
<i>bietola</i>	50	0-4	1-7	0
<i>girasole</i>	50	0-4	1-5	0
<i>pomodoro</i>	30	0-6	3-12	0
<i>medica</i>	50	0-4	0-6	0
<i>prato polifita</i>	50	0-6	3-10	0

Il numero elevato di interventi irrigui previsti per il pomodoro è da ascrivere tanto agli elevati valori di coefficiente culturale che ai ridotti volumi di adacquamento fissati per tale coltura, che in genere viene irrigata per aspersione.

Conclusioni

I risultati ottenuti consentono una prima stima dei fabbisogni delle colture lombarde durante l'intera stagione irrigua.

La metodologia proposta ha nella semplicità dell'approccio uno dei suoi maggiori meriti, in quanto è proprio l'impiego di algoritmi relativamente semplici che ci consente di estendere la stima del fabbisogno irriguo all'intero territorio regionale interessato dai consorzi di bonifica.

Un elemento interessante della metodologia è inoltre rappresentato dall'idea di adottare tre diversi scenari corrispondenti rispettivamente all'anno normale, all'anno "secco" ed all'anno "piovoso".

Come è possibile osservare il passo per arrivare ad una stima dei consumi idrici annui sulla base della distribuzione reale delle colture è davvero breve, e limitato unicamente dalla disponibilità di un inventario aggiornato in tempo reale delle colture presenti

sul territorio, inventario ottenibile ad esempio con l'ausilio di tecniche di remote sensing.

E qui si evidenzia una nuova possibile applicazione del modello qui proposto, vale a dire la realizzazione di stime di fabbisogno irriguo in tempo reale. Una tale applicazione, attualmente ipotizzabile con step temporali settimanali, si baserebbe sulla disponibilità di dati di precipitazione ed evapotraspirazione delle stazioni che compongono la rete agrometeorologica nonché di dati fenologici derivati dalla rete agrofenologica lombarda.

Riferimenti bibliografici

- Baldoni R., Giardini L., 1989. *Coltivazioni erbacee*. Patron Editore, Bologna.
- Bonciarelli F., 1981. *Agronomia*, Edagricole, Bologna.
- Dooreboos J., Pruitt W.O., 1979, *Guidelines for predicting crop water requirements*, Irrigation and Drainage paper 33, FAO, Roma.
- Essenwanger O.M., 1986. *General climatology - Elements of statistic analysis*, Landsberg Editor in chief, Amsterdam.
- Houghton D., 1985. *Handbook of applied meteorology*, John Wiley e sons, New York.
- Mancini F., 1997. *La preservazione della fertilità per lo sviluppo sostenibile*, AgroAmbiente 3/4, 34-38.
- Mariani L., 1989. *Grid5 - un modello per la stima su base orografica dei campi di temperatura al suolo in Lombardia*, Atti del Convegno Agrometeorologia Agricoltura Ambiente, SIA Firenze
- Mariani L., 1992. *Dispensa di Agrometeorologia*, CLESAV, Milano
- Mariani L. 1995. *Albis I - procedura semplificata per il calcolo del bilancio idrico giornaliero di colture di pieno campo*, ERSAL Milano
- Matheron G., 1973, *The intrinsic random functions and their application*” *Advances in Applied Probability*, 5, 439-468
- Penning de Vries F.W.T., Van Laar H.H., 1982. *Simulation of plant growth and crop production*, PUDOC, Wageningen, NL.

MODELLI AGROMETEOROLOGICI INTEGRATI DA INFORMAZIONI TELERILEVATE: SISP (SYSTÈME INTÉGRÉ DE SUIVI ET PRÉVISION)

di Carlo Di Chiara e Vieri Tarchiani

CeSIA - Accademia dei Georgofili, Firenze

e_mail: vierit@sunserver.iata.fi.cnr.it

Riassunto

Il SISP è stato sviluppato dal CeSIA (Centro di Studio per l'applicazione dell'Informatica in Agricoltura) e dallo IATA (Istituto per l'Analisi Ambientale applicata all'Agricoltura) di Firenze in collaborazione con il Servizio Meteorologico del Niger, il CILSS (Comité International pour la Lutte contre la Secherèsse au Sahel) e la Cooperazione Italiana.

L'obbiettivo principale del SISP è quello di utilizzare ed integrare informazioni provenienti da fonti diverse e differenti procedure di analisi per fornire ai servizi meteorologici nazionali uno strumento di monitoraggio decennale della stagione colturale e provvedere ai sistemi nazionali di allerta rapida informazioni utili sulle condizioni delle colture.

Abstract

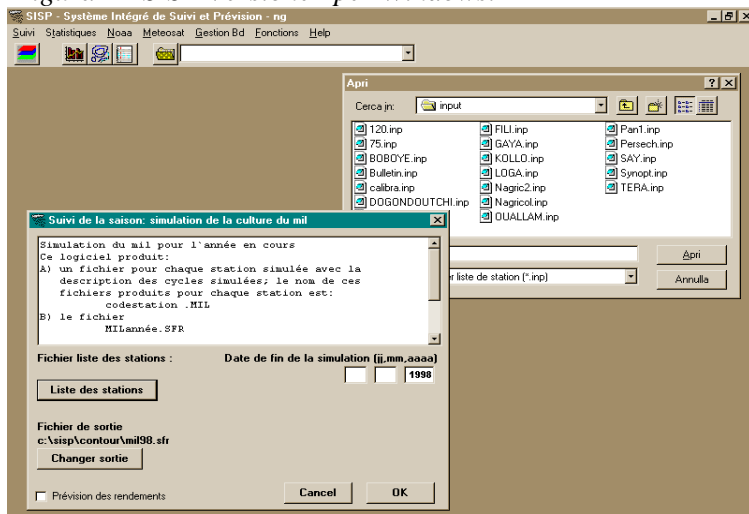
The SISP has been developed by CeSIA (Centre for Informatics Application in Agriculture) and IATA (Institute of Agrometeorology and Environmental Analysis for Agriculture) of Florence in collaboration with the Meteorological Service of Niger, the CILSS (Comité International pour la Lutte contre la Secherèsse au Sahel) and Italian Cooperation Department.

The main aim of SISP is to use and to integrate different information sources and different analysis procedures to allow the meteorological services a dekadal growing season monitoring and to provide national early warning systems with useful information about the evolution of crop conditions.

Introduzione

Per descrivere realtà complesse, come quelle studiate dall'agrometeorologia, e per valutare l'affidabilità dei sistemi previsionali si rende necessario integrare informazioni provenienti

Figura 1 - SISP Versione per Windows.

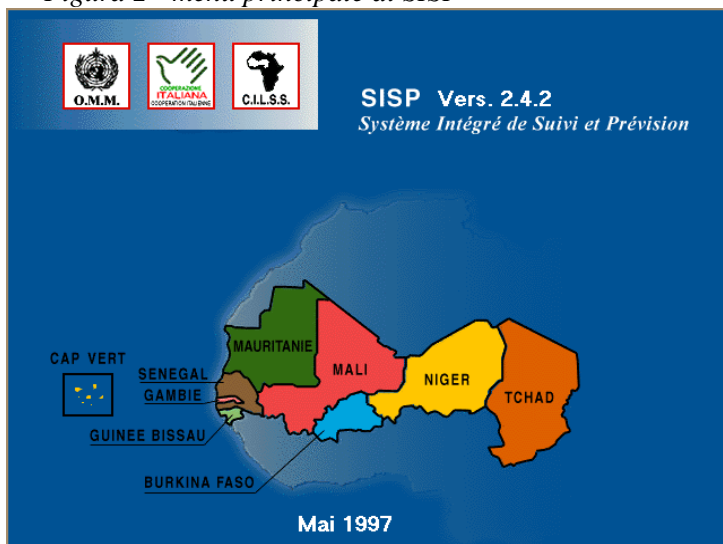


da fonti diverse. Questa integrazione va di pari passo con l'estensione di un approccio multidisciplinare, che è condizione necessaria per una corretta impostazione dei modelli ed un loro impiego adeguato.

Muovendosi in questa direzione, con lo scopo di raggiungere una reale integrazione tra le varie discipline, diventa fondamentale definire un linguaggio comune che renda disponibile tutto il bagaglio conoscitivo apportato dagli operatori del settore.

Il linguaggio scelto per elezione è quello informatico che più di ogni altro facilita il trasferimento delle conoscenze, sia presentandosi all'utente finale con un'interfaccia accattivante che, soprattutto, richiedendo conoscenze tecniche limitate rispetto alla grande capacità informativa derivante dall'uso dei modelli.

Figura 2 - menù principale di SISP



Tutte queste esigenze sono molto sentite soprattutto nei paesi in via di sviluppo, dove spesso la realtà del territorio impone valutazioni complesse a partire da informazioni molto limitate. In questa ottica il CeSIA-Accademia dei Geografici e lo IATA-CNR si sono impegnati a fornire strumenti previsionali efficaci per il calcolo del bilancio idrico e la stima della produttività delle colture.

L'applicazione proposta è quella del SISP, acronimo di *Système Intégré de Suivi et Prévision*, realizzato in collaborazione con il Servizio Meteorologico del Niger e sviluppato per il controllo dell'annata agricola del miglio e per la previsione delle produzioni.

Lo scopo principale di questo programma è proprio quello di integrare diverse sorgenti informative per consentire una valutazione della condizione delle colture in corso di stagione e permettere, in caso di necessità, una rapidità d'intervento altrimenti impossibile.

Il sistema è stato concepito seguendo alcuni criteri di base:

1. Un facile utilizzo da parte degli utenti finali, cioè i tecnici dei Servizi Meteorologici dei paesi del Sahel.

2. La riduzione al minimo degli input necessari al modello, limitando la necessità di dati provenienti da stazioni e osservazioni di campo.
3. La corrispondenza delle unità spaziali con le aree amministrative per facilitare l'interpretazione dei risultati ai diversi livelli decisionali.
4. La presentazione dei risultati finali in formato compatibile con l'edizione decennale dei bollettini agrometeorologici.
5. La possibilità di interfaccia del pacchetto con altri sistemi preesistenti e già utilizzati in quei paesi.

Grande importanza viene data all'interno del modello all'analisi delle piogge, a causa delle particolari condizioni saheliane, per le quali questo fattore spiega da solo oltre il 70% delle variazioni produttive.

Altro fattore noto di estrema rilevanza è la variabilità spaziale, sia delle piogge che della produzione saheliana. Per questo motivo sono state sviluppate procedure di elaborazione di immagini satellitari che consentono di valutare questa variabilità, che non sempre può essere apprezzata tramite l'interpolazione di dati e parametri agrometeorologici.

Architettura del sistema

I principali moduli in cui è organizzato il SISP sono:

1. Modulo di analisi statistica su serie storiche di dati pluviometrici;
2. Modello per la simulazione della coltura del miglio e l'analisi delle precipitazioni della stagione in corso;
3. Modulo per il trattamento delle immagini NOAA-NDVI;
4. Modulo per l'analisi delle immagini Meteosat;
5. Strumenti per la produzione di tabelle, grafici e carte.

Modulo di analisi statistica

Questo modulo ha la funzione di permettere una classificazione agrometeorologica del territorio e di fare un confronto tra i valori attuali e quelli di riferimento.

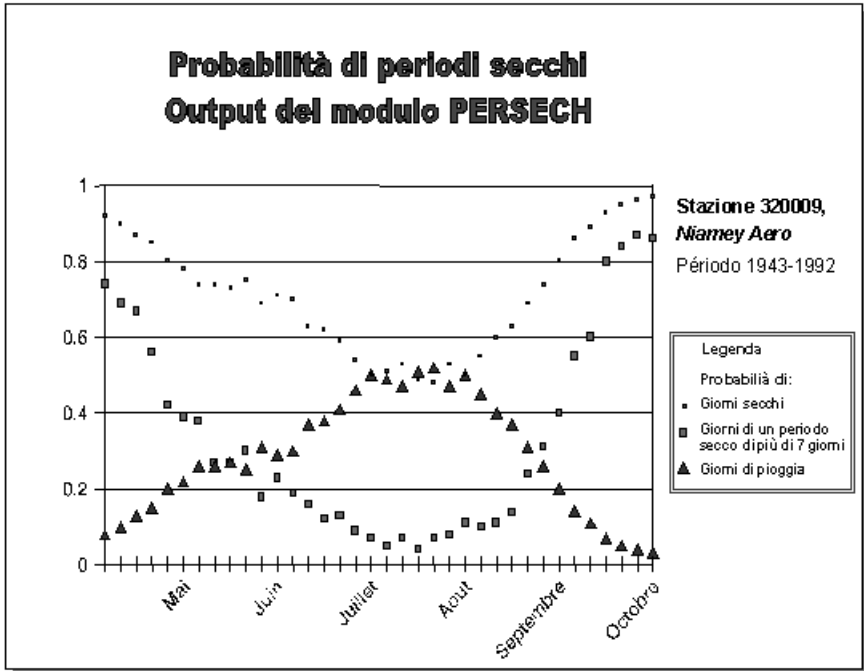


Figura 3 - output PERSECH

Vengono valutati diversi parametri agroclimatologici, attraverso analisi statistiche, per definire i seguenti aspetti a livello di ciascuna stazione:

- L'andamento pluviometrico della stagione in corso rispetto a quella di riferimento (COMPREDEC);
- L'inizio, la fine e la durata della stagione culturale e la frequenza accumulata a diversi livelli di probabilità (STATSAISON);
- La pluviometria media e la stima della probabilità di pioggia per ciascuna decade (STATDEC);
- Il rischio del verificarsi di periodi secchi di differente lunghezza durante la stagione piovosa (PERSECH).

