Franco Ravelli – Paolo Rota

Manuale d'uso di

iRRiga 3.1

programma di pilotaggio irriguo
delle colture agrarie

Roma, 2009

SOMMARIO

Premessa ***3***

Avvertenza. Requisiti per l'installazione. Procedura per l'installazione ***5***

ISTRUZIONI DI IMPIEGO DEL PROGRAMMA ***6***

I Struttura del modello ***7***

I.1 Sottoprogramma Bilancio Irriguo Storico ***7***

I.2 Sottoprogramma Pilotaggio Irriguo ***9***

I.2.a *Parte consuntiva* ***9***

I.2.b *Parte previsionale* ***12***

II Dati necessari alla esecuzione del Programma ***13***

II.1 Dati necessari alla esecuzione del Sottoprogramma Bilancio Irriguo Storico ***13***

II.1.a *Dati generali* ***13***

II.1.b *Dati agronomici* ***14***

II.1.c *Dati meteo* ***14***

II.1.d *Anagrafica colture* ***15***

II.2 Dati necessari alla esecuzione del Sottoprogramma Pilotaggio Irriguo ***17***

II.2.a *Dati generali* ***17***

II.2.b *Dati agronomici* ***18***

II.2.c *Dati meteo* ***18***

II.2.d *Anagrafica colture* ***19***

III Esecuzione del Programma ***21***

III.1 Menu gestione dati ***22***

III.1.a *Gestione dati generali* ***23***

III.1.b *Gestione dati agronomici* ***30***

III.1.c *Gestione dati meteo* ***37***

III.2 Menu anagrafica colture ***42***

III.3 Menu bilancio idrico ***48***

Premessa

iRRiga 3.1 è la versione aggiornata ed ampliata del programma di bilancio idrico delle colture agrarie in regime irriguo presentato in occasione del Corso di Formazione sulla "*Gestione delle risorse idriche per l'agricoltura*" tenuto a Sciacca (Ag) nell'ottobre 2002 dal Centro Studi di Economia Applicata alla Ingegneria (CSEI) presso la Facoltà di Agraria della Università degli Studi di Catania. La decisione di pubblicarla in Internet deriva dalle frequenti richieste di utilizzo di tale applicazione informatica per il calcolo dei fabbisogni evapotraspirativi e irrigui relativi a specifiche situazioni di coltura, terreno e meteorologia pervenute agli autori da tecnici, studenti e agricoltori.

Il programma offre due opzioni:

- ***Sottoprogramma BILANCIO IRRIGUO STORICO***: esegue il bilancio idrologico complessivo della intera vita vegetativa di una determinata coltura, utilizzando la relativa serie storica di dati meteorologici, e fornisce l'andamento e l'ammontare del consumo irriguo e quello delle perdite per drenaggio.

- ***Sottoprogramma PILOTAGGIO IRRIGUO***: esegue giornalmente il bilancio idrologico di una determinata coltura, e fa la previsione dei bilanci giornalieri dei successivi dieci giorni, indicando eventuali adacquamenti da apportare.

Mentre l'opzione del bilancio irriguo storico rappresenta un razionale strumento di decisione per programmatori irrigui, progettisti e amministratori di reti di distribuzione irrigua, quella del pilotaggio irriguo è di interesse particolare per assistenti tecnici e agricoltori evoluti impegnati direttamente sul campo.

Gli algoritmi di base del modello adottati nelle due opzioni sono sostanzialmente uguali tra loro e si rifanno, con opportuni adattamenti, a quelli utilizzati dagli autori nella redazione della cartografia frequenziale della evapotraspirazione e dei fabbisogni idrici visibile al sito www.francoravelli.it .

Il programma **iRRiga 3.1** discende dalla evoluzione di precedenti modelli di calcolo e cartografici messi a punto per fare fronte a varie esigenze di elaborazione dei dati rilevati su scala nazionale o nell'ambito del Programma Sperimentale della Cassa per il Mezzogiorno:

- *Modello TRAM* (Tournon, Ravelli, Allavena e Merlo, 1972): calcola il deficit idrico su base mensile impiegando la formula di Thornthwaite. Venne messo a punto per il calcolo dei deficit sull'intero territorio italiano in occasione della Conferenza Nazionale delle Acque;
- *Modello RTAMV* (Ravelli, Tournon, Allavena, Merlo e Vannella, 1979): calcola il deficit idrico su base mensile impiegando le formule Classe "A" FAO, Penman FAO, Blaney-Criddle FAO e Thorthwaite;
- *Modello DRV* (D'Orazio, Ravelli, e Vannella, 1982): calcola il bilancio idrologico su base pentadica delle colture agrarie impiegando la formula Classe "A" FAO;
- *Modello RR* (Ravelli e Rota, 1988, 1990): calcola il bilancio idrologico su base giornaliera delle colture agrarie impiegando la formula Penman FAO;
- *Modello Stress* (Ravelli e D'Orazio, 1991): effettua i bilanci idrologici, storico e di previsione, su base pentadica delle colture agrarie. La ETo va data come input calcolato a parte;
- *Modello EToRRm* (Ravelli e Rota, 1994): calcola la ETo su base mensile mediante una formula in grado di stimare quella secondo Penman-Monteith FAO utilizzando i soli dati meteorologici e geografici forniti dalle stazioni meteo della rete del Servizio Idrografico Italiano. Il modello è stato utilizzato per la redazione della *Carta frequenziale della evapotraspirazione mensile di riferimento irriguo (ETo) delle pianure litoranee del Mezzogiorno d'Italia*;

- *Modello EToRRm.2* (Ravelli e Rota, 1999): effettua il bilancio storico su base giornaliera delle colture agrarie con procedura analoga a quella della precedente versione dell'omonimo modello. Il modello EToRRm.2 è stato utilizzato per la redazione delle *Carte frequenziali mensili della evapotraspirazione di riferimento (ETo) e dei deficit idrici delle colture del Mezzogiorno d'Italia* (Ravelli e Rota, 1999; disponibile sul sito internet www.francoravelli.it);
  ed infine il
- *Modello* **iRRiga 3.0** (Ravelli e Rota, 2002): derivato dal *Modello EToRRm.2* del 1999, effettua il bilancio storico e quello di previsione delle colture agrarie (pilotaggio irriguo) su base giornaliera. Venne presentato al corso sulla Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura tenuto nel maggio 2002 presso il Centro di Studi di Economia Applicata alla Irrigazione (CSEI) dell'Istituto di Idraulica Agraria della Università di Catania.

Il modello idrologico adottato in **iRRiga 3.1** è di tipo semi-empirico essendo basato sul classico approccio del bilancio idrico dello strato di terreno interessato dall'apparato radicale. Nonostante i risultati della sua applicazione siano potenzialmente meno precisi di quelli conseguibili con un modello di tipo meccanicistico basato, per quanto possibile, sulle fondamentali leggi della dinamica dell'acqua nel sistema terreno-pianta-atmosfera, il suo impiego è giustificato e risulta soddisfacente in sede di programmazione e di progettazione irrigua (specie nei casi in cui si faccia riferimento a situazioni agroclimatiche sufficientemente omogenee, come quella mediterranea cui **iRRiga** particolarmente si riferisce) ove non si disponga di tutti i dati di input richiesti da un modello impostato su basi logiche. Condizione quest'ultima piuttosto comune, specie negli studi a scala territoriale.

Della versione **iRRiga 3.1** vengono di seguito forniti i necessari commenti sulla filosofia di calcolo in esso adottata e si descrivono inoltre i passi percorsi dal programma, distinguendo la sequenza relativa al ***Sottoprogramma Bilancio Irriguo Storico*** da quella relativa al ***Sottoprogramma Pilotaggio Irriguo***.

*

Il più sentito ringraziamento va agli amici del Centro Internazionale Mediterraneo per gli Alti Studi Agronomici di Bari (CIHEAM) per aver cortesemente concesso la utilizzazione dei dati agrometeorologici rilevati nell'anno 1955 nella Stazione di Valenzano (lat. N 41°03'16'', long. E 16° 52' 45''; 72 m s.l.m.) nell'esempio di calcolo dato in questo manuale.

AVVERTENZA

DATO IL CARATTERE SPERIMENTALE DI **iRRiga**, GLI AUTORI DECLINANO OGNI RESPONSABILITÀ PER QUALSIASI DANNO MORALE E MATERIALE IN QUALUNQUE MODO COLLEGABILE AL SUO UTILIZZO. L'UTILIZZO DEL PROGRAMMA E/O DEI DATI DERIVABILI DAL SUO IMPIEGO È QUINDI CONDIZIONATO ALLA ACCETTAZIONE DA PARTE DELL'UTENTE DI QUANTO SOPRA SPECIFICATO.

REQUISITI PER L'INSTALLAZIONE

IL PROGRAMMA E' STATO TESTATO SU SISTEMI WINDOWS 2000, WINDOWS XP E WINDOWS VISTA, DOTATI DI RISORSE BASE IN QUANTO A PROCESSORE, RAM, MEMORIA DI MASSA, SCHEDA VIDEO E STAMPANTE, SENZA MOSTRARE PROBLEMI DI INSTALLAZIONE E DI FUNZIONAMENTO.
SI AVVERTE PERO' CHE SU PARTICOLARI CONFIGURAZIONI HARDWARE/SOFTWARE O IN CASO DI INSUFFICIENTI RISORSE DI MEMORIA E/O DI CAPACITA' ELABORATIVA IL PROGRAMMA POTREBBE NON FUNZIONARE CORRETTAMENTE.

PROCEDURA DI INSTALLAZIONE

1. EFFETTUATO IL DOWNLOAD DEL FILE **iRRiga3_1.zip** DAL SITO www.programmairriga.it, SI PROCEDE ALLA DECOMPRESSIONE UTILIZZANDO IL RELATIVO PROGRAMMA (WINZIP, WINRAR, ECC.).
2. ALL'INTERNO DELLA FINESTRA DEL PROGRAMMA DI DECOMPRESSIONE, SI POTRA' DIRETTAMENTE LANCIARE IL FILE SETUP.EXE.
3. A QUESTO PUNTO, COMPARIRA' UNA PRIMA MASCHERA DI INSTALLAZIONE E SI DOVRA' CLICCARE SUL PULSANTE "OK" PER CONFERMARE L'AVVIO DELL'INSTALLAZIONE STESSA.
4. ALLA SUCCESSIVA MASCHERA DI DIALOGO, SI CLICCHERA' SUL PULSANTE DI CONFERMA (CONTRADDISTINTO CON L'ICONA DI UN PC).
5. SI CLICCHERA' INFINE SUL PULSANTE "CONTINUA", PER AGGIUNGERE IL PROGRAMMA iRRiga ALLA LISTA DEI PROGRAMMI INSTALLATI NEL PROPRIO PC.

ISTRUZIONI DI IMPIEGO DEL PROGRAMMA iRRiga 3.1

I STRUTTURA DEL MODELLO

I.1 *SOTTOPROGRAMMA BILANCIO IRRIGUO STORICO*

Una volta dato il comando di esecuzione, il Sottoprogramma Bilancio Irriguo Storico procede giorno per giorno, per tutto il ciclo colturale, alla effettuazione delle seguenti operazioni, sulla base dei dati di input riportati in **II.1**:

- stima della ETo (ET potenziale su coltura standard festuca), in base al metodo prescelto con i dati generali tra i tre a disposizione: Classe A corretto FAO, Hargreaves e Penman-Monteith FAO. Per un più corretto impiego della formula di Penman, gli autori hanno calcolato, per le pianure litoranee del Mezzogiorno d'Italia, i coefficienti della nota regressione Rs = Ra(a+b×n/N) che consente di stimare l'apporto energetico partendo dalla sola eliofania (gli altri dati sono tabellati). Nella espressione si ha: Rs = radiazione solare totale; Ra = radiazione extra-atmosferica; n = eliofania effettiva; N = eliofania assoluta; a = 0,22; b = 0,60. La taratura è stata fatta avvalendosi dei dati mensili ventennali di radiazione ed eliofania di 17 stazioni dell'Aeronautica Militare Italiana. Non si sono trovati significativi aumenti del grado di correlazione impiegando espressioni più complesse della lineare;
- calcolo delle piogge infiltrate (Pinf), secondo il metodo proposto a pag. 38 di Irrigation and Drainage Paper FAO, n. 25, "*Effective rainfall"*, facente riferimento alla procedura sviluppata dall'U.S.-S.C.S. ("*Hydrology*" in Nation.Eng.Handbbok, Sect. 4GPO, 1972) per la stima del volume e del flusso massimo di ruscellamento superficiale, detto "*curve numbers"*. In tale metodo l'acqua ruscellata è stimata con Rusc = (Altezza pioggia $-0.2S)^2$ / Altezza pioggia + 0.8S in cui: S = ritenzione potenziale del terreno (da tabelle); e comunque mantenendo: Rusc ≤ altezza pioggia; e ancora: Altezza pioggia ≥ 0.2S. Ciò significa che per piogge < 0.2S non è considerato alcun ruscellamento;
- calcolo dell'approfondimento radicale, ipotizzando nel periodo semina-max sviluppo (n giorni) un accrescimento giornaliero pari ad 1/n della differenza tra lo spessore min e lo spessore max, ed attribuendo al giorno in questione l'approfondimento raggiunto in proporzione ai giorni trascorsi; dopo il max sviluppo si ipotizza che la profondità radicale resti pari allo spessore max;
- assegnazione della profondità radicale del giorno "d" (N.B. rappresentata nel bilancio in cm);
- calcolo dell'incremento giornaliero di capacità utile "ΔSa×d", applicando la capacità utile in mm/cm "Sa", indicata nei dati agronomici, all'approfondimento radicale Δd (incremento di spessore di terreno esplorato dalle radici);
- calcolo della riserva idrica massima del giorno, cioè la capacità idrica utile del terreno esplorato dalle radici (capacità utile in mm/cm (Sa)×spessore di terreno attuale(d), denominata "Sa×d");
- assegnazione della riserva idrica iniziale, posta convenzionalmente pari a quella massima (capacità di campo), che per il primo giorno è pari alla capacità utile in mm/cm × 15 cm (spessore minimo del terreno convenzionalmente interessato al bilancio);

- calcolo del Kcc (coefficiente colturale corretto) come Kcc = Kcb×Ka+Ks (Jensen: in "*Optimizing the soil physical environment toward greater crop yelds*", Acad. Press., 1972; Burman, Nixon, Wright e Pruitt: in "*Design and operation of farm irrigation systems*", ASAE, 1983):

  - assegnazione del coefficiente colturale di base (Kcb) del giorno, sulla base della distribuzione dei 20 valori del Kcb tipici della coltura lungo tutto il ciclo colturale (vedi dopo, dove sono descritti i dati colturali);

  - calcolo del Ka, componente del Kcc dipendente dall'umidità disponibile nel terreno, come $K_a = [\ln(Aw + 1)]/[\ln(101)]$ (cfr. edit. M.E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems.* American Society of Agricultural Engineers, Monog. N. 3, Revised printig, 1983; formula 6.30 a pag. 208), dove A_w è l'acqua disponibile in termini % (riserva effettiva/riserva massima × 100, pari a 100 quando il terreno è alla capacità di campo); i valori estremi saranno: Ka = 1 se Aw = 100, Ka = 0 se Aw = 0;

  - calcolo del Ks, componente del Kc da aggiungere per l'incremento di evaporazione dalla superficie del suolo nei primi tre giorni dopo una pioggia o una irrigazione, come Ks = (0,9−Kcb)×0,8 il primo giorno dopo l'evento, Ks = (0,9−Kcb)×0,5 il secondo giorno dopo l'evento e Ks = (0,9−Kcb)×0,3 il terzo giorno dopo l'evento (cfr. ed. M. E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems*. American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing 1983; pag. 209). II Ks, che rappresenta il temporaneo incremento di evaporazione all'interfaccia con l'atmosfera dovuta a pioggia o ad adacquamento, può essere stimato da $Ks = (K_1 - Kci) \exp(-At)$ per $K_1 > Kci$ in cui: t = numero di giorni dopo una pioggia o un adacquamento; A = l'effetto combinato delle caratteristiche del suolo, la domanda evapotraspirativa, etc. (vedere di seguito); Kci = il valore di Kcb al momento della pioggia o della irrigazione. Per Kimberly (Idaho, USA) gli autori citati hanno proposto, rispettivamente per il primo, il secondo ed il terzo giorno dopo la pioggia o l'irrigazione, le seguenti relazioni approssimate: Ks = (0.9−Kcb)×0.8; (0.9−Kcb)×0.5; (0.9−Kcb)×0.3 (dati confermati per il Centro-Sud d'Italia); mentre, quando Kcb eccede il valore di 0.9, non si procede al calcolo del Ks (nella presente versione del programma è contemplata la sola ipotesi di bagnatura totale del terreno con l'irrigazione, ma, in linea di principio, nel caso di apporto per sola irrigazione, andrebbe fatta distinzione tra i metodi distributivi a bagnatura totale della superficie del terreno e quelli localizzati. In quest'ultimo caso il Ks va ridotto proporzionalmente alla superficie effettivamente bagnata;

- calcolo del Kcmax (coefficiente colturale massimo) come Kcmax = Kcb+Ks, avendo posto Ka = 1, cioè con il terreno alla capacità di campo;

- calcolo della evapotraspirazione effettiva ETa = ETo×Kcc;

- calcolo della evapotraspirazione massima ETm = ETo×Kcmax;

- calcolo del punto di intervento irriguo "p", cioè della soglia minima di riserva raggiunta la quale si deve intervenire con un adacquamento, che varia in funzione della ETm e della sensibilità della coltura all'appassimento (cfr. Irrigation and Drainage Paper FAO n. 33, che classifica le colture in quattro gruppi, secondo la sensibilità al deficit idrico, e conseguente individuazione della frazione di capacità idrica del terreno che può essere consumata prima che la coltura soffra un deficit idrico, ovvero finché la ETa non diviene sensibilmente inferiore alla ETm; tale frazione diminuisce all'aumentare della sensibilità all'appassimento e all'aumentare del valore della ETm). Il punto di intervento irriguo si stabilisce attraverso il calcolo di p, quella frazione della Sa×d (funzione del tipo di coltura e della ETm) all'interno della quale, secondo il presente modello, la ETa diviene inferiore alla ETm

appena il terreno scende sotto la capacità di campo; “p” serve unicamente a fissare un livello di umidità superiore al punto di appassimento in corrispondenza del quale intervenire con l'adacquamento per evitare alla coltura una condizione di stress. La (Sa×d) viene divisa in due frazioni: (Sa×d×p) ed [Sa×d×(1−p)], la prima delle quali rappresenta la differenza capacità di campo-punto di intervento; la seconda invece rappresenta la differenza punto di intervento-punto di appassimento;

- esecuzione del bilancio tra apporti e perdite: riserva residua “Resid” = [Pinf + Resid(n−l) + (ΔSa×d)+Irr]−ETa (cioè, riserva residua dal bilancio = eventuali piogge infiltrate + riserva residua del giorno precedente + eventuale incremento della capacità idrica utile + eventuali adacquamenti – evapotraspirazione effettiva);
- confronto della riserva residua dal bilancio giornaliero con la riserva massima calcolata per il giorno (Sa×d) e con il punto di intervento irriguo:
  - se la riserva residua dal bilancio (Resid) è superiore a quella massima, l’esubero rispetto a quella massima (Sa×d) verrà attribuito a drenaggio (Drai) e la riserva residua verrà posta pari a quella massima;
  - se la riserva residua è inferiore al punto di intervento irriguo, verrà calcolato il volume di adacquamento da somministrare, pari alla differenza tra la riserva residua e quella massima calcolata per il giorno, in modo da riportare la riserva residua fino a quella massima;
  - se la riserva residua è inferiore a quella massima ma superiore al punto di intervento irriguo, essa viene riportata ai giorni successivi, fino a che non si raggiunge il punto di intervento irriguo;
- calcolo del water stress (Ws), pari a 1−ETa/ETm (frazione non soddisfatta della evapotraspirazione potenziale);
- calcolo del deficit idrico (Def), pari a Sa*d – Resid (riserva massima – riserva residua).

I.2 *SOTTOPROGRAMMA PILOTAGGIO IRRIGUO*

I.2.a Parte consuntiva

Una volta dato il comando di esecuzione, il programma procede innanzitutto alla esecuzione del bilancio consuntivo giorno per giorno, per tutti giorni di dati immessi finora, effettuando le seguenti operazioni, sulla base dei dati di input riportati in **II.2**:

- stima della ETo (ET potenziale su coltura standard festuca), in base al metodo prescelto con i dati generali tra i tre a disposizione: Classe A corretto FAO, Hargreaves o Penman-Monteith FAO. Per un più corretto impiego della formula di Penman, gli autori hanno calcolato, per le pianure litoranee del Mezzogiorno d'Italia, i coefficienti della nota regressione Rs = Ra(a+b×n/N) che consente di stimare l'apporto energetico partendo dalla sola eliofania (gli altri dati sono tabellati). Nella espressione si ha: Rs = radiazione solare totale; Ra = radiazione extra-atmosferica; n = eliofania effettiva; N = eliofania assoluta; a = 0,22; b = 0,60. La taratura è stata fatta avvalendosi dei dati mensili ventennali di radiazione

ed eliofania di 17 stazioni dell'Aeronautica Militare Italiana. Non si sono trovati significativi aumenti del grado di correlazione impiegando espressioni più complesse della lineare;

- calcolo delle piogge infiltrate (Pinf), secondo il metodo proposto a pag. 38 di Irrigation and Drainage Paper FAO, n. 25, "*Effective rainfall"*, facente riferimento alla procedura sviluppata dall'U.S.-S.C.S. ("*Hydrology*" in Nation.Eng.Handbbok, Sect. 4GPO, 1972) per la stima del volume e del flusso massimo di ruscellamento superficiale, detto "*curve numbers"*. In tale metodo l'acqua ruscellata è stimata con Rusc = (Altezza pioggia−0.2S)^2 / Altezza pioggia + 0.8S in cui: ritenzione potenziale del terreno (da tabelle); e comunque mantenendo: Rusc ≤ altezza pioggia; e ancora: Altezza pioggia ≥ 0.2S. Ciò significa che per piogge < 0.2S non è considerato alcun ruscellamento;
- calcolo dell'approfondimento radicale, ipotizzando nel periodo semina-max sviluppo (n giorni) un accrescimento giornaliero pari ad 1/n della differenza tra lo spessore min e lo spessore max, ed attribuendo al giorno in questione l'approfondimento raggiunto in proporzione ai giorni trascorsi; dopo il max sviluppo si ipotizza che la profondità radicale resti pari allo spessore max;
- assegnazione della profondità radicale del giorno "d" (N.B. rappresentata nel bilancio in cm);
- calcolo dell'incremento giornaliero di capacità utile "ΔSa×d", applicando la capacità utile in mm/cm "Sa", indicata nei dati agronomici, all'approfondimento radicale Δd (incremento di spessore di terreno esplorato dalle radici);
- calcolo della riserva idrica massima del giorno, cioè la capacità idrica utile del terreno esplorato dalle radici (capacità utile in mm/cm (Sa) x spessore di terreno attuale (d), denominata "Sa×d");
- assegnazione della riserva idrica iniziale, posta convenzionalmente pari a quella massima (capacità di campo), che per il primo giorno è pari alla capacità utile in mm/cm x 15 cm (spessore minimo del terreno convenzionalmente interessato al bilancio);
- calcolo del Kcc (coefficiente colturale corretto) come Kcc = Kcb × Ka + Ks (Jensen: in "*Optimizing the soil physical environment toward greater crop yelds*", Acad. Press., 1972; Burman, Nixon, Wright e Pruitt: in "*Design and operation of farm irrigation systems*", ASAE, 1983):

  - assegnazione del coefficiente colturale di base (Kcb) del giorno, sulla base della distribuzione dei 20 valori del Kcb tipici della coltura lungo tutto il ciclo colturale (vedi dopo, dove sono descritti i dati colturali);

  - calcolo del Ka, componente del Kcc dipendente dall'umidità disponibile nel terreno, come K_a = [ln(Aw + 1)]/[ln(101)] (cfr. edit. M.E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems.* American Society of Agricultural Engineers, Monog. N. 3, Revised printig, 1983; formula 6.30 a pag. 208), dove A_w è l'acqua disponibile in termini % (riserva effettiva/riserva massima×100, pari a 100 quando il terreno è alla capacità di campo); i valori estremi saranno: Ka = 1 se Aw = 100, Ka = 0 se Aw = 0;

  - calcolo del Ks, componente del Kc da aggiungere per l'incremento di evaporazione dalla superficie del suolo nei primi tre giorni dopo una pioggia o una irrigazione, come Ks = (0,9−Kcb) x 0,8 il primo giorno dopo l'evento, Ks = (0,9−Kcb) × 0,5 il secondo giorno dopo l'evento e Ks = (0,9−Kcb)×0,3 il terzo giorno dopo l'evento (cfr. ed. M. E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems*. American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing 1983; pag. 209). II Ks, che rappresenta il

temporaneo incremento di evaporazione all'interfaccia con l'atmosfera dovuta a pioggia o ad adacquamento, può essere stimato da $Ks = (K_1 - Kci) \exp(-At)$ per $K_1 > Kci$ in cui: t = numero di giorni dopo una pioggia o un adacquamento; A = l'effetto combinato delle caratteristiche del suolo, la domanda evapotraspirativa, etc. (vedere di seguito); Kci = il valore di Kcb al momento della pioggia o della irrigazione. Per Kimberly (Idaho, USA) gli autori citati hanno proposto, rispettivamente per il primo, il secondo ed il terzo giorno dopo la pioggia o l'irrigazione, le seguenti relazioni approssimate: $Ks = (0.9 - Kcb) \times 0.8$; $(0.9 - Kcb) \times 0.5$; $(0.9 - Kcb) \times 0.3$; mentre, quando Kcb eccede il valore di 0.9, non si procede al calcolo del Ks (nella presente versione del programma è contemplata la sola ipotesi di bagnatura totale del terreno con l'irrigazione, ma, in linea di principio, nel caso di apporto per sola irrigazione, andrebbe fatta distinzione tra i metodi distributivi a bagnatura totale della superficie del terreno e quelli localizzati. In quest'ultimo caso il Ks va ridotto proporzionalmente alla superficie effettivamente bagnata;

- calcolo del Kcmax (coefficiente colturale massimo) come Kcmax = Kcb + Ks, avendo posto Ka = 1, cioè con il terreno alla capacità di campo;
- calcolo della evapotraspirazione effettiva ETa = ETo×Kcc;
- calcolo della evapotraspirazione massima ETm = ETo×Kcmax;
- calcolo del punto di intervento irriguo "p", cioè della soglia minima di riserva raggiunta la quale si deve intervenire con un adacquamento, che varia in funzione della ETm e della sensibilità della coltura all'appassimento (cfr. Irrigation and Drainage Paper FAO n. 33, che classifica le colture in quattro gruppi, secondo la sensibilità al deficit idrico, e conseguente individuazione della frazione di capacità idrica del terreno che può essere consumata prima che la coltura soffra un deficit idrico, ovvero finché la ETa non diviene sensibilmente inferiore alla ETm; tale frazione diminuisce all'aumentare della sensibilità all'appassimento e all'aumentare del valore della ETm). Il punto di intervento irriguo si stabilisce attraverso il calcolo di p, quella frazione della Sa×d (funzione del tipo di coltura e della ETm) all'interno della quale, secondo il presente modello, la ETa diviene inferiore alla ETm appena il terreno scende sotto la capacità di campo; "p" serve unicamente a fissare un livello di umidità superiore al punto di appassimento in corrispondenza del quale intervenire con l'adacquamento per evitare alla coltura stress idrici gravi. La (Sa×d) viene divisa in due frazioni: (Sa×d×p) ed [Sa×d×(1−p)], la prima delle quali rappresenta la differenza: capacità di campo-punto di intervento; la seconda invece rappresenta la differenza: punto di intervento-punto di appassimento;
- esecuzione del bilancio tra apporti e perdite: riserva residua "Resid" = [Pinf + Resid(n−l) + (ΔSa×d)+Irr]−ETa (cioè, riserva residua dal bilancio = eventuali piogge infiltrate + riserva residua del giorno precedente + eventuale incremento della capacità idrica utile + eventuali adacquamenti – evapotraspirazione effettiva);
- confronto della riserva residua dal bilancio giornaliero con la riserva massima calcolata per il giorno (Sa×d) e con il punto di intervento irriguo:
  - se la riserva residua dal bilancio (Resid) è superiore a quella massima, l'esubero rispetto a quella massima (Sa×d) verrà attribuito a drenaggio (Drai) e la riserva residua verrà posta pari a quella massima;
  - se la riserva residua è inferiore al punto di intervento irriguo, verrà calcolato il volume di adacquamento da somministrare, pari alla differenza tra la riserva residua e quella massima calcolata per il giorno, in modo da riportare la riserva residua fino a quella massima;

- se la riserva residua è inferiore a quella massima ma superiore al punto di intervento irriguo, essa viene riportata ai giorni successivi, fino a che non si raggiunge il punto di intervento irriguo;

- calcolo del water stress (Ws), pari a 1−ETa/ETm (frazione non soddisfatta della evapotraspirazione potenziale);
- calcolo del deficit idrico (Def), pari a Sa*d – Resid (riserva massima – riserva residua).

1.2.b Parte previsionale

Data una certa riserva finale al termine della parte consuntiva del bilancio, il programma passa a stimare il bilancio dei prossimi dieci giorni, nell'ipotesi di assenza di pioggia, con eventuale indicazione di necessità di adacquamento, attraverso l'effettuazione delle seguenti operazioni:

- stima della ETo media degli ultimi 5 giorni;
- calcolo dell'approfondimento radicale, se la coltura è ancora in accrescimento;
- assegnazione della profondità radicale del giorno;
- calcolo dell'incremento di capacità utile, se la coltura è ancora in accrescimento;
- calcolo della riserva idrica massima del giorno;
- assegnazione del Kcb del giorno;
- calcolo del Ka;
- calcolo del Ks;
- calcolo del Kcc;
- calcolo del Kcmax;
- calcolo della evapotraspirazione effettiva ETa;
- calcolo della evapotraspirazione massima ETm;
- calcolo del punto di intervento irriguo;
- esecuzione del bilancio tra apporti e perdite: riserva residua del giorno precedente + eventuale incremento della capacità idrica utile - ETa;
- confronto della riserva residua dal bilancio con il punto di intervento irriguo (è esclusa in questo caso l'ipotesi che la riserva residua possa superare quella massima, poiché non vi sono né piogge né adacquamenti in input):

- se la riserva residua è inferiore a quella massima ma è superiore al punto di intervento irriguo, viene registrata tal quale e riportata come riserva iniziale del giorno successivo;

- se la riserva residua è inferiore al punto di intervento irriguo, verrà calcolato il volume di adacquamento da somministrare, pari alla differenza tra la riserva residua e quella massima calcolata per il giorno, e la riserva residua sarà pari a quella massima;

- calcolo del water stress, pari a 1−ETa / ETm;
- calcolo del deficit idrico, pari a riserva massima – riserva residua.

II DATI NECESSARI ALLA ESECUZIONE DEL PROGRAMMA

II.1 *DATI NECESSARI ALLA ESECUZIONE DEL SOTTOPROGRAMMA BILANCIO IRRIGUO STORICO*

L'esecuzione del bilancio storico presuppone la disponibilità dei dati generali, dei dati colturali, dei dati agronomici e dei dati meteo di un intero ciclo colturale, poiché il bilancio verrà interamente eseguito con un solo comando, producendo un output che inizia con la semina/impianto e termina alla maturazione della coltura.

Un possibile uso del presente sottoprogramma può consistere nel simulare una coltura irrigua sulla base dei dati meteo reali di un periodo trascorso, oppure sulla base di dati meteo medi di più anni, o ancora sulla base di dati meteo ipotetici.

Nel primo caso, il bilancio così ottenuto può essere utile per confrontare i momenti di adacquamento ed i relativi volumi somministrati alla coltura irrigua simulata con quelli di una coltura realmente praticata in campo.

Poiché tra i dati di input possono essere anche inseriti eventuali adacquamenti erogati alla coltura, sarà possibile osservare come tali adacquamenti influenzino il bilancio, modificando i momenti ed i volumi degli adacquamenti successivi.

I dati necessari alla esecuzione del Sottoprogramma Bilancio Irriguo Storico sono:

II.1.a Dati generali

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. METODO di stima della EVAPOTRASPIRAZIONE, da scegliere tra i 3 possibili metodi contemplati dal programma.

   La scelta del metodo CLASSE A comporta la necessità di immettere:

   - l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo da terra, in metri;
   - il FETCH (distanza dal confine di separazione tra area vegetata ed area arida), in metri;

- la scelta del CASO A oppure B (A con evaporimetro in area vegetata e vento proveniente da area arida, B con evaporimetro in area arida e vento proveniente da area vegetata).

La scelta del metodo HARGREAVES comporta la necessità di immettere:

- la LATITUDINE della stazione meteo, in gradi e primi;
- il COEFFICIENTE di CORREZIONE della formula.

La scelta del metodo PENMAN-MONTEITH FAO comporta la necessità di immettere:

- la LATITUDINE della stazione meteo, in gradi e primi;
- l'ALTITUDINE della stazione meteo sul livello del mare, in metri;
- l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo da terra, in metri;
- i COEFFICIENTI della REGRESSIONE ELIOFANIA/RADIAZIONE 'a' e 'b'.

3. NOME dell'ENTE GESTORE della stazione;

4. NOME della STAZIONE METEO.

II.1.b Dati agronomici

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. COLTURA, da scegliere tra le possibili colture contemplate nella sezione DATI COLTURALI (vedi dopo);
   La scelta della COLTURA comporta la valorizzazione di default dei seguenti successivi campi, comunque modificabili nel contenuto:
   - durata del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni;
   - durata del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni;
   - SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm (lo spessore minimo è fissato in 15 cm e non è modificabile);

3. DATA DI SEMINA o IMPIANTO;

4. CAPACITA' (IDRICA) UTILE DEL TERRENO in mm/cm, da scegliere tra le possibili contemplate in un'apposita lista, con possibilità anche di una capacità 'personalizzata' con valori diversi da quelli presenti nella lista, eventualmente variabili per strati successivi.

II.1.c Dati meteo

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. SERIE DI DATI METEO giornalieri, con estensione minima da 5 giorni prima della semina/impianto alla data della maturazione, e massima fino ad un intero anno, distinti nei seguenti:
   - PIOGGIA in mm;
   - TEMPERATURA MAX in °C;

- TEMPERATURA MIN in °C;
- RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
- RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;
- ELIOFANIA in ore e decimi oppure la RADIAZIONE in cal/cm^2×giorno;
- VENTO sfilato in km/giorno;
- EVAPORATO di Classe A in mm;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm.

Si tenga conto che, se si è scelto il metodo di stima della ET della Classe A, servono almeno:

- PIOGGIA in mm;
- RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
- RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;
- VENTO sfilato in km/giorno;
- EVAPORATO di Classe A in mm;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm;

Se invece si è scelto il metodo di stima della ET di Hargreaves, servono almeno:

- PIOGGIA in mm;
- TEMPERATURA MAX in °C;
- TEMPERATURA MIN in °C;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm;

Se infine si è scelto il metodo di stima della ET di Penman-Monteith FAO, servono almeno:

- PIOGGIA in mm;
- TEMPERATURA MAX in °C;
- TEMPERATURA MIN in °C;
- RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
- RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;
- ELIOFANIA in ore e decimi oppure la RADIAZIONE in cal/cm^2×giorno;
- VENTO sfilato in km/giorno;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm.

II.1.d Anagrafica colture

Il programma già dispone dei dati colturali relativi a BIETOLA PRIMAVERILE, FAGIOLO, MAIS, ORZO, POMODORO, SORGO e FESTUCA ADULTA. Per queste colture non è pertanto necessario fornire dati.

Ove si disponga dei dati relativi ad altre colture, è possibile aggiungerne tramite DATI COLTURALI.

I dati necessari sono i seguenti:

1. NOME della coltura;

2. durata standard del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni;

3. durata standard del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni;

4. SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm;

N.B. Si fa presente che i valori proposti nel programma per i precedenti tre dati vengono assunti quali standard colturali, ma possono essere modificati sia in ANAGRAFICA COLTURE sia nella GESTIONE DATI AGRONOMICI per la successiva esecuzione del bilancio. Dati relativi ad altre colture possono essere reperiti in letteratura, ad esempio in F.Ravelli: "*Nozioni di idrologia agraria*", 2009, Roma, pag. 307, riportante tabelle di Rubino e Steduto (1999).

5. i 20 valori del Kcb (coefficiente colturale basale) per la coltura;
   Si fa riferimento alla tab. 6.8 di pag. 211 di *Design and operation of farm irrigation systems*. edit. M. E. Jensen, American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing, 1983. In tale tabella appaiono i Kcb per sorgo, fagiolo, pomodoro, orzo, mais, barbabietola tardiva e precoce in coltivazione irrigua in ambiente arido mediterraneo, da utilizzarsi su base ETo festuca, ricavati da misurazioni lisimetriche nella stazione di Davis (California) nel periodo 1965-1975. I primi 10 valori sono quelli della coltura in corrispondenza di stadi successivi dal 10 al 100% del tempo intercorrente tra la semina/impianto ed il Kc di punta (massimo sviluppo). I successivi 10 valori sono quelli della coltura a 10, 20 .. fino a 100 giorni dopo il Kc di punta.
   Come si potrà vedere dai relativi dati colturali, per la festuca, rappresentante la coltura standard per la rilevazione della ETo, il Kcb è stato posto sempre uguale a 1,00 su un ciclo colturale pari a circa l'intero anno.
   La disponibilità dei 20 valori dei Kcb costituisce un elemento critico rispetto alla possibilità di estendere l'utilizzo del presente programma a colture diverse da quelle già contenute nell'elenco in dotazione al programma stesso.
   Il Kcb rappresenta il valore base del Kc, dato da $Kc = Kcb \times Ka + Ks$ (cfr. edit. M. E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems-revised printing*. American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing, 1983; formula 6.29, pag. 208), dove il Ka è la componente del Kc dipendente dall'umidità disponibile nel terreno e il Ks è la componente del Kc da aggiungere per l'incremento di evaporazione dalla superficie del suolo nei primi tre giorni dopo una pioggia o una irrigazione;

N.B. Si fa presente che i valori proposti nel programma per i dati del Kcb vengono assunti quali standard colturali, ma possono essere modificati in ANAGRAFICA COLTURE. Dati relativi ad altre colture possono essere reperiti in letteratura, ad esempio in F.Ravelli: "*Nozioni di idrologia agraria*", 2009, Roma, pag. 327, riportante tabelle di Rubino e Steduto (1999).

6. SENSIBILITÀ ALL'APPASSIