

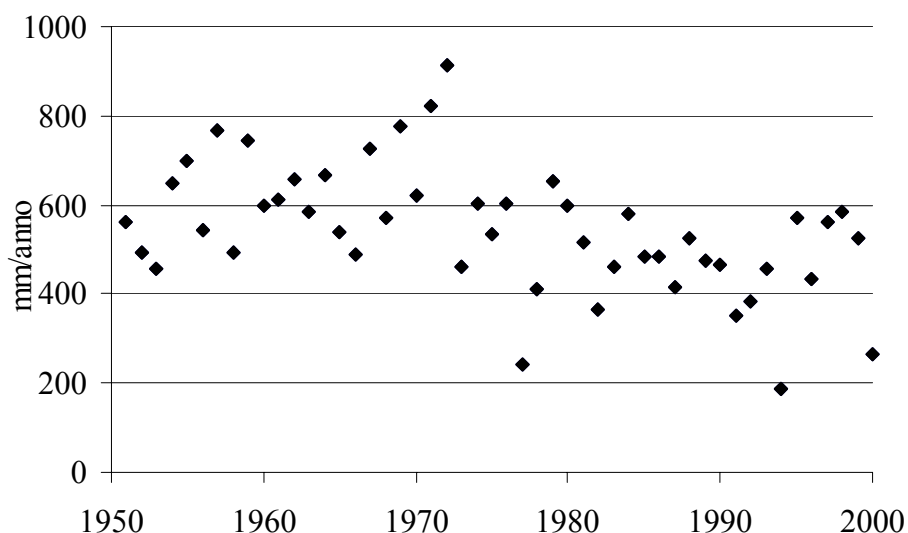
## VOLUMI IRRIGUI IN RELAZIONE ALL'ANDAMENTO METEOROLOGICO REGISTRATO DURANTE LE STAGIONI DI CRESCITA DI ALCUNE COLTURE ERBACEE

PASQUALE CAMPI (\*), ROSA COLUCCI (\*), VITO DI BARI (\*), GIUSEPPE MARRONE (\*),  
MARCELLO MASTRORILLI (\*)

\*Istituto Sperimentale Agronomico, Bari

### INTRODUZIONE

Negli ambienti a clima mediterraneo, gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da una forte espansione delle aree irrigue (FAO, 1998). La crescita della pratica irrigua è stata, però, frenata, oltre che dalla cronica penuria di acqua di buona qualità, dagli irregolari andamenti meteorologici che sono stati registrati nelle ultime annate, soprattutto per quanto riguarda le precipitazioni (fig. 1).



**Fig. 1** - Precipitazioni annuali registrate presso la stazione agrometeorologica di Foggia dell'Istituto Sperimentale Agronomico dal 1951 al 2000.

Per diverse annate successive, all'aumento dei valori di evapotraspirazione potenziale - anche durante la stagione invernale - è corrisposta una minore piovosità. Ciò ha provocato alterazioni significative nelle falde, sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo (Colucci et al., 2001).

L'espansione delle superfici irrigabili e la maggiore durata della stagione irrigua determinano un più intenso prelievo dalle riserve idriche; di conseguenza, l'abbassamento dei livelli delle falde aumenta i rischi di intrusione marina, nelle zone costiere, o, nei casi meno drammatici, provoca fenomeni stagionali di salinizzazione (Katerji et al., 2002). La ricerca agronomica ha messo a punto le tecniche per agevolare l'allontanamento dei sali dalla zona di terreno interessata dagli apparati radicali (drenaggio, lavorazioni, arricchimento della sostanza organica del terreno), ma ogni agrotecnica non può prescindere dalle precipitazioni che, concentrandosi almeno nella stagione a minor domanda evaporativa, saturano il terreno (Mastrorilli, 2001). La saturazione è la condizione indispensabile per lisciviare il terreno dai sali in eccesso.

Il ripetersi di annate caratterizzate da scarsa pluviometria, con l'aumento della salinità del terreno e la diminuzione delle risorse idriche rinnovabili, innesca i processi di desertificazione.

## **OBIETTIVI**

Data questa situazione di riferimento, e presa la Puglia come area di studio, la ricerca si è articolata in tre fasi:

1. reperimento di serie storiche di dati agrometeorologici;
2. determinazione dell' $ET_{ref}$  (Allen et al., 1998), dei consumi idrici delle colture più rappresentative dell'area di studio; stima dei fabbisogni irrigui in base al metodo del bilancio idrico realizzato con le sequenze agrometeorologiche disponibili e le caratteristiche podologiche tipiche dell'area di studio;
3. indagine sistematica per il controllo della qualità delle acque di pioggia e delle falde.

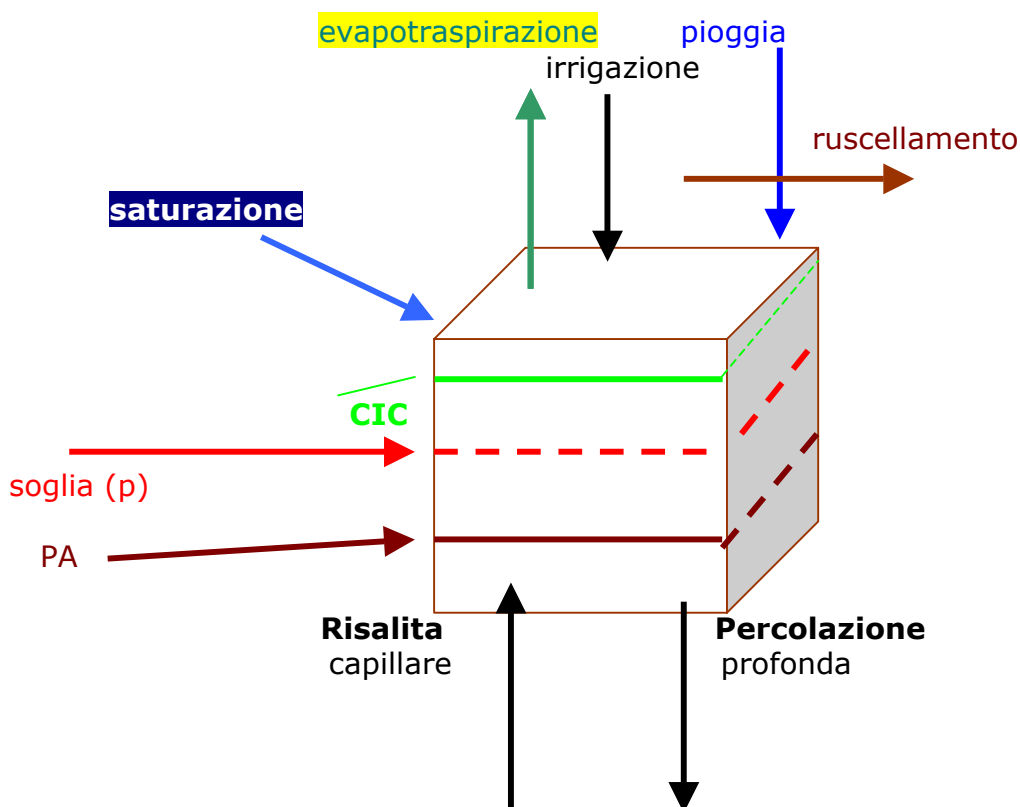
## **MATERIALI E METODI**

Da alcuni decenni l'Istituto Sperimentale Agronomico cura il rilievo dei dati agrometeorologici di alcune località in Puglia e Basilicata, sedi delle proprie aziende sperimentali. Per la ricerca sono state selezionate le stazioni agrometeorologiche di Foggia, Bitetto e Rutigliano, perché rappresentative di realtà agricole diverse ed importanti dal punto di vista economico.

Il modello adottato per il calcolo dell' $ET$  è quello di Penman-Monteith. È stato realizzato un software per la misura giornaliera dell' $ET_{ref}$  e del calcolo dell' $ET$  per le principali colture erbacee irrigue (pomodoro da industria e bietola da zucchero). Per il calcolo dell' $ET$  si è utilizzato sia il coefficiente colturale ( $Kc$ ) "single" che il  $Kc$  "dual".

Per determinare il momento dell'intervento irriguo e il volume di adacquamento, si è fatto ricorso ad un modello semplificato di bilancio idrico (fig. 2). In pratica, l'irrigazione era prevista ogniqualvolta che, per effetto dell'evapotraspirazione, si esauriva la riserva idrica disponibile nello strato di terreno interessato dall'apparato radicale. Il volume di adacquamento corrispondeva alla quantità di acqua da restituire al terreno per ripristinare la riserva idrica massima, calcolata come differenza tra la capacità idrica di campo (CIC) e il punto di appassimento (PA).

Infine, in parallelo con queste determinazioni, sono state individuate 18 località distribuite in tutta la Puglia (fig. 3) nelle quali sono in corso i rilievi sistematici (ogni 15 giorni) della qualità delle acque. La conducibilità elettrica dell'acqua ( $CE_w$ , espressa in  $dS\ m^{-1}$ ) è il criterio utilizzato per definire la qualità dell'acqua. In cinque località si procede anche al prelievamento dell'acqua di pioggia per l'analisi qualitativa. In più, per ogni località è stato analizzato il terreno dal punto di vista chimico, fisico e idrologico.



**Fig. 2** - Schematizzazione del bilancio idrico



**Fig. 3** - Localizzazione delle falde (indicate con la sigla della provincia) e delle stazioni pluviometriche (da P1 a P5) da cui provengono i campioni per il monitoraggio della qualità delle acque.

## RISULTATI CONSEGUITI NEL PRIMO ANNO

Durante il primo anno di attività è stata condotta l'indagine sui consumi delle specie agrarie di pieno campo più diffuse nei sistemi colturali del mezzogiorno (Rizzo, 2000): pomodoro da industria e barbabietola da zucchero.

Le variabili prese in considerazione durante la stagione colturale sono state: l'evapotraspirazione di riferimento (calcolata secondo il metodo di Penman-Monteith), l'evapotraspirazione della coltura (utilizzando il Kc "dual") senza limitazioni idriche (ripristino nel terreno, tramite irrigazione, della riserva idrica massima, ogni qual volta si esauriva l'acqua disponibile nel profilo di terreno interessato dall'apparato radicale) e minerali, le precipitazioni (giorni piovosi, pioggia totale, e pioggia efficace) e alcune variabili irrigue (volume stagionale e numero di interventi).

Per quanto riguarda il pomodoro da industria, è stata considerata la tipica stagione colturale, che si estende da maggio fino a settembre, mentre per la barbabietola si è ipotizzata la pratica più diffusa con semina in autunno (stagione colturale da novembre a giugno).

Le precipitazioni durante le stagioni di crescita non hanno compensato la domanda climatica, soprattutto per quanto riguarda la coltura a ciclo primaverile-estivo. Se poi si considerano soltanto le piogge > 5 mm d<sup>-1</sup>, le differenze tra apporti e perdite di acqua diventano ancora più consistenti (tab. 1).

Tab. 1 - Richiesta evapotraspirativa dell'ambiente (ET<sub>ref</sub>) e apporti naturali di acqua in tre località; dati (in mm) medi del periodo di rilievo e deviazione standard (*in corsivo*).

		Stagioni di crescita					
		Pomodoro			Barbabietola		
	periodo	ET <sub>ref</sub>	Pioggia totale	Piogge > 5 mm d <sup>-1</sup>	ET <sub>ref</sub>	Pioggia totale	Piogge > 5 mm d <sup>-1</sup>
Foggia	1951- - 2000	592,2 <i>± 133,3</i>	166,7 <i>± 76,7</i>	149,4 <i>± 75,8</i>	497,9 <i>± 70,8</i>	382,6 <i>± 105,0</i>	303,5 <i>± 102,9</i>
Rutigliano	1984 - - 2000	576,4 <i>± 117,4</i>	128,4 <i>± 64,5</i>	105,3 <i>± 62,9</i>	529,2 <i>± 63,5</i>	403,3 <i>± 117,5</i>	328,2 <i>± 112,1</i>
Bitetto	1977 - - 2000	503,2 <i>± 35,8</i>	116,2 <i>± 55,0</i>	93,9 <i>± 49,0</i>	528,5 <i>± 26,4</i>	313,1 <i>± 161,0</i>	240,7 <i>± 136,8</i>

In queste condizioni climatiche le colture possono garantire rese economicamente valide solo se l'irrigazione rientra nelle pratiche colturali. La tabella 2 riporta i dati di ET calcolata per le due specie esaminate, i volumi irrigui stagionali, necessari per evitare che le colture si trovino in condizioni di stress idrico, il numero di interventi irrigui per ciascuna stagione e la quantità di acqua che si perde per drenaggio (dovuto alle precipitazioni che si verificano quando il terreno supera la capacità di trattenuta).

Per quanto riguarda le due specie prese in considerazione, si nota che, nonostante i fabbisogni idrici medi totali siano simili, il pomodoro richiede volumi irrigui stagionali maggiori rispetto alla bietola. Questa specie, infatti, compie una parte del proprio ciclo colturale tra la fine dell'autunno e l'inverno, quando la maggior piovosità, spesso è sufficiente a soddisfare le esigenze idriche della coltura. Non è casuale che - sempre per la bietola - i valori stimati di drenaggio indicano che oltre il 50 % dell'acqua di pioggia si perda senza essere utilizzata dalle piante. Le precipitazioni, infatti, sono assai più frequenti durante i primi stadi fenologici, che richiedono minori fabbisogni idrici.

Tab. 2 - Fabbisogni irrigui (ET<sub>c</sub>, in mm), volume irriguo stagionale (in mm), n° adacquamenti e acqua perduta per drenaggio (in mm) in tre località; dati medi del periodo di rilievo e deviazione standard (*in corsivo*).

		pomodoro			
	periodo	ET <sub>c</sub>	volume irriguo	numero interventi	drenaggio
Foggia	1951- - 2000	553,8 <i>± 133,7</i>	431,3 <i>± 149,6</i>	17,8 <i>± 7,9</i>	57,2 <i>± 44,1</i>
Rutigliano	1984 - - 2000	521,3 <i>± 125,9</i>	411,1 <i>± 125,7</i>	16,2 <i>± 6,4</i>	36,5 <i>± 37,5</i>
Bitetto	1977 - - 2000	447,4 <i>± 38,4</i>	345,9 <i>± 55,0</i>	12,7 <i>± 2,0</i>	28,8 <i>± 25,6</i>

		barbabietola			
	periodo	ET <sub>c</sub>	volume irriguo	numero interventi	drenaggio
Foggia	1951- - 2000	492,6 <i>± 71,2</i>	246,3 <i>± 88,9</i>	8,4 <i>± 3,1</i>	164,3 <i>± 84,3</i>
Rutigliano	1984 - - 2000	532,8 <i>± 71,3</i>	287,7 <i>± 85,2</i>	9,5 <i>± 1,9</i>	187,5 <i>± 98,8</i>
Bitetto	1977 - - 2000	521,9 <i>± 28,1</i>	314,6 <i>± 78,8</i>	9,6 <i>± 2,3</i>	131,5 <i>± 100,4</i>

I valori di "standard deviation" denunciano l'elevata variabilità interannuale della richiesta evapotraspirativa e, di conseguenza, dei volumi irrigui stagionali. A titolo di esempio nella figura 4 si riportano gli andamenti dei volumi richiesti durante la stagione di crescita dalla coltura di pomodoro a Rutigliano. Mediamente sono necessari 411 mm per soddisfare pienamente le esigenze idriche di questa coltura, ma i valori sono variati da un minimo di 152 mm (nel 1999, distribuiti in 5 interventi) a 598 mm (nel 1985, con 27 interventi irrigui). I due principali parametri agrometeorologici che determinano questa variabilità sono l'ET<sub>ref</sub> e le piogge efficaci. Nel 1999 ad un bassa domanda evapotraspirativa dell'ambiente (324 mm durante la stagione di crescita del pomodoro) è corrisposta una buona quantità di pioggia efficace (263 mm) regolarmente distribuita durante il ciclo colturale (0 mm di acqua percolata); nel 1985 l'ET<sub>ref</sub> è stata pari a 768 mm e le piogge efficaci si sono ridotte a 96 mm, di cui 15 mm sono stati persi per drenaggio.

La elevata domanda evapotraspirativa, associata alla scarsa piovosità, determina il maggior prelievo di acque dalle falde per far fronte alle esigenze delle colture.

Poiché la qualità dell'acqua di una falda sottoposta a prelievi ripetuti potrebbe peggiorare, sono stati ispezionati regolarmente diversi pozzi, localizzati lungo la costa pugliese, che attingono a falde di diversa natura. I risultati di questo monitoraggio sono sintetizzati nella figura 5 in cui si riportano le variazioni della salinità (in dS m<sup>-1</sup>) dell'acqua di falda, misurata durante il periodo aprile 2001 – maggio 2002. I 18 siti di campionamento sono stati ripartiti in tre aree geografiche: quella centrale (5 pozzi della provincia di Bari), quella a Nord (6 siti in provincia di Foggia) e quella ionico-salentina (2 punti di campionamento in provincia di Brindisi, 3 in quella di Lecce e 2 in provincia di Taranto).

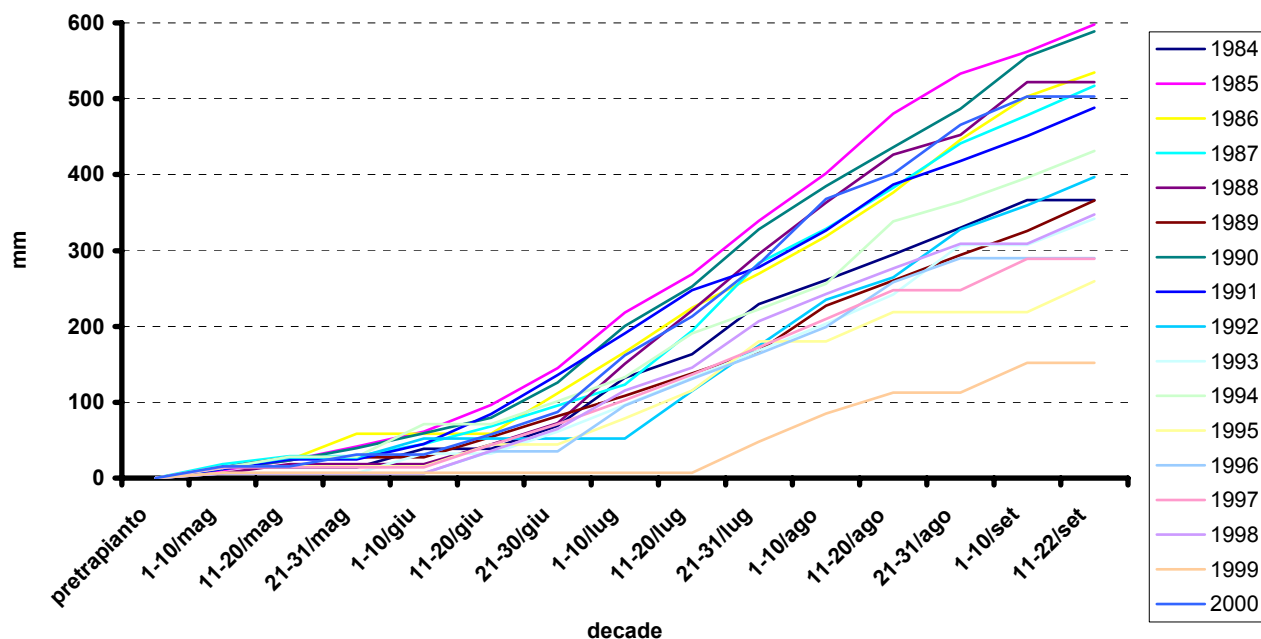


Fig. 4 - Valori cumulati dei volumi irrigui decadali simulati per la coltura di pomodoro a Rutigliano in 17 annate (dal 1984 al 2000).

In provincia di Bari, i due siti più interni (BA4 e BA2 a circa 7 km di distanza dalla costa, dove la falda si situa ad oltre 120 di profondità) mostrano valori di salinità contenuti ed accettabili dal punto di vista agronomico. La falda "BA4" non mostra variazioni di conducibilità elettrica; al contrario, la qualità dell'acqua del pozzo BA2 tende a peggiorare con il proseguire della stagione irrigua: dai valori iniziali di  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  si passa a  $2,6$  in autunno. Questo andamento potrebbe indicare un possibile rischio di salinizzazione della falda. Infatti, mentre il pozzo che attinge dalla prima falda è utilizzato per irrigare una sola azienda di modesta superficie, nel secondo caso diversi agricoltori si sono consorziati per realizzare un pozzo e portare l'acqua, attraverso tubazioni superficiali, alle aziende orticole dislocate lungo la costa. Poiché il prelievo dell'acqua avviene contemporaneamente, la falda si abbassa improvvisamente e ciò provoca il peggioramento della qualità. In prossimità della costa (BA1, BA3 e BA5) la qualità dell'acqua di falda è scadente ( $\text{C.E.} > 5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e può essere utilizzata in agricoltura solo con forti limitazioni.

In provincia di Foggia, i pozzi localizzati nella zona di Capitanata (FG3 e FG6) mostrano un'ottima qualità, mentre nella zona di Manfredonia (FG4 e FG5) la salinità dell'acqua di falda risulta troppo elevata per essere utilizzata ai fini irrigui senza le dovute precauzioni. Il monitoraggio della qualità delle acque provenienti dai due pozzi della zona di Lesina (FG1 e FG2) rivela oscillazioni della salinità tra i successivi campionamenti. Queste fluttuazioni dei valori di conducibilità elettrica potrebbero essere attribuiti al fatto che le falde sono superficiali (a pochi metri di profondità dalla superficie del terreno), pertanto soggette ad una maggiore o minore concentrazione dei sali a seconda dell'entità dei prelievi da parte degli agricoltori e degli apporti da parte degli eventi meteorici.

Nella zona salentina le acque esaminate non mostrano particolari difetti di qualità, ad eccezione di BR1 che si caratterizza per la variabilità tra i prelievi (da  $1$  a  $5 \text{ dS m}^{-1}$ ). Questo sito è localizzato nelle vicinanze della costa ( $< 1 \text{ Km}$  dal mare), in una zona balneare, in cui nei mesi primaverili-estivi, ai consumi determinati dalla maggior

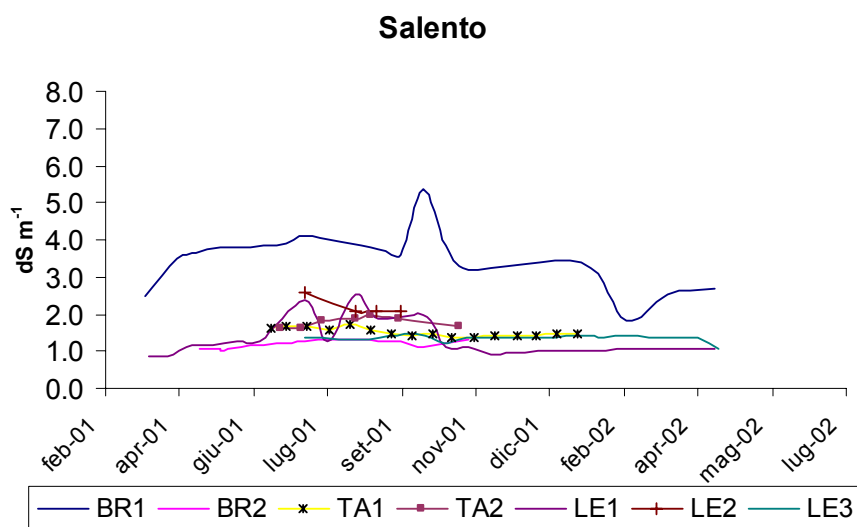
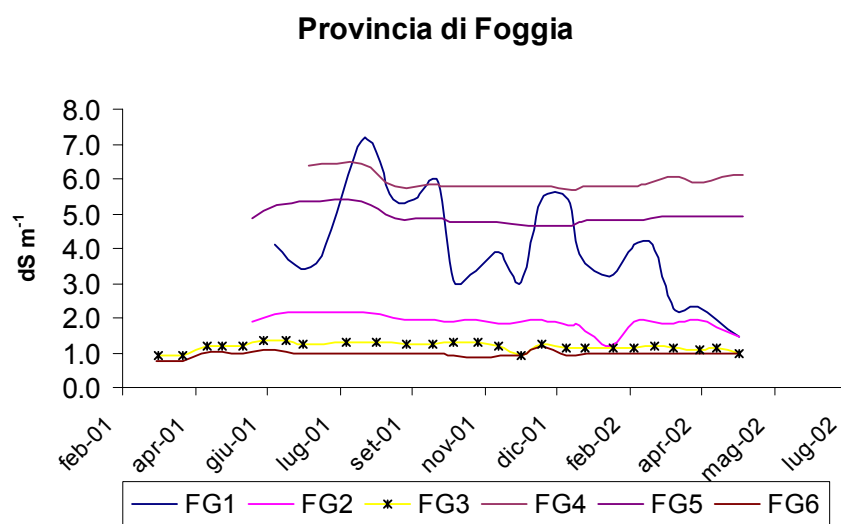
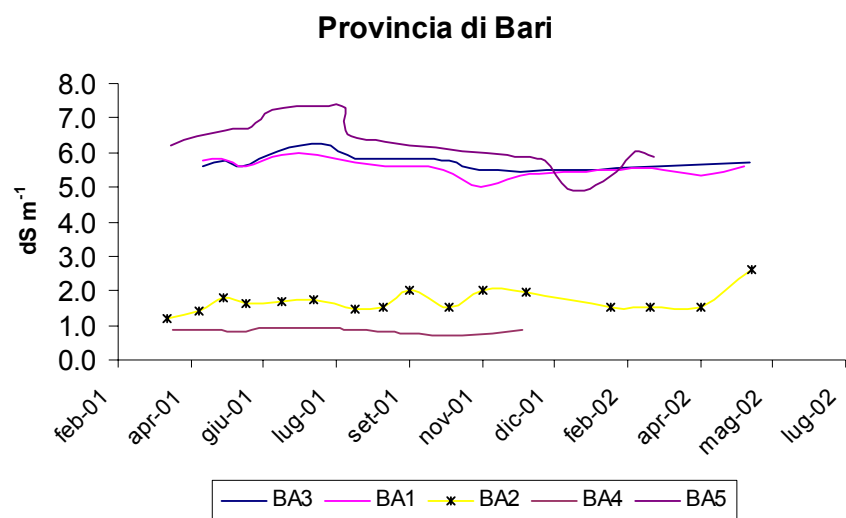


Fig. 5 - Variazioni della salinità (in dS m<sup>-1</sup>) dell'acqua di falda, misurata durante il periodo aprile 2001 - maggio 2002, in 18 siti di campionamento.

richiesta degli agricoltori, si sommano quelli dei turisti che popolano le numerose abitazioni presenti nella zona e che utilizzano l'acqua della stessa falda per usi spesso diversi (domestici, giardini, pulizia, ecc.). Tale coincidenza potrebbe spiegare gli aumenti di salinità dalla primavera alla fine dell'estate. Dall'autunno in poi i valori di salinità dell'acqua tendono a diminuire, per i minori prelievi di acqua e per il sopraggiungere delle piogge che contribuiscono ad alimentare le falde. Si fa presente, infine, che dai pozzi "LE2" e "TA2" si attinge l'acqua per l'irrigazione di un oliveto e di un pescheto; per questo motivo i campioni si prelevano limitatamente al periodo dell'esercizio irriguo e non continuativamente.

## **PROSPETTIVE FUTURE**

La ricerca proseguirà secondo le due direttive previste:

1. utilizzare la metodologia, messa a punto e calibrata durante il primo anno di attività, per calcolare i fabbisogni irrigui delle specie agrarie che occupano un ruolo preminente negli attuali sistemi colturali, alla luce degli scenari climatici futuri;
2. continuare il monitoraggio dello stato qualitativo delle falde da cui si emunge l'acqua per l'irrigazione al fine di individuare le interconnessioni tra la domanda climatica, il fabbisogno irriguo e il degradamento della qualità dell'acqua.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage paper No. 56, FAO, Rome, 300 p
- Colucci R., Di Bari V., Marrone G., Rana G., Mastrorilli M., 2001. Area geografica. Litorale Barese (Puglia). In: POM "OTRIS (Ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche, convenzionali e non, in sistemi colturali sostenibili" - Incontro di progetto, a cura di C. Dazzi et al., Regione Sicilia, Ass. Agric. e Foreste, Gruppo 13°, Servizi allo sviluppo, Unità Operativa Pedologica, 99-114.
- FAO, 1998. World irrigated area. The FAOSTAT Database, <http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Irrigation&Domain=LUI&servlet=1>
- Katerji N., Hamdy A., Lacirignola C., Mastrorilli M., 2002. Le projet gestion de l'eau en climat méditerranéen "bilan et perspectives". In: N. Katerji, A. Hamdy, J.W. van Hoorn, M. Mastrorilli (editors) Mediterranean crop responses to water and soil salinity (Eco-physiological and agronomic analyses), CIHEAM-IAM and INRA, 3-22.
- Mastrorilli M., 2001 Aridocoltura e buona pratica: la via agronomica al risparmio idrico. Agrimese, 6, 26-28.
- Rizzo V. (a cura di), 2000. L'irrigazione e la fertirrigazione delle colture erbacee ed orticole negli ordinamenti produttivi di Puglia e Basilicata. Opuscolo divulgativo POM OTRIS, pp. 111.