Quindi il sistema, sulla base delle serie storiche, è in grado di indicare le aree a maggior rischio per la produzione e di eseguire una valutazione decadale della situazione per ciascuna zona d'interesse.

Modello di simulazione per la coltura del miglio

Il modello è stato sviluppato considerando gli aspetti più importanti della crescita del miglio. Questi sono:

- L'inizio della stagione delle piogge e la definizione della data di semina;
- La distribuzione delle precipitazioni nel mese successivo alla semina;
- Il bilancio idrico nelle fasi più sensibili della crescita della coltura;
- La lunghezza finale della stagione delle piogge.

Il modello permette all'utente di definire la lista delle stazioni meteorologiche da usare, la varietà di miglio a lunghezza di ciclo vegetativo diversa (75, 90 e 120 gg) e la data di semina. Quest'ultima può anche venire valutata dal sistema stesso in base ad

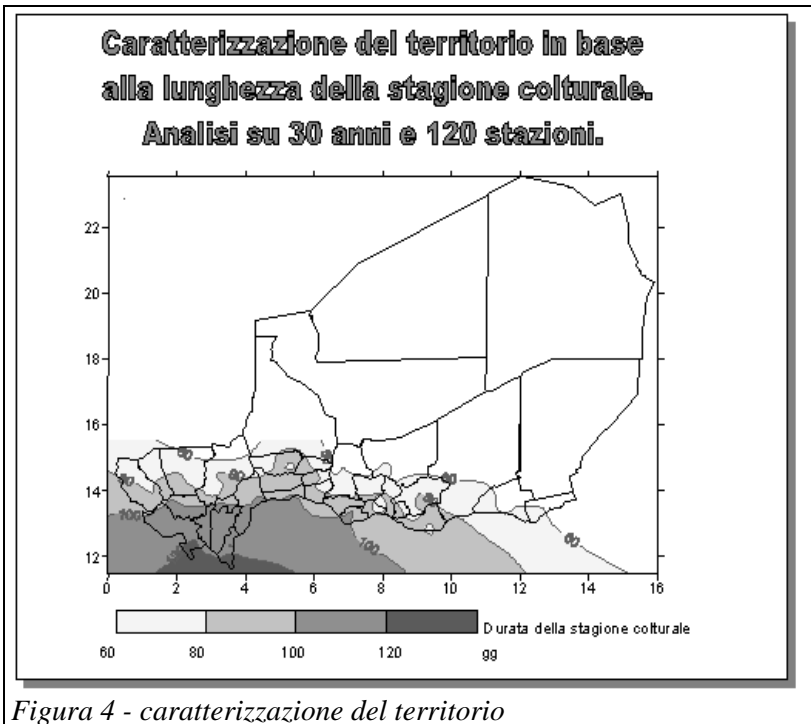


Figura 4 - caratterizzazione del territorio

una soglia di pioggia fornita dall'utente.

Dopo aver determinato la data di semina, il programma esegue un controllo della distribuzione delle piogge e del soddisfacimento delle condizioni di germinazione e attecchimento. Se alla data di semina segue un periodo di siccità il programma considera la semina fallita e ricerca un'altra data utile per la semina.

Le riduzioni di rendimento sono calcolate in funzione del ritardo della semina e del bilancio idrico. Il bilancio idrico è basato sui dati di pioggia di ciascuna stazione e sull'evapotraspirazione reale.

Le differenze della sensibilità del miglio agli stress idrici nel corso del ciclo sono prese in considerazione mediante tre funzioni di riduzione, una per ciascuna fase fenologica: periodo vegetativo (il meno sensibile), fioritura (la più sensibile), fase di maturazione.

La produzione finale viene stimata per ciascuna unità amministrativa, facendo riferimento ai dati storici esistenti.

Modulo per il trattamento delle immagini NOAA-NDVI

Il modulo include una procedura per analizzare immagini NOAA-NDVI, fornite regolarmente dal Centro Agrhymet di Niamey. Lo strumento permette di calibrare le immagini decadali ed estrarre i profili temporali di NDVI per particolari zone di interesse o unità amministrative del paese.

L'analisi dei profili di NDVI viene utilizzata in parallelo al modello di simulazione per seguire lo sviluppo delle colture di miglio, per confermare il periodo di fioritura e le previsioni dei raccolti.

Durante la fase sperimentale questo approccio è stato verificato su 15 siti individuati nel dipartimento di Tillabery e controllati durante l'intera stagione. Sulle colture sono state prese misure fenologiche e di campo ed estratti per gli stessi siti i profili temporali di NDVI. Le osservazioni fenologiche si sono rivelate fortemente correlate con l'evoluzione dell'NDVI ed è stato confermato che la fase di fioritura corrisponde al periodo nel quale è massimo il valore di NDVI nell'intero periodo di crescita. Inoltre la regressione tra il raccolto misurato ed il massimo stagionale di NDVI di ciascun sito ha mostrato che l'NDVI spiega oltre l'87% del raccolto misurato nei 15 siti.

Modulo per l'analisi delle immagini Meteosat

Un modulo per l'elaborazione delle immagini Meteosat è stato sviluppato dal CeSIA separatamente dal sistema ed è in fase di studio

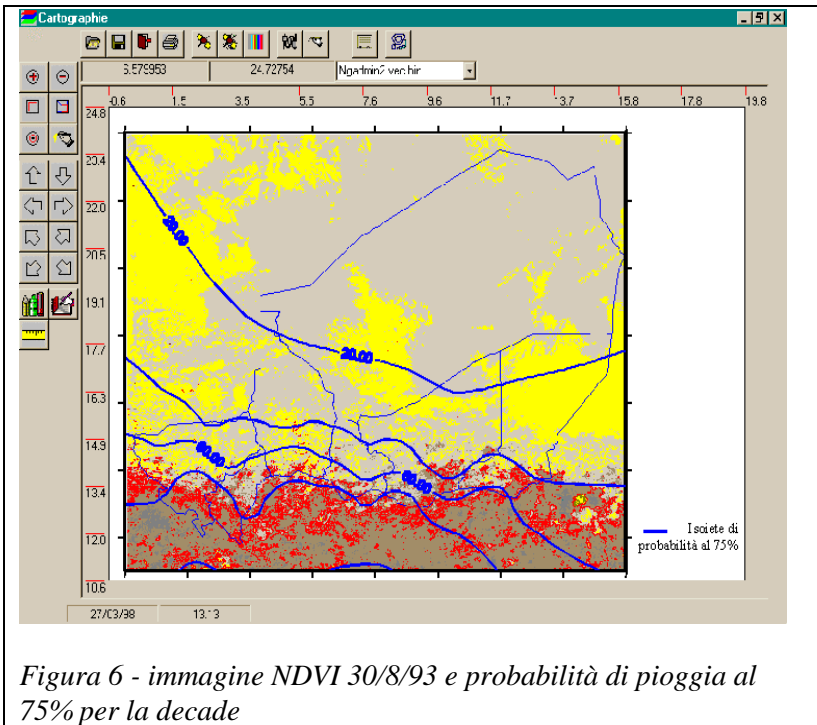


Figura 6 - immagine NDVI 30/8/93 e probabilità di pioggia al 75% per la decade

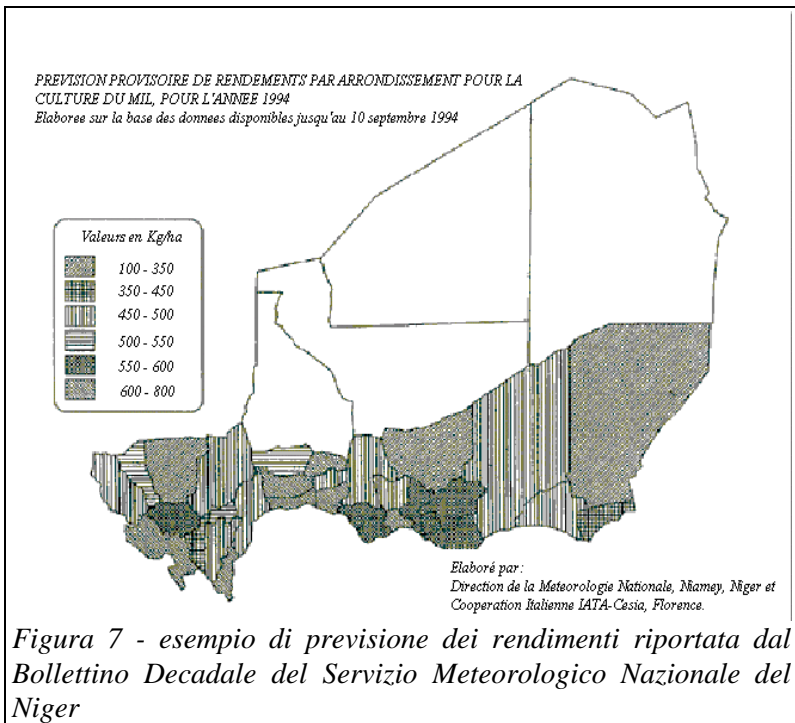
la sua integrazione all'interno del SISP, finalizzato all'identificazione di aree nelle quali la scarsità e cattiva distribuzione delle precipitazioni mettono a rischio i raccolti agricoli.

L'utilità di questo modulo è legata al fatto che lo strumento satellitare mette a disposizione una più precisa analisi spaziale della probabilità di precipitazione.

Conclusioni

Le sintesi dei risultati delle analisi del SISIP sono regolarmente pubblicate nei bollettini agrometeorologici decadali del Servizio Meteorologico Nazionale del Niger, comprese la previsione dei rendimenti e la fine della stagione colturale. Al momento uno dei limiti principali del modello è quello di essere ristretto alla simulazione della crescita del miglio e di essere stato sviluppato in base a dati fenologici e a varietà locali particolari dell'ambiente nigerino.

Ciò nonostante si sta lavorando per l'estensione del SISIP anche ad altri paesi saheliani, quali il Mali, il Burkina Faso ed il Senegal. Inoltre è allo studio l'introduzione di modelli di analisi dello sviluppo di altre colture di rilievo per la regione saheliana.



CRITERIA - UN SISTEMA PER LA GESTIONE TERRITORIALE DEL BILANCIO IDRICO

di Franco Zinoni, Vittorio Marletto e Giorgio Ducco

ARPA Emilia-Romagna, Servizio Meteorologico Regionale, Bologna

Riassunto

CRITERIA è un modello matematico per la simulazione del bilancio idrico dei suoli e del trasporto di nitrati e pesticidi. L'interfaccia geografica di CRITERIA, sviluppata in C++ e in Visual Basic, può essere eseguita su pc con il sistema operativo Windows NT. Esiste anche una versione non geografica, sviluppata in VB per Windows 95, disponibile per lo sviluppo ed il controllo di modelli. Il database di CRITERIA include una mappa digitale dei suoli dell'Emilia Romagna, fornita dal Servizio Cartografico, un insieme di parametri dei suoli derivato da rilievi in campo e misure di laboratorio, un insieme di parametri colturali ed una base di dati meteorologici disponibili sia nella forma originale che come interpolazioni spaziali. L'impostazione del modello prevede procedure per l'infiltrazione, l'evaporazione e la traspirazione, il ruscellamento, la percolazione, la risalita capillare, l'espansione del manto vegetale e l'approfondimento radicale. Anche il destino dei fitofarmaci e dei concimi azotati, introdotti per mezzo di apposite storie colturali, può essere seguito con le simulazioni sia in tempo reale, seguendo l'aggiornamento dei dati meteorologici, sia in tempo differito, utilizzando serie storiche anche su periodi di anni. L'interpolazione spaziale dei dati consente l'esecuzione ininterrotta delle simulazioni anche in presenza di interruzioni nelle serie dei dati meteorologici di stazione. L'insieme delle simulazioni da eseguire viene prodotto automaticamente dal sistema una volta che l'utente abbia definito l'area di interesse e le colture da seguire. Mappe dei risultati riferite a diverse storie colturali vengono prodotte con facilità, così come grafici e tabelle riferite a località selezionate sulla mappa. CRITERIA può essere usato per la gestione irrigua, per la gestione ambientale e per la programmazione territoriale.

Abstract

CRITERIA is a mathematical model for the simulation of soil water balance and of transport of nitrates and pesticides. The geographical interface to CRITERIA, developed in C++ and Visual Basic, can be run on personal computers with Windows NT. A non geographical version of CRITERIA written in VB for Windows 95 is also available for model development and testing. The CRITERIA database includes a digital soil map of Emilia Romagna, provided by the Cartographic Service, a soil parameter set produced by means of field trials and laboratory assays, a set of crop parameters and a set of weather data available both in original and spatially interpolated forms. The model includes procedures for the simulation of infiltration, evaporation and transpiration, runoff, deep drainage, capillary rise, canopy expansion and root deepening. Pesticide and nitrogen fate can also be simulated, following a set of crop treatment data provided by the user or available as default. Simulations can be performed both in real time (i.e. following the flow of weather data provided by the stations) or on historical data sets extending over any number of years. Spatial interpolation of data allows no interruption of the simulations due to the lack of data in a particular weather station. The simulation set is automatically produced by the program once the user has defined the areas of interest and the crops to follow. Maps of the simulation results referring to different crop histories can be easily obtained, together with graphs and tables referring to specific locations on the map. CRITERIA can be used for irrigation management, landscape management and environmental protection.

Introduzione

Fattori tecnologici quali l'ampia disponibilità di dati meteorologici e di modelli matematici, combinati con la grande potenza di calcolo acquisibile attualmente con un pc di taglia media, consentono ai servizi pubblici di affrontare i problemi ambientali in agricoltura con un taglio quantitativo e geografico. CRITERIA (Controllo delle

Riserve Idriche Territoriali per la Riduzione dell'Impatto ambientale in Agricoltura) costituisce un tentativo in questa direzione: il progetto riunisce infatti agrometeorologi e pedologi della Regione Emilia Romagna nello sforzo di produrre uno strumento informatico utilizzabile da entrambi per lo studio della vulnerabilità ambientale dei suoli e per la ricerca di soluzioni operative a problematiche quali l'uso corretto dell'acqua irrigua, lo spandimento controllato dei liquami zootecnici e la riduzione del rischio di contaminazione delle falde con fitofarmaci.

L'interfaccia utente

CRITERIA consente di configurare delle conduzioni colturali standard per le colture più importanti (Figura 1). In questo modo per ogni coltura vengono definite le operazioni colturali in termini di giorno dell'anno oppure come data relativa (intervallo di giorni precedente o susseguente ad un'altra operazione colturale).

Una storia colturale può quindi essere definita come l'associazione ad un anno particolare (o ad una serie di anni) di una o più colture standard, con la possibilità di modificare le informazioni così preparate e di aggiungerne altre (Figura 2). Una volta definite le storie colturali, esse vanno associate al territorio che, a questo scopo viene considerato suddiviso in maglie regolari (Figura 3). La dimensione della maglia (tipicamente 5 x 5 km) è la stessa alla quale viene effettuata l'interpolazione spaziale dei dati meteorologici.

La cartografia digitale dei suoli, disponibile in forma vettoriale, viene rasterizzata dal programma alla scala dell'unità territoriale di simulazione scelta dall'utente (tipicamente 1 x 1 km). Le unità di simulazione (Figura 4) vengono poi individuate automaticamente dal programma e si differenziano per maglia meteorologica, storia colturale e tipo di suolo. I parametri tecnici per ogni tipo di suolo sono anch'essi facilmente accessibili dall'utente. Il programma consente la costruzione automatica di profili di suolo stratificati secondo le indicazioni dell'utente. E' anche possibile la gestione di strati parzialmente permeabili per seguire i fenomeni di infiltrazione ostacolata dall'incrostamento o dalla suola d'aratro.

L'esecuzione della simulazione è condizionata dalle scelte dell'utente in merito ai moduli del modello da attivare (Figura 5) e dalla situazione dei dati meteorologici: il modello infatti può essere eseguito sia per stagioni complete con dati meteorologici storici, sia in tempo reale, aggiornando contemporaneamente sia i dati meteorologici che il modello.

Per quanto riguarda i dati meteorologici il programma consente l'importazione di precipitazioni, evapotraspirazione potenziale e temperature sia da punto stazione che da analisi territoriale (p.e. sulla griglia del sistema informativo agricolo regionale GIAS). Comunque i dati vengono interpolati spazialmente grazie ad un apposito modulo interno e possono essere controllati con diversi strumenti grafici e geografici.

Il modello

Il modello è caratterizzato da una struttura altamente modulare e autodocumentata, nel senso che la lettura del codice è facilitata da apposite intestazioni e liste di variabili. L'interfaccia prevede la possibilità di attivazione dei moduli (risalita capillare, fessurazione...) in funzione dei dati disponibili e dell'impiego previsto per la simulazione. Sono inoltre possibili alternative di calcolo all'interno dei moduli usando diversi approcci (p.e. diverse formule per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale o della temperatura nel suolo). Il modello è il frutto di un lavoro interno al gruppo ed è il risultato dell'aggregazione di materiale bibliografico ed originale di cui è stata, per quanto possibile, effettuata una calibrazione e verifica sul territorio. Sono già state effettuate estensioni del modello a diversi campi applicativi (irrigazione, fertilizzazione, vulnerabilità territoriale, incendi, valutazione di scenari e di tecniche colturali) che dimostrano le potenzialità di un sistema aperto come CRITERIA.

La simulazione dell'evoluzione di sostanze chimiche introdotte nel sistema agricolo (fitofarmaci e sostanze nutritive) è attualmente il settore di maggiore attività del progetto, mentre l'integrazione di

CRITERIA con il sistema informativo agricolo regionale dell'Emilia Romagna costituisce il traguardo per il 1999.

Risultati

Le simulazioni producono una grande quantità di dati relativi alla situazione colturale (profondità delle radici, LAI) alle condizioni idriche del suolo (umidità lungo il profilo, deficit idrico) ai flussi verso i corpi idrici (drenaggio profondo, ruscellamento superficiale e ipodermico) e alle condizioni agroambientali (irrigazione, dilavamento fitofarmaci, percolazione nutrienti).

Andamenti Colturali Standard

Cultura: Classe di Precocità:

Lavorazione: Semina:

Volume Irriguo: (mm)

Aratura: Giorno dell'anno (negativo = anno precedente)

Epicatura: Giorni dalla semina (valore negativo)

Semina: Giorno dell'anno (negativo = anno precedente)

Pulitura: Giorni dalla semina

Sarchiatura: Giorni dalla semina

Raccolta: Giorni massimi dalla semina (dato facoltativo)

Figura 1 - CRITERIA: impostazione di una conduzione colturale standard.

Per ogni grandezza, data, parametro e coltura simulata sono accessibili mappe e grafici (Figura 6). Tra i grafici segnaliamo in particolare quelli relativi ai profili verticali di umidità e deficit idrico.

Figura 2 - CRITERIA: impostazione di una storia colturale

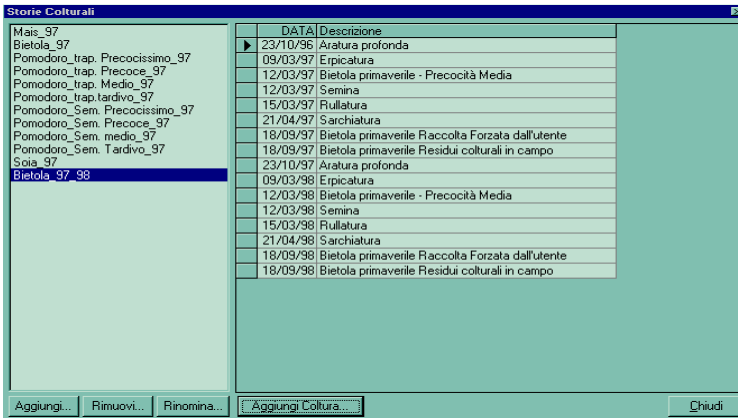
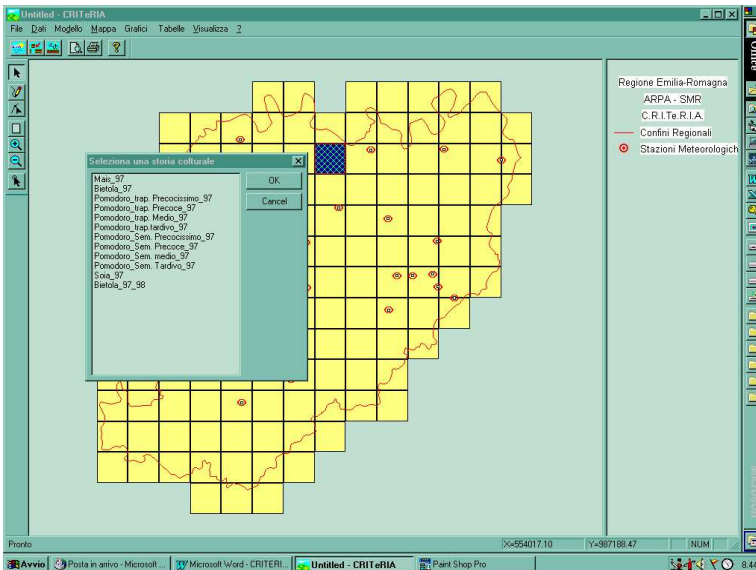


Figura 3 - CRITERIA: associazione di storie colturali ad una maglia della griglia di interpolazione meteorologica



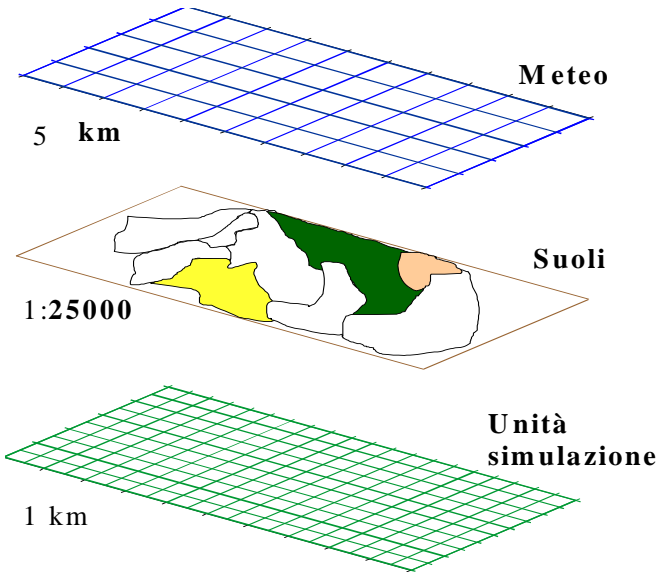


Figura 4 - CRITERIA: esempio di stratificazione delle informazioni necessarie alla simulazione territoriale.

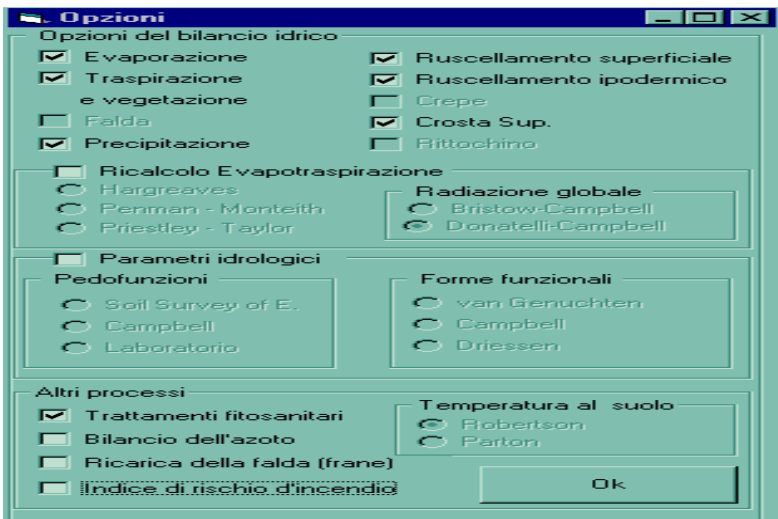


Figura 5 - CRITERIA: modulo per l'attivazione delle diverse porzioni del modello e per la selezione di metodi alternativi di calcolo

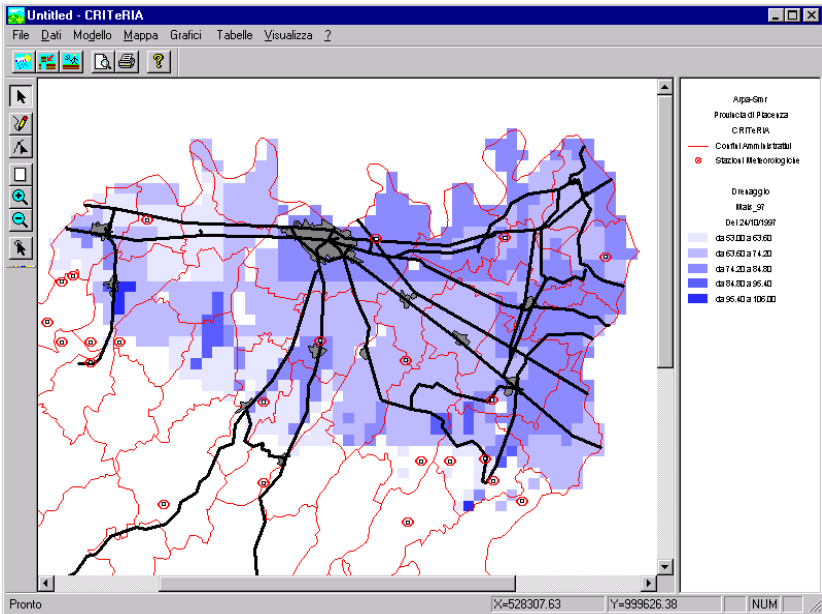


Figura 6 – CRITERIA: simulazione del flusso di drenaggio profondo (mm) verso il sottosuolo al 24 ottobre 1997, nell'ipotesi di coltura di mais, sul territorio pianeggiante piacentino. Le unità di simulazione sono di 1x1 km e differiscono per caratteristiche del suolo e valori di precipitazione. I valori si riferiscono ad una simulazione su uno spessore di suolo di 2 m.

IRRIGAZIONE GUIDATA AZIENDALE: QUALI STRUMENTI PER LA DIFFUSIONE DEI CONSIGLI IRRIGUI ?

Di Andrea Cicogna e Marco Gani

Centro Servizi Agrometeorologici per il Friuli - Venezia Giulia

e_mail: cicogna@agromet.ersa.fvg.it

Riassunto

In Friuli - Venezia Giulia dal 1997 il CSA gestisce per conto dell'ERSA un servizio di irrigazione guidata territoriale. Tale servizio si avvale per il calcolo dei bilanci idrici del programma Bidrico2. La pianura della regione è stata suddivisa in 15 zone, in ognuna delle quali sono stati individuati 8-10 terreni tipici. Durante la stagione irrigua per ogni combinazione vengono eseguiti i bilanci idrici per mais, soia e girasole, nell'ipotesi che l'ultima irrigazione sia avvenuta 5, 10, 15 giorni prima, oppure non sia stata eseguita alcuna irrigazione. Per ogni combinazione (scenario) viene determinata la data consigliata per il successivo intervento irriguo. I consigli irrigui, riassunti in tabelle, vengono messi in onda sulle pagine teletext di un emittente locale.

Abstract

Since 1997 the CSA manages an extension service for the scheduling of irrigation; the service was created on behalf of ERSAs (Regional Board for Agricultural Development of Friuli - Venezia Giulia region).

The computation of water balance is carried out using the software Bidrico2. The irrigated plain of our region is subdivided into 15 zones, in each of which we have considered some typical soils (from 8 to 10). During the whole irrigation season the water balance is computed for maize, soybean and sunflower, following the hypothesis that the last irrigation has been done 5, 10 or 15 days before or never. For each scenario produced by the combination of crop, soil and date of last irrigation we calculate the date for the next irrigation. The irrigation suggestions are saved in tables and broadcast making use of the teletext pages of a local TV station.

Premessa

Quanta acqua c'è nel terreno, per quanti giorni la riserva idrica del suolo potrà soddisfare le esigenze delle colture nell'ipotesi che non piova ?

A queste domande, che l'operatore agricolo si pone durante la stagione irrigua, la ricerca in agrometeorologia da tempo ha dato delle risposte attraverso strumenti che possono aiutare l'agricoltore in una gestione razionale dell'irrigazione. Lo strumento principe dell'irrigazione "guidata" è il metodo del bilancio idrico, che utilizzando dei modelli matematici simula la dinamica dell'acqua nel terreno.

Nella sua concezione più semplice il bilancio idrico può essere visualizzato come un libro mastro dove viene contabilizzata l'acqua che entra ed esce dalla "cassa", che in questo caso non è un conto corrente bancario, bensì il terreno. Ogni giorno si analizzano le entrate (piogge, risalita capillare, irrigazioni) e le uscite (percolazione ruscellamento evapotraspirazione). Infine si può valutare il " residuo di cassa", cioè l'acqua contenuta nel terreno.

Tale approccio dal punto di vista scientifico e tecnico risulta ormai consolidato e innumerevoli sono gli esempi di modelli applicativi.

Il trasferimento di queste tecniche al livello aziendale non è però così semplice, almeno nel panorama dell'agricoltura del Friuli - Venezia Giulia.

L'irrigazione guidata in Friuli - Venezia Giulia

Il Friuli - Venezia Giulia è una regione che viene comunemente definita piovosa. Si deve però tener conto dell'estrema variabilità del regime pluviometrico regionale, con piogge molto elevate in montagna (fino a 3.000 mm/anno), ma abbastanza modeste lungo la costa (poco più di 1.000 mm/anno).

Durante il periodo estivo le piogge non sono sempre sufficienti a soddisfare le esigenze delle colture e in particolare nei mesi di luglio ed agosto si verificano consistenti deficit idrici: mediamente in questi 2 mesi le richieste delle colture superano di 200-250 mm le piogge (deficit pluviometrico) (Giovanardi, 1987).

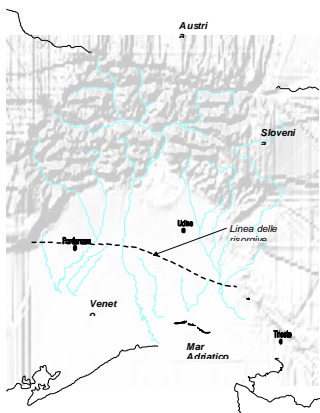


Figura 1 - la pianura friulana a nord della linea delle risorgive è caratterizzata da terreni sciolti ricchi di scheletro e poco profondi; a sud i terreni sono pesanti e profondi.

La siccità si fa più sentire nei terreni poco profondi e ricchi di scheletro posti prevalentemente nella parte settentrionale della pianura friulana, a nord della cosiddetta linea delle risorgive (fig. 1). In questi terreni la riserva idrica è molto limitata e quindi l'irrigazione resta una pratica imprescindibile per garantire produzioni costanti negli anni.

In questo panorama l'ERSA (Ente Regionale per lo Sviluppo e la Promozione dell'Agricoltura del Friuli - Venezia Giulia), attraverso il CSA (Centro Servizi Agrometeorologici per il Friuli - Venezia Giulia), ormai dal 1990 ha impostato una serie di azioni che hanno come scopo ultimo l'ottimizzare la pratica irrigua in regione.

Il primo passo di questo lavoro è stata la sperimentazione, in collaborazione con il Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie dell'Università di Udine, del modello BIDRICO 2 (Danuso et al., 1994 -1995).

Il Modello BIDRICO 2

BIDRICO è un software che, utilizzando il metodo del bilancio idrico, effettua la stima dello stato idrico del terreno in funzione delle condizioni ambientali (variabili meteorologiche, caratteristiche del terreno), colturali ed agronomiche, stabilendo i fabbisogni idrici e suggerendo i criteri di intervento irriguo (epoca e volumi). Fornisce inoltre una stima della riduzione di produzione delle colture conseguente ad una carenza idrica.

Il modello deriva da quello realizzato da Danuso e Giovanardi nel 1992 e si basa sul lavoro di Driessen (1986) per quanto riguarda infiltrazione, scorrimento superficiale e percolazione. Il calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_o), se richiesto, è realizzato secondo il metodo di Blaney-Criddle modificato dalla FAO (Doorembos e Pruitt, 1977). L'evapotraspirato massimo deriva da ET_o tramite l'impiego dei coefficienti colturali. Gli apporti idrici da falda sottosuperficiale sono stati ottenuti con il metodo proposto da Rijtema (1969) e modificato da Driessen (1986).

Il programma permette all'operatore di modificare tutti i parametri del modello e presenta quindi una elevata flessibilità d'uso, potendosi adattare alle situazioni specifiche di ambiente, coltura e tecnica colturale.

Il programma richiede l'inserimento dei valori giornalieri di precipitazione, temperatura minima e massima dell'aria e profondità della falda (se accessibile alla coltura), nonché di una serie di parametri caratterizzanti terreno e coltura. Opzionalmente possono essere inseriti anche l'evapotraspirazione di riferimento (calcolata con qualunque metodo) e l'intensità media giornaliera di pioggia.

I risultati forniti dal modello sono: approfondimento radicale, umidità e riserva idrica dello strato di terreno superficiale esplorato dalle radici, riserva facilmente utilizzabile (RFU), deficit irriguo, durata prevista per l'esaurimento della RFU ed infine resa relativa potenziale ed effettiva.

Il servizio irriguo guidato

Il successivo passo compiuto è stato quello di cercare di diffondere il programma Bidrico2 presso le aziende agricole ed i tecnici.

Ci si è presto resi conto che la richiesta che veniva dal mondo agricolo non era tanto quella di un programma informatico per il calcolo del bilancio idrico, che richiedeva l'uso di un computer, di una sufficiente preparazione informatica....

Figura 2 - esempio di un consiglio irriguo inviato via fax alle aziende aderenti al Servizio Irriguo Guidato

ERSA-CSA Agrometeo Friuli-V.G. Servizio Irriguo Guidato 1997 - tel. 0431-35721

Azienda: Az. Agr. PINCO- BASILIANO

Nome: PINCO

Unità irrigua: CAPPE Coltura: MAIS Data compilazione bilancio (*) : 28/ 8

Previsione dell'andamento della RFU in assenza di irrigazioni e precipitazioni

Giorno dell'anno	Umidità del suolo (%)	RFU	
29/ 8		24.8	35.6
30/ 8		24.4	
34.5			
31/ 8		24.0	33.3
1/ 9		23.7	33.7
2/ 9		23.5	
32.3			
3/ 9		23.2	
31.5			
4/ 9		22.9	
30.7			

Deficit idrico rispetto alla Capacità di Campo: 0.5 (mm)

Durata della riserva idrica facilmente utilizzabile: >7 GIORNI

Consiglio irriguo: NON E' RICHIESTA IRRIGAZIONE PER I PROSSIMI 7 GG.

Unità irrigua: LARGA_NORD Coltura: Soia Data compilazione bilancio (*) : 28/ 8

Previsione dell'andamento della RFU in assenza di irrigazioni e precipitazioni

Giorno dell'anno	Umidità del suolo (%)	RFU	
29/ 8		24.8	35.7
30/ 8		24.4	34.6
31/ 8		24.0	33.5
1/ 9		23.8	33.2
2/ 9		23.5	32.5
3/ 9		23.3	31.7
4/ 9		23.0	30.9

*Deficit idrico rispetto alla Capacità di Campo: 0.5 (mm)
 Durata della riserva idrica facilmente utilizzabile: >7 GIORNI
 Consiglio irriguo: NON E' RICHIESTA IRRIGAZIONE PER I PROSSIMI
 7 GG.*

 CENTRO METEO Ersa - PREVISIONI METEO PER IL FRIULI-
 VENEZIA GIULIA

SABATO 30-08-1997 attendibilità 70% : su tutta la regione, al
 mattino, cielo in genere sereno e atmosfera decisamente fresca. In
 giornata prevalenza di cielo poco nuvoloso su tutte le zone. Sul mare,
 al mattino, non si esclude la possibilità di qualche residuo temporale.

DOMENICA 31-08-1997 attendibilità 70% : Su tutta la regione bel
 tempo con cielo sereno o poco nuvoloso e venti di brezza.

TENDENZA PER LUNEDI':

cielo sereno o poco nuvoloso su tutta la regione.

ATTENZIONE Verificare Le registrazioni di Pioggia del 25/8 e
 comunicare eventuali variazioni

Quello che veniva richiesto era invece un Servizio Irriguo che richiedesse da parte dell'utente poco impegno in termini di tempo e di investimenti e che desse nel contempo risposte semplici e di immediata applicabilità.

A partire dall'estate del 1994 (Cicogna et al. 1994) si è dato il via al Servizio Irriguo Guidato per le aziende, che prevedeva l'elaborazione dei bilanci idrici presso il CSA. I bilanci idrici venivano elaborati sulla base delle informazioni fornite dalle aziende (pioggia, irrigazione, coltura, terreno...) e a queste venivano poi inviati i consigli irrigui (fig. 2).

Lo scambio di informazioni avveniva via fax e quindi necessitava di un notevole impegno da parte del centro di elaborazione in termini di tempo e lavoro. Seguendo questa metodologia è stato possibile estendere il Servizio solo ad un numero limitato di aziende regionali.

Un ulteriore sviluppo è stato quello di rendere fruibile al maggior numero possibile di aziende il Servizio di Irrigazione Guidata,

secondo metodologie diverse e facilmente accessibili a una vasta utenza.

L'irrigazione guidata territoriale: alcuni esempi

In Italia non sono molte le esperienze di irrigazione guidata allargate a un gran numero di utenti: si può menzionare il servizio offerto dalla Bonifica Renana (Regione Emilia Romagna) tramite il sistema Videotel (servizio ora sospeso) o mediante Internet (servizio IRRINET). Questi sistemi consentono l'interattività tra azienda e centro di elaborazione. Le aziende possono così comunicare le irrigazioni effettuate o le piogge verificatesi e automaticamente dal centro di elaborazione viene determinata e comunicata la data prevista per l'intervento irriguo. In genere tali servizi richiedono da parte dell'utente una buona conoscenza di sistemi telematici e informatici e questo, evidentemente, limita il bacino di utenza.

Un altro approccio è quello di passare da un bilancio idrico puntuale a dei bilanci irrigui per "aree omogenee". In questo caso il centro di elaborazione dovrà disporre di una mappa pluviometrica e di una mappa pedologica adeguata. La dimensione delle aree omogenee sarà diversa a seconda della precisione delle mappe di piogge e di quelle pedologiche. Strumenti di tale genere possono essere usati, oltre che per l'irrigazione guidata, anche per avere delle informazioni di tipo generale su ampi territori. In questo filone si inserisce per esempio "Criteria", un software ideato dal Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia Romagna (Marletto et al., 1994)

Utilizzando un approccio di questo tipo il CSIM (Centro Sperimentale per l'Idrologia e la Meteorologia) del Veneto emette dei consigli per l'irrigazione in aree omogenee che vengono poi diffusi mediante bollettini (Agrometeo informa) inviati per posta (Giardini et al., 1996). Questo sistema non è interattivo; ciò vuol dire che l'informazione fluisce solo dal centro di elaborazione alle aziende e non viceversa. Purtroppo proprio perché le aziende non comunicano con il centro di elaborazione, quest'ultimo non dispone di un dato essenziale per l'esecuzione del bilancio idrico, cioè della tecnica irrigua attuata dall'agricoltore. Per ovviare a questo limite

tutti i consigli irrigui partono dall'ipotesi che le precedenti irrigazioni consigliate siano state realmente eseguite dalle aziende.

Una nuova ipotesi di lavoro: gli scenari irrigui

E' intuitivo che in un certo territorio ogni singola unità colturale sarà caratterizzata da una specifica combinazione di terreno, coltura e tecnica irrigua. D'altro canto è anche vero che in un territorio limitato tutte le infinite possibili combinazioni variano entro limiti ben definiti: i tipi di terreni sono compresi in una gamma più o meno ampia ma comunque limitata, lo stadio di sviluppo di una coltura nei diversi appezzamenti è spesso molto simile ed i periodi in cui vengono eseguiti eventuali interventi irrigui sono spesso coincidenti, anche perché condizionati dai turni imposti dai consorzi di bonifica. In buona misura si può individuare una serie limitata di situazione tipiche, ognuna definita da una combinazione di coltura, terreno e tecnica irrigua, che descrivono completamente il territorio in esame. Per quanto riguarda l'irrigazione è possibile ipotizzare una serie di scenari irrigui dove, data una combinazione coltura - terreno, la data dell'ultima irrigazione viene imposta in un giorno prestabilito. Per ognuno di questi scenari può essere calcolato il bilancio idrico, che fornirà un diverso consiglio irriguo (data della prossima irrigazione). Tra questi scenari l'agricoltore potrà scegliere quello più vicino alla sua realtà di campo o, eventualmente, mediare le informazioni tra due situazioni simili alla propria.

Il mezzo di comunicazione più adatto per diffondere consigli irrigui di questo tipo sembra essere oggi il sistema teletext (televideo) che consente di arrivare nelle case di buona parte degli agricoltori a costo nullo e in tempi rapidi.

La struttura del Servizio Irriguo Territoriale per il Friuli-Venezia Giulia

Sulla base delle considerazioni sopra esposte dal 1997 il CSA, utilizzando il sistema teletext (televideo) dell'emittente televisiva Telefriuli, ha reso disponibile un Servizio Irriguo Territoriale che permette di avere informazioni irrigue per aree omogenee in tutta la Regione.

Figura 3 - pagina Teletext di Telefriul: suddivisione della pianura friulana in aree omogenee ed elenco delle pagine con i consigli irrigui



Il Servizio Irriguo Territoriale è strutturato come segue:

1. La pianura friulana è suddivisa in 15 zone (fig. 3) ad ognuna delle quali corrisponde una stazione meteorologica dell'ERSA. Grazie a questa rete di stazioni è possibile stimare in ogni zona le piogge e i consumi delle colture.
2. In ogni zona sono individuati i terreni più tipici.
3. Per ogni terreno vengono eseguiti i bilanci idrici per le colture di mais, soia e girasole, con il calcolo della riserva idrica e della sua durata.
4. Per quanto riguarda le irrigazioni vengono prese in esame quattro ipotesi:
 - non sono mai state eseguite irrigazioni;

- l'ultima irrigazione è stata effettuata da 15 giorni;
 - l'ultima irrigazione è stata effettuata da 10 giorni;
 - l'ultima irrigazione è stata effettuata da 5 giorni.
5. Dal valore della riserva idrica e dalla sua durata viene calcolata la DATA presunta in cui è consigliato l'intervento irriguo.
1. Le date di irrigazione vengono inserite in tabelle riepilogative (fig. 4) e quotidianamente aggiornate e messe in linea sul teletext di Telefriuli.

Come si legge una pagina teletext con i consigli irrigui

Una pagina con i consigli irrigui è riportata in figura 4. Nell'intestazione, evidenziata dal fondino blu (in grigio chiaro nella figura), vengono indicate:

- la data in cui è stato eseguito il bilancio idrico;
- la zona di riferimento;
- la coltura (mais, soia o girasole).

Al di sotto dell'intestazione è riportata una tabella in cui nelle righe vengono indicati 6-8 terreni tipici della zona, mentre nelle colonne vengono riportate 4 diverse ipotesi per l'irrigazione. All'incrocio tra le righe e le colonne vengono indicate le date consigliate per il prossimo intervento irriguo. In sostituzione della data può essere presente una barretta blu (grigio chiaro in figura 4), nel caso in cui l'intervento irriguo debba essere posizionato a più di 10 giorni di distanza, oppure una barretta rossa (grigio scuro in figura 4) nel caso in cui la coltura sia già in stress e sia quindi necessario intervenire subito.

Per meglio spiegare come si leggono le pagine dei comunicati irrigui si riporta il seguente esempio: si ipotizza di avere un'azienda posta a Gradisca d'Isonzo in cui si coltiva mais su terreno franco caratterizzato da una buona profondità e dove l'ultima irrigazione è stata effettuata l'11 luglio. Nel bollettino irriguo emanato il 21 luglio la data suggerita per l'irrigazione sarà quella del 25 luglio (fig. 4).

Nel caso invece che l'ultima irrigazione sia stata eseguita il 7 luglio, cioè 3 giorni prima rispetto ad una delle date indicate, sarà

sufficiente anticipare di 3 giorni la data indicata per il successivo intervento irriguo.

Si potrà procedere in modo analogo per una infinità di situazioni simili, anche nel caso in cui l'azienda si trovi a cavallo tra zone meteorologicamente diverse: il confronto incrociato dei dati potrà fornire l'indicazione della data per il successivo intervento irriguo.

Figura 4 - pagina Teletext di Telefriuli: date consigliate per la prossima irrigazione su mais in funzione di diversi tipi di terreno e della data dell'ultimo intervento irriguo

ERSA-CSA-IRRIGAZIONE GUIDATA:				
Elaborazione del.....		21/07/1997		
Zona di GRADISCA		Coltura MAIS		
DATA STIMATA PROSSIMA IRRIGAZIONE				
Ultima irrigazione effettuata il.....	16/7	11/7	6/7	MAI
Terreni profondi senza sassi				
Franco	30/7	25/7	21/7	=====
Limoso	30/7	27/7	22/7	=====
Argilloso	30/7	25/7	25/7	=====
Sabbioso	25/7	=====	=====	=====
Terreni profondi con 30% di sassi				
Franco	27/7	22/7	=====	=====
Limoso	30/7	25/7	=====	=====
Argilloso	30/7	28/7	23/7	=====
Sabbioso	22/7	=====	=====	=====
===== prossima irrigazione dopo il 31/7				
===== irrigare prima possibile!				
segue SOIA e GIRASOLE-->				

Conclusioni

Un servizio di questo tipo (a scenari) non può essere esaustivo di tutte le situazioni che la variegata realtà agricola propone, poiché nella compilazione dei bilanci idrici si devono fare delle semplificazioni che riguardano, ad esempio, il ciclo delle colture (medio per ogni zona) o i volumi d'adacquamento, che si ipotizzano tali da riportare i terreni alla capacità di campo.

Ciononostante il contributo alle aziende di un servizio di questo tipo non è trascurabile, specie in termini di programmazione delle irrigazioni e quindi di tutte le attività aziendali.

Inoltre, il sistema utilizzato per la diffusione delle informazione (teletext) presenta tre caratteristiche estremamente interessanti

(costo nullo per l'utente, ampia diffusione e semplicità d'uso) che lo distinguono dal panorama degli altri sistemi informativi, tanto da rendere opportuno lo sviluppo di nuovi servizi applicativi.

Bibliografia

- Cicogna A. (1997). *Un nuovo servizio di irrigazione per il Friuli-V.G.* Notiziario Ersa 3: 33-36
- Cicogna A., Gani M., Danuso F., Giovanardi R., (1994). *Servizio Irriguo Guidato: Un anno di Sperimentazione.* Notiziario Ersa 5.6:43-47
- Danuso F., Contin M., Gani M., Giovanardi R., (1992). *Bidrico (Bilancio idrico colturale, versione 1.0), manuale d'uso e di riferimento.* ed. ERSA Gorizia
- Danuso F., Gani M., Giovanardi R., (1995). *Field water balance : Bidrico 2. Crop -Water-Simulation Models in Practice.* Wageningen Pers 49-73
- Danuso F., Contin M., Gani M., Giovanardi R., (1994). *Bidrico: Un supporto informatico alle decisioni irrigue.* Infr. Agr., 20: 45-49.
- Giardini L., Berti A., Zanin G. (1996). *Bollettino informativo per una agricoltura caratterizzata da bassi rilasci di nutrienti e fitofarmaci.* Anno 1995. Atti convegno nazionale: Nuovi scenari in Meteorologia - C.S.I.M. Regione Veneto 60-86
- Giovanardi R. (1987). *Utilizzazione agronomica di un servizio agronomico nel Friuli-Venezia Giulia. Studio di Fattibilità di un Servizio Agrometeorologico regionale,* allegato n. 5
- Marletto V., Zinoni F. (1994). *Criteria: un modello per l'idrologia e la salvaguardia Ambientale.* Aer 5:11-12

ALLEGATO 1

CENSIMENTO DEI PRODOTTI EMESSI DAI SERVIZI AGROMETEOROLOGICI

a cura di Luigi Mariani

e mail: mariani_volpi@iol.it

Generalità

Il censimento svolto dall'AIAM si è concluso il 31 gennaio 1998 ed è stato basato su una scheda di rilevamento alquanto semplice e che risponde all'esigenza di ottenere indicazioni sintetiche. In sostanza è stata richiesta unicamente una descrizione sintetica del prodotto oltre alla frequenza, ai destinatari ed ai mezzi di diffusione dell'informazione. Da evidenziare che il censimento costituisce una novità per l'Italia in quanto non siamo a conoscenza di iniziative analoghe realizzate in passato.

La raccolta delle informazioni è avvenuta in modo pressoché totale attraverso internet, il che mostra l'idoneità di tale strumento per la raccolta rapida e l'aggiornamento in tempo reale delle informazioni tecniche.

Considerazioni sui dati raccolti

Le schede di censimento sono raccolte nella tabella 1 e danno un sintetico quadro dei prodotti emessi dai servizi agrometeorologici operanti a livello nazionale e regionale. Per consentire una analisi quantitativa dei risultati ottenuti dal censimento è stata realizzata la tabella 2, che esprime una sintesi a livello regionale e nazionale dei prodotti e delle emissioni.

Nella realizzazione della tabella 2 è stata adottata la convenzione di indicare una emissione per ogni tipo di prodotto diffuso, per cui ad esempio se in una regione vi è una sola emittente televisiva che diffonde sia il bollettino meteorologico che quello agrometeorologico nella colonna "TV" si è riportato il valore 2. Nel caso poi di giornali quotidiani con più edizioni provinciali, come nel caso del Veneto, si è scelto di contare una emissione per ogni edizione.

A livello nazionale che il mezzo più importante per numero di emissioni è quello televisivo (ben 53 emissioni), seguito dalle emittenti radio (46), dalla carta stampata (39) e dal televideo (17).

Dalla tabella 2 si nota poi che la regione con il maggior numero di emissioni è la Lombardia (58), seguita dal Friuli - Venezia Giulia, dall'Emilia Romagna, dalla Toscana e dal Veneto. Se tuttavia ponderiamo i dati in funzione della popolazione esprimendo i risultati come numero di emissioni per milione di abitanti (tabella 3), primeggia il Friuli Venezia Giulia con oltre 31 emissioni per milione, seguito dal Trentino con oltre 20 emissioni, dall'Emilia Romagna con 8.5 emissioni e quindi dalla Toscana, dalla Lombardia e dall'Abruzzo.

E' ovvio che tanto le valutazioni a livello nazionale che quelle a livello regionale presentano un importante limite, in quanto non considerano la audience dei mass media considerati.

Un ulteriore limite dell'indagine svolta è legato al fatto che sono stati considerati tanto prodotti agrometeorologici "puri" (suscettibili di impiego nel solo ambito agricolo) che prodotti meteorologici di più generale interesse e per i quali quella agricola costituisce solo una frazione dell'utenza totale.

A livello di mezzi di comunicazione utilizzati per la diffusione dei prodotti dei servizi si noti inoltre:

1. il diffondersi di nuove tecnologie (Internet, Fax on demand);
2. il sopravvivere di tecnologie tradizionali che tuttavia in ambito locale mantengono una loro efficacia (posta, bacheche);
3. la quasi totale scomparsa del VIDEOTEL (solo il Trentino lo cita come mezzo di diffusione dell'informazione), mezzo telematico sul quale fino a pochi anni orsono si erano concentrati investimenti di rilievo da parte di organismi nazionali e regionali.

Discussione

Il quadro che si evince dalla pur sommaria analisi dei dati del censimento risulta di grande interesse e la diffusione delle schede può consentire una migliore conoscenza delle disponibilità di informazioni agrometeorologiche.

In relazione a ciò è intenzione dell'AIAM quella di aggiornare periodicamente il censimento in modo da garantire uno strumento conoscitivo alla comunità agrometeorologica nazionale ed agli utenti dei servizi di agrometeorologia.

Ringraziamenti e considerazioni conclusive

Voglio ringraziare tutti coloro che hanno fornito informazioni per questo censimento. Mi preme anche di scusarmi per eventuali omissioni, che sono del tutto involontarie. Chiunque riscontrasse inesattezze o imprecisioni nei dati presentati è pregato di segnalarmelo.

TABELLA 1 - raccolta delle schede di censimento pervenute (aggiornate al 31 gennaio 1998)

PRODOTTI NAZIONALI (Ministero per le Politiche Agricole - UCEA)

Prodotto 1	<i>Bollettino Agrometeorologico Nazionale</i>
Frequenza	<i>mensile (inizio diffusione gennaio 1993)</i>
Destinatari	<i>circa 1000 [Enti Istituzionali (Ministeri, Ass-ti all'Agricoltura) Università e tecnici operanti nel settore agrometeorologico]</i>
Mezzi di diffusione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>spedizione in abbonamento postale</i> • <i>sito internet</i> <i>(www.inea.it/ucea/uceaind.htm)</i>

Prodotto 2	<i>Modello numerico ad area limitata per previsioni meteo (DALAM)</i>
Frequenza	<i>disponibilità continua</i>
Destinatari	<i>Servizi Agrometeorologici Regionali, Enti vari</i>
Mezzi di diffusione	<i>collegamento telematico</i>

Prodotto 3	<i>Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (BDAN)</i>
Frequenza	<i>disponibilità continua</i>
Destinatari	<i>Servizi Agrometeorologici Regionali, Enti vari</i>
Mezzi di diffusione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>collegamento telematico</i> • <i>sito internet</i> <i>(www.inea.it/ucea/uceaind.htm)</i>

ABRUZZO (ARSSA - segnalazioni a cura di Domenico Giuliani)

Prodotto 1	<i>notiziario tecnico (comprendente: bollettino fitopatologico, borsa merci di</i>
-------------------	--

	<i>Pescara, le notizie su regolamenti comunitari e attività dimostrative ARSSA, previsioni meteo locali e riepilogo dati meteo settimana precedente)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale, nel periodo 1/4 - 30/9, mensile sul resto dell'anno</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, cooperative e comuni del comprensorio di Vasto.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>posta, fax, televideo (rete 8)</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>bollettino meteorologico per il territorio regionale.</i>
<i>Frequenza</i>	<i>bisettimanale.</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tecnici, cooperative, consorzi di bonifica, alcuni comuni, Enti vari.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>fax, televideo (rete 8)</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>bollettino agrometeo regionale (con dati meteo giornalieri della rete automatica e meccanica, le elaborazioni su alcuni parametri meteo e il confronto tra i dati del mese e la serie storica dello stesso periodo per alcune stazioni).</i>
<i>Frequenza</i>	<i>mensile.</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tecnici, Enti vari.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>posta</i>

CAMPANIA (Regione Campania - Ass.to Agricoltura - segnalazioni a cura di Giuseppe R. Mazzeo)

<i>Prodotto 1</i>	<i>bollettino agrometeorologico</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>uffici periferici dell'assessorato agricoltura che usano i dati meteo per la redazione del bollettino fitosanitario locale.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>telefax</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>bollettino televideo - da lunedì a venerdì: temperature rilevate in alcune località della regione alle ore 12 sabato e domenica: riepilogo meteorologico della settimana</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tutti i possessori di tv con scheda televideo</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>televideo regionale di RAI3</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>riepilogo meteorologico mensile</i>
<i>Frequenza</i>	<i>mensile</i>
<i>Destinatari</i>	<i>operatori del mondo agricolo a vario titolo</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>rivista mensile dell'Assessorato agricoltura (tiratura: 11.000 copie in abbonamento)</i>

<i>Prodotto 4</i>	<i>riepilogo dei dati meteo e fenologici rilevati</i>
<i>Frequenza</i>	<i>annuale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>operatori del mondo agricolo a vario titolo</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>posta</i>

<i>Prodotto 5</i>	<i>bollettino di previsioni meteo (prodotto</i>
-------------------	---

	<i>sperimentale)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>due volte la settimana</i>
<i>Destinatari</i>	<i>operatori del mondo agricolo a vario titolo; uffici regionali</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>telefax - televideo</i>

EMILIA ROMAGNA (ARPA E-Romagna - segnalazioni a cura di Vittorio Marletto)

<i>Prodotto 1</i>	<i>Bollettino meteorologico regionale</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Quotidiano (salvo la domenica)</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Sezioni Agrometeo Locali, utenza generale</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<p><i>Internet</i> <i>(http://www.arpamet.regione.emilia-romagna.it,</i> <i>http://www.arpamet.regione.emilia-romagna.it)</i></p> <p><i>Fax, Risponditore telefonico (incluso fax on demand), MeteoVetrina (nelle sedi ARPA di Bologna)· l'Unità-Mattina</i></p> <p><i>Radio locali</i> <i>(RadioBologna101, RadioBolognaInternational, RadioBudrioBologna, RadioCentroEmilia, RadioCittàdelCapo, RadioElleEmilia, RadioEuropa104, Radiolnn, RadioJam, RadioNettunoOndaLibera, RadioS·MarinoRTV, RadioSoundRavenna, RadioTauParma, RadioSabbia, ModenaRadioCity, MUsicBoyNetwork, OasiRadio-Emilia-Romagna) , tv locali (TeleEstense, TeleRadioVenere, TeleImola, , TeleModena, TeleRadioCittà, TeleReggio, TeleSanterno, TvParma, ReteEmiliaParma, VideoTaro),·</i></p>

<i>Prodotto 2</i>	<i>Previsioni numeriche ad area limitata</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Quotidiana</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Tecnici responsabili del progetto regionale Produzione Integrata, altri utenti agricoli</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Internet (http://www.arpamet.regione.emilia-romagna.it, http://www.arpamet.regione.emilia-romagna.it oppure http://www.cineca.it)</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>Bollettino Agrometeorologico Regionale</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Tecnici responsabili del progetto regionale Produzione Integrata, altri utenti agricoli</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Consegna diretta alle riunioni regionali del progetto Produzione Integrata Internet (www.arpamet.regione.emilia-romagna.it)</i>

<i>Prodotto 4</i>	<i>AER - rivista di meteorologia, agrometeorologia e ambiente (la rivista è in chiusura; dati e informazioni saranno allegati al nuovo mensile dell'ARPA previsto per il 1998).</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Mensile</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Utenza agricola e generale</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Abbonamento e diffusione in libreria</i>

*FRIULI - VENEZIA GIULIA (CSA Friuli - segnalazioni a cura di
Andrea Cicogna)*

<i>Prodotto 1</i>	<i>previsioni meteorologiche</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, Enti vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Diffusione via fax (circa 100 utenze), Giornali 3 Quotidiani (messaggero Veneto-Piccolo-Gazzettino) + 1 settimanale- Radio - RAI + 16 radio locali; Televisione Rai + 8 televisioni locali; Televideo 1 televisione (telefriuli); ufficio stampa regionale + ANSA; Internet (sito WWW.agromet.ersa.fvg.it); risponditore telefonico.</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>previsioni nivo - meteorologiche</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Uff. regionale Valanghe - Aziende di Promozione Turistica</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Diffusione via fax</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>dati meteorologici</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Agricoltori tecnici Enti vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Radio Internet (sito WWW.agromet.ersa.fvg.it); televideo (1Televisione); fax</i>

<i>Prodotto 4</i>	<i>Servizio irrigazione guidata - date di irrigazione a scala aziendale, consortile, territoriale</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Nel periodo irriguo: Bisettimanale, giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Aziende, consorzi di bonifica</i>
<i>Mezzi di</i>	<i>Fax, Teletext</i>

<i>diffusione</i>	
-------------------	--

<i>Prodotto 5</i>	<i>Bollettini agrometeorologici</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale o bisettimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, servizi tecnici, istituti agrari, pubblica amministrazione</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Fax , giornali (Gazzettino), teletext (Telefriuli)</i>

<i>Prodotto 6</i>	<i>Analisi Agroclimatologiche</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Bimestrale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, servizi tecnici, istituti agrari, pubblica amministrazione, vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Notiziario ERSA - Rubrica di Agrometeorologia</i>

LOMBARDIA (ERSAL - segnalazioni a cura di Luigi Mariani)

<i>Prodotto 1</i>	<i>bollettino agrometeorologico regionale</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, Enti vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>telefax per invio ad utenti istituzionali vari, Fax on demand (ERSAL: - 02/26415401)</i>
<i>Prodotto 2</i>	<i>bollettini agrometeorologici per le provincie di Bergamo, Brescia, Mantova e Sondrio</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, Enti vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Quotidiani (Eco di Bergamo, Il Cittadino di Lodi, Il Giornale di Brescia, La Gazzetta di Mantova e La Voce di Mantova), settimanali (Il Nuovo Torrazzo, Mondo Padano) 4 Televideo (Teletutto, Studio</i>

	<p>TVI - Bergamo).</p> <p>Risponditori telefonici: Provincia di Bergamo (035/234192), Provincia di Brescia (030/3749399), Codima di Mantova (1672-36147), Centro Fojanini-50 (0342/512958-513449).</p> <p>Bacheche degli Ispettorati Agrari (STAP) e delle Organizzazioni Professionali Agricole.</p> <p>Telefax per invio ad utenti istituzionali vari.</p>
--	--

Prodotto 3	<i>bollettino di previsioni meteorologiche</i>
Frequenza	<i>giornaliera (dal lunedì al sabato)</i>
Destinatari	<i>agricoltori, tecnici, Enti vari, utenti extra-agricoli</i>
Mezzi di diffusione	<p>Quotidiani (Il Giornale di Brescia, Avvenire, L'Unità, La Notte, Il Giorno, Il Cittadino di Lodi), settimanali (Mondo Padano, L'Informatore Lomellino, L'Informatore Vigevanese), emittenti televisive (Telegarda, Teletutto, Brescia Telenord, Teleonessa, Telecitv, Telesettelaghi, Espansione TV, Telestar Lombardia, Italia 8, Telecolor, Telereporter, TV Libera, TR5 Vailate, SEI Milano, Telestudio 3, Tele Sol Regina, Unica Lombardia), emittenti radiofoniche (Antenna 5, Radio Antenna Est, Radio Centrale, Radio Pavia, Radio Popolare, Radio Cantù), televideo (Telelombardia, Telecitv, Telenova e Antenna 3), risponditori telefonici (ERSAL - 02/26417409, Provincia di Brescia - 030/3749399, CODIMA di Mantova - 1672-36147), Fax on demand (ERSAL: - 02/26415401), telefax per</p>

	<i>invio ad utenti istituzionali vari</i>
--	---

<i>Prodotto 4</i>	<i>Commento climatico all'annata agraria</i>
<i>Frequenza</i>	<i>annuale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, Enti vari, utenti extra-agricoli</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di posta</i>

<i>Prodotto 5</i>	<i>Bollettino di orientamento allo spandimento dei liquami</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera (da lunedì a sabato) nel periodo da dicembre a febbraio.</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, tecnici, 60 fra Aziende Sanitarie Locali, STAP (ex Ispettorati Agrari) e Enti Pubblici vari.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di telefax, Fax on demand (ERSAL: - 02/26415401).</i>

MARCHE (ESAM - segnalazioni a cura di Giuliano Vitali - Dip. Agronomia Univ. Bologna - ed Ettore Marchegiani - ESAM distaccato all'Osservatorio Geofisico di Macerata-)

<i>Prodotto 1</i>	<i>bollettini agrometeorologici per le provincie di Ancona, Ascoli Piceno e Macerata.</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori e tecnici.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di Fax diffuso dall' ESAM su richiesta allo stesso ente (071/8081)</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>bollettino agrometeorologico regionale</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di Televideo RAI 3 Regionale pag. 520</i>

SARDEGNA (SAR Sardegna - segnalazioni a cura di Fabio Micale)

<i>Prodotto 1</i>	<i>Previsioni meteo regionali</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tutti i cittadini</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>quotidiano "L'Unione Sarda", pagine WEB (www.sar.sardegna.it), Dipartimento Protezione Civile, Azienda Foreste Demaniali, Servizio Antincendio, Prefetture, Enti pubblici e di ricerca, TV locale "Sardegna 1", Radio Locale "Radio Internazionale", televideo, ecc..</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>Nota agrometeo divulgativa</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori professionisti e part-time</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>quotidiano "L'Unione Sarda", pagine WEB</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>Bollettino agrometeorologico Circondariali (Cagliari, Nuoro, Oristano, Sassari, Tempio Pausania, Lanusei e Carbonia)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>Tecnici Servizio Assistenza Tecnica ERSAT</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Intranet</i>

<i>Prodotto 4</i>	<i>Prodotto: Bollettino agrometeorologico Circondariali (Cagliari, Nuoro, Oristano, Sassari, Tempio Pausania, Lanusei e Carbonia) in collaborazione con Tecnici servizio Assistenza Tecnica ERSAT</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori professionisti e part-time</i>

<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di</i>	<i>Locandine e bacheche presso Comuni, bar, oltre 40 sedi ERSAT, fax, fotocopie, ecc., per un totale di oltre 1.000 punti di diffusione</i>
----------------------------	-----------	---

<i>Prodotto 5</i>	<i>Riepilogo mensile (con allegato l'Indice di verde - NDVI)</i>	
<i>Frequenza</i>	<i>mensile</i>	
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, professionisti, università, ricerca, enti</i>	
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di</i>	<i>stampa a colori con invio postale</i>

TOSCANA (ARSIA - segnalazioni a cura di Nicola Musetti)

<i>Prodotto 1</i>	<i>dati ed elaborazioni agrometeorologiche (dati orari e giornalieri, elaborazioni decadali, mensili ecc.)</i>	
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera / settimanale</i>	
<i>Destinatari</i>	<i>utenti agricoli (OOPP agricole, aziende, consorzi) e forestali (CFS, coop forestali, Uff. Agr. Pubblici ecc.) - Enti di ricerca (Università, Istituti) - utenti extragricoli (mass media (*), privati, INPS)</i>	
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>di</i>	<i>e_mail - fax - posta - fax on demand (050/8006222)</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>report mensile sull'andamento meteo climatico in Toscana</i>	
<i>Frequenza</i>	<i>mensile</i>	
<i>Destinatari</i>	<i>utenti agricolo-forestali -utenti extragricoli (mass media, Enti Prot. Civile ecc.) -privati e liberi professionisti</i>	

<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>posta - Internet (sito internet http://arsia.toscana.it) - E-mail</i>
----------------------------	--

<i>Prodotto 3</i>	<i>bollettini meteo</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>utenti agricoli e forestali (OOPP agricole, aziende, consorzi, CFS, coop. forestali, Uff. Agricoli Pubblici ecc.) - utenti extragricoli (mass media (*), privati, enti turistici ecc.)</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Internet (sito internet http://arsia.toscana.it) - fax - fax on demand (050/8006222)</i>

(*) fra i mass media utenti del servizio sono da segnalare: 3 quotidiani, di cui 2 a livello regionale (Il Tirreno, Il Corriere di Arezzo) e 1 a livello nazionale (l'Unità - inserto Mattina) - 12 Televisioni private regionali (Canale 10, Teleitalia ecc.) - 5 radio private regionali (Radio Monte Serra, Radio Italia 5 ecc.)

TRENTINO (Prov. Aut. di Trento - Ist. Agrario S. Michele a/A - segnalazioni a cura di Giambattista Toller)

<i>Prodotto 1</i>	<i>Servizio irrigazione guidata interattivamente: a scala aziendale, e consortile. Viene gestito da Assessorato Agricoltura, Ente per lo Sviluppo dell'Agricoltura Trentina (ESAT) e Istituto Agrario di S. Michele a/A. Controlli periodici di verifica in campagna vengono fatti con TDR</i>
<i>Frequenza</i>	<i>Nel periodo irriguo: giornaliera</i>

<i>Destinatari</i>	<i>Aziende , consorzi di bonifica</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Videotel (dal 98 anche internet);</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>Divulgazione dati utili alla gestione irrigua (pioggia, evapotraspirazione di riferimento)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>giornaliera, settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, servizi tecnici</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>televideo (TCA) - giornaliera; Notiziario ESAT - settimanale</i>

..

<i>Prodotto 3</i>	<i>Divulgazione dati utili alla lotta antiparassitaria(ticchiolatura del melo, fitofagi); in collaborazione con ESAT; risultati di calcolo di modelli matematici ; gradi giorno.</i>
<i>Frequenza</i>	<i>bisettimanale.</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tecnici, Enti vari.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>internet www.ismaa.it/html/ita/meteo</i>

<i>Prodotto 4</i>	<i>Divulgazione dati meteorologici generali;</i>
<i>Frequenza</i>	<i>oraria, giornaliera</i>
<i>Destinatari</i>	<i>tecnici, utenti vari.</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>internet www.ismaa.it/html/ita/meteo: grafici e tabelle con aggiornamento orario dei dati; televideo (TCA) aggiornamento giornaliero</i>

<i>Prodotto 5</i>	<i>Bollettino Meteorologico, prodotto in collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento (Uff. Neve, Valanghe e Meteorologia, Uff. Idrografico) e divulgato sotto il marchio "METEO TRENTO"</i>
-------------------	---

<i>Frequenza</i>	<i>giornaliero</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori, pubblica amministrazione, vari</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>risponditore telefonico multilinea (num verde 1678 50077;); self-fax; telefax per invio ad utenti istituzionali vari; internet; radio locali;</i>

VENETO (Regione Veneto - CSIM - segnalazioni a cura del dott. Terranova)

<i>Prodotto 1</i>	<i>Bollettino agrometeorologico (risoluzione provinciale)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>tre volte alla settimana da maggio ad agosto; frequenza minore nei restanti mesi</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori e tecnici</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Fax on demand 049-9925409 - Bbs (Bulletin Board System)-INTERNET http://www.campiello.it/csim_teolo/csim.htm - Televideo Di Telepadova pag. 340 e seguenti - 6 quotidiani locali: Arena (Vr); Il Mattino (Pd); La nuova Venezia (Ve); La Tribuna (Tv); Il Resto del Carlino (Ro); Il Gazzettino (6 edizioni provinciali)</i>

<i>Prodotto 2</i>	<i>Bollettino agrometeoinforma (risoluzione per aree agroclimaticamente omogenee - in media 4-5 per provincia)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>due volte alla settimana da febbraio a settembre</i>
<i>Destinatari</i>	<i>agricoltori e tecnici</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Fax on demand 049-9925409 - diffusione via Posta:</i>

<i>Prodotto 3</i>	<i>Bollettino agrometeorologico tv (risoluzione regionale)</i>
<i>Frequenza</i>	<i>settimanale</i>
<i>Destinatari</i>	<i>utenza generalizzata</i>
<i>Mezzi di diffusione</i>	<i>Trasmissione "Verde a Nord-Est" delle emittenti Telechiara, Diffusione Europea, Tele-Bassano, Tele-Belluno, Teliko.</i>

Tabella 2 - sintesi delle emissioni dei prodotti censiti.

REGIONI	Prodotti censiti	MEZZI DI DIFFUSIONE						
		Gior- nali(*)	TV	Radi- o	Tele- video	Telef- ax	Altri (**)	Tota- le
<i>Abruzzo</i>	3				2	2	2	6
<i>Campania</i>	5	1			2	2	1	6
<i>E-Romagna</i>	4	1	10	17			4	32
<i>Friuli V.G.</i>	3	6	8	17	3	2	2	38
<i>Lombardia</i>	5	16	17	6	5	4	10	58
<i>Marche</i>	2				1	1	0	2
<i>Sardegna</i>	5		1	1	1	2	2	7
<i>Toscana</i>	3	3	12	5		1	7	28
<i>Trentino</i>	5	1			2	1	5	9
<i>Veneto</i>	3	11	5		1		4	21
Totale	38	39	53	46	17	15	37	207

(*) Giornali = quotidiani e periodici

Tabella 3 - emissioni in funzione della popolazione regionale

	abitanti (milioni)	emissioni	emissioni/mil- ione di abitanti
<i>Abruzzo</i>	1.2	6	5.0
<i>Campania</i>	5.4	6	1.1
<i>E. Romagna</i>	3.8	32	8.4
<i>Friuli V.G.</i>	1.2	38	31.7
<i>Lombardia</i>	8.9	58	6.5
<i>Marche</i>	1.4	2	1.4
<i>Sardegna</i>	1.6	7	4.4
<i>Toscana</i>	3.6	28	7.8
<i>Trentino</i>	0.4	9	22.5
<i>Veneto</i>	4.3	21	4.9

ALLEGATO 2

CENSIMENTO DEI RILEVAMENTI AGROFENOLOGICI IN ITALIA NEL 1998

a cura di Luigi Mariani

e mail: mariani_volpi@iol.it

Generalità

Le due tabelle allegate danno un sintetico quadro delle attività di monitoraggio agro-fenologico attualmente presenti nel nostro Paese. Motivo incidentale per iniziare una tale raccolta di informazioni è stata la necessità di rispondere ad un questionario sulla fenologia diffuso dal Hungarian Meteorological Service per conto dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale e che mi era stato trasmesso dal collega Bindi del Cesia. Pertanto lo schema del questionario distribuito ha seguito pari pari quello dell'OMM.

Tuttavia non tutti i dati che compaiono nelle tabelle allegate sono stati trasmessi all'OMM (il questionario è stato inoltrato il 20 gennaio 1998) in quanto alcune schede mi sono state trasmesse con ritardo ed il censimento si è di fatto chiuso solo a fine febbraio 1998.

Da segnalare che la raccolta delle informazioni è avvenuta in modo pressoché totale attraverso internet il che mostra l'idoneità di tale strumento per la raccolta rapida e l'aggiornamento in tempo reale di informazioni tecniche, come già evidenziato nel caso del *censimento dei prodotti emessi dai servizi agrometeo.*

Considerazioni sui dati raccolti

Il monitoraggio agrofenologico fornisce uno strato informativo ineliminabile per i servizi agrometeorologici e dunque i dati sul suo stato agrofenologico costituiscono di fatto una cartina di tornasole per evidenziare lo "stato di salute" dell'agrometeorologia in Italia.

In particolare dai dati raccolti si evidenzia una situazione meno negativa di quella percepita in precedenza da molti operatori del settore.

Dal censimento emerge infatti una insospettata vitalità del rilevamento agro-fenologico in Italia, fatto espresso in modo sintetico dal numero totale dei punti di rilevamento censiti (563). Si tratta dunque di una realtà di tutto rispetto anche se ci appare lontana dai livelli raggiunti nei primi anni '90, allorché la superficie soggetta a monitoraggio agro-fenologico era ben superiore a quella attuale essendo attivi specifici monitoraggi in Emilia Romagna, Friuli - Venezia Giulia, Piemonte e Toscana.

La vera novità che emerge dai dati raccolti è il lodevole attivismo delle regioni del Centro-Sud (Sardegna, Sicilia, Campania) che costituiscono oggi la nuova frontiera dell'agrofologia in Italia, mentre si evidenzia il persistere delle esperienze "storiche" di Trentino e Lombardia.

Conclusioni

La questione che si pone di fronte a tali dati è come consolidare l'agrofologia italiana dando una prospettiva alle attività in corso. Da tale punto di vista è fondamentale a mio parere **1)** investire nella messa a punto di efficaci metodologie di interpretazione dei dati derivanti dal monitoraggio agrofologico (e qui appare vitale il collegamento fra attività operative di servizio e attività di ricerca) **2)** puntare alla valorizzazione dei dati agrofologici ad ogni livello (tanto a livello di tecnico rilevatore che di struttura di accentrimento locale e regionale) **3)** garantire contatti costanti fra le strutture regionali impegnate in agrofologia.

Ringraziamenti

Si ringraziano per le informazioni fornite Maurizio Borin (Università di Padova), Andrea Cicogna (CSA Friuli), Marina Lombardo (Regione Sicilia), Pietro Ferrari Istituto di S.Michele all'Adige – Tn), Fabio Micale (SAR Sardegna), Graziano Lazzaroni (Ersal Lombardia) e Rosario Mazzeo (Regione Campania).

Tabella 1 - sintesi delle informazioni raccolte

<i>Regione o Provincia</i>	TRENTINO	SARDEGNA	LOMBARDIA	CAMPANIA	SICILIA
<i>Riferimento</i>	P. Ferrari	F. Micale	G. Lazzaroni	R. Mazzeo	M. Lombardo, A. Drago
<i>Culture osservate</i>	Melo (Golden delicious) e vite (Chardonnay, Schiava grossa, Cabernet Sauvignon, Merlot, Riesling)	Arboree (olivo, vite, agrumi) ed erbacee (frumento duro, pomodoro, carciofo)	Arboree (melo, pero, pesco, vite, olivo) ed erbacee (frumento, orzo, mais, soia, riso, bietola, pomodoro)	Vite, olivo, pesco, melo, nocciolo	Olivo
<i>Punti di rilevamento 1997</i>	3	175	190	113	82
<i>Ente</i>	Istituto Agrario di S. Michele all' Adige (Centro sperimentale)	Servizio agrometeorologico regionale	Ersal	Regione Campania	Regione Siciliana
<i>Area dominata dal rilevamento</i>	=	Tutta la regione	Territorio di pianura (circa il 40% della regione)	Tutta la regione	Tutta la regione
<i>Anno inizio</i>	1986 per il melo, 1986 per la vite	1996	1989	1990 (ma solo dal 1997 si opera con criteri omogenei)	1997
<i>Categoria</i>	Aziende	Aziende	Aziende	Aziende	Aziende

<i>delle stazioni</i>	sperimentali	agricole "ordinarie" per l'area in esame	agricole "ordinarie" per l'area in esame	agricole	agricole
<i>Rilevatori</i>	Tecnici agrari coordinati da un agronomo	Prevalentemente agronomi, alcuni periti agrari	Agronomi e periti agrari	Tecnici agricoli (60% agronomi-40% diplomati)	Agronomi e periti agrari
<i>Periodo di osservazione</i>	Tutto il periodo vegetativo, (inverno escluso)	Annuale per le colture arboree, stagionale per le erbacee annuali	Annuale per le arboree, stagionale per le erbacee annuali	Febbraio - novembre	Annuale
<i>Frequenza delle osservazioni</i>	Da decadica a pentadica fino a tre giorni per le fasi più rapide.	Settimanale	Settimanale	Settimanale	Da quindicinale a settimanale
<i>Mezzi di accentramento delle informazioni</i>	=	Terminali remoti	Telefono, telefax	Visita diretta in azienda, compilazione e schede, trasmissione e delle stesse al Centro Agrometeo Regionale a fine campagna rilievi	Le schede compilate vengono trasmesse al centro a fine campagna rilievi

<i>Eventuali rilievi sulle pratiche colturali e produzioni</i>	Rilievi fatti su colture trattate con fertilizzanti e fitofarmaci secondo le direttive della produzione "integrata", (compreso il computo della produzione finale per pianta)	Si (lavorazioni, concimazioni, irrigazioni, pratiche colturali, ecc.)	Si (lavorazioni, concimazioni, irrigazioni, pratiche colturali, ecc.)	No	Si
--	---	---	---	----	----

Tabella 2 - sintesi delle informazioni raccolte

<i>Regione o Provincia</i>	TRENTINO	SARDEGNA	LOMBARDIA	CAMPANIA	SICILIA
<i>N° medio di piante osservate per ogni rilevamento</i>	Melo: 10 piante per azienda (2 aziende) e per cultivar; vite: 6 piante per azienda (1 azienda) e per cultivar.	"A vista" su tutta l'area (min. 1 ha) per le erbacee, almeno il 5% del numero di piante ad ettaro (min.10 piante) per le arboree	"A vista" su tutta l'area per le erbacee, dieci piante come minimo per le arboree	Almeno il 60% delle piante presenti nell'appezzamento	Almeno 10 piante per appezzamento
<i>Eventuali cambiamenti nel metodo di osservazione</i>	No	No	E' cambiato nel 1992 (le scale sono comunque confrontabili)	E' cambiato nel corso degli anni. Dal 1997 è stato standardizzato. Rilievi comparabili al 40% con gli anni precedenti	No. Solo lievi modifiche apportate alle schede 1998.
<i>Modalità di archiviazione</i>	Supporto informatico	Supporto informatico (Db-Oracle)	Supporto informatico (DB III)	Su schede apposite che vengono poi archiviate su SW dedicato (FENOL)	Al momento solo su schede

				progettato e realizzato dal Centro Agrometeorologico Regionale	
<i>Codifica delle informazioni</i>	<i>Melo: codifica secondo Fleckinger (fasi A,B,C,D, E1,E2, F1 F2,F3, G,H,I) e con codici specifici per caduta fiore, caduta frutto, gemma rotta, ramo rotto. Vite:27 codici decimali fasi e sottofasi (da gemma d'inverno a fine caduta foglie) secondo Eichorn e Lorenz.</i>	<i>Codifica apposita</i>	<i>Codifica apposita, riferita a scale internazionalmente accettate.</i>	<i>Fasi secondo Baggiolini, presenza fase codici locali</i>	<i>codifica apposita.</i>

<i>Volume annuo dati</i>	0.5 Mb	20 mb	15 mb	E' il primo anno che si ricorre all'archiviazione su supporto magnetico.	=
<i>Forme di utilizzo</i>	Agroclimatologia, ricerche, modellistica	Agroclimatologia, ricerca, modellistica, bollettini agrometeo	Agroclimatologia, ricerca, modellistica, bollettini agrometeo	In periferia per assistenza tecnica finalizzata alla difesa tramite bollettino, al Centro per agroclimatologia	Assistenza tecnica in periferia; agroclimatologia e modellistica presso il Centro
<i>Principali utenti</i>	Ricercatori e tecnici agricoli	Agricoltori, tecnici assistenza tecnica	Agricoltori, tecnici assistenza tecnica, ricercatori	Ricercatori, MiPA, tecnici interni all'Amministrazione	Tecnici interni all'Amm.ne
<i>Mezzi di diffusione dell'informazione</i>	Pubblicazioni scientifiche e divulgative, bollettino agrometeo (in previsione)	Bollettini cartacei, mezzi telematici	Bollettini cartacei, telefax, risponditori telefonici, televideo	Localmente bollettini, al Centro rapporto annuale, interno fino alla campagna 1996	Non ancora attivati.

INDICE ANALITICO

A

Abruzzo; 88
 Agrhymet; 64
 ALF2LP; 29
 ALFALFA; 30
 ALSIM1; 29
 Available Water Capacity; 49

B

BIDRICO; 77
 bietola; 50
 bilanci idrici territoriali; 43
 bilancio dei nutrienti; 11
 bilancio energetico; 21
 bilancio idrico; 11; 30; 76
 Blaney Criddle; 23; 47
 Blaney-Criddle; 78
 Bonifica Renana; 80

C

calibrazione; 11; 30
 Campania; 102
 CSA; 80
 CSIM; 81

D

deficit idrico; 48
 dinamica della popolazione; 30
 drenaggio; 71

E

ecotipo Vogherese; 30
 Emilia Romagna; 88; 102
 ERSa; 77
 evaporimetro di classe A; 24
 evapotraspirazione di riferimento; 22

F

falda; 53; 78
 Fax on demand; 88
 fenologia; 101
 fitofarmaci; 70
 Friuli - Venezia Giulia; 76; 88; 102

G

geostatistica; 46
 GIAS; 70
 girasole; 50
 graminacee foraggere; 50

H

Hargreaves e Samani; 24
 Hungarian Meteorological Service;
 101

I

infiltrazione; 51
 integrazione; 7
 internet; 87; 101
 Internet; 80
 interpolazione; 69
 IRRINET; 80

L

Lombardia; 29; 43; 88; 102

M

mais; 50
 medica; 29; 50
 Meteosat; 61
 miglio; 60
 MOAPA; 30

modelli deterministici; 7
 modelli dinamici; 7
 modelli empirici; 7
 modelli meccanicistici; 7
 modelli statici; 7
 modelli stocastici; 7
 modello; 6
 monitoraggio agrofenologico; 101

N

NDVI; 61
 Niger; 60
 NOAA; 61
 numero di irrigazioni; 53

O

Organizzazione Meteorologica
 Mondiale; 101

P

Penman-Monteith; 22
 percentili; 45
 Piemonte; 102
 pioggia utile; 51
 pomodoro; 50
 prato polifita; 49
 Priestley Taylor; 23
 produzione potenziale; 10
 produzione reale; 11
 profondità radicale; 49

R

regime pluviometrico; 76
 reti agrofenologiche; 11
 riserva totale; 52
 ruscellamento; 31; 51; 71

S

Sahel; 60
 Sardegna; 102
 scala locale; 43
 scenari irrigui; 81
 Servizio Irriguo; 80
 SIBIRER; 43
 Sicilia; 102
 SIMED; 29
 SISP; 60
 sistema; 6
 sistema informativo agricolo
 regionale; 70
 sistemi informativi geografici; 11
 soia; 50
 sottosistema atmosfera; 8
 sottosistema copertura vegetale; 8
 sottosistema suolo; 8
 suoli; 69

T

telerilevamento; 11
 teletext; 82
 televideo; 82
 Thornthwaite; 24
 Toscana; 88; 102
 Trentino; 88; 102
 trifoglio; 50

U

Ucea; 87

V

validazione; 11
 variabili ausiliarie; 7
 variabili di flusso; 7
 variabili di stato; 7
 variabili guida; 7
 Veneto; 88

vento; 53
VIDEOTEL; 88

volume medio di adattamento; 53
vulnerabilità; 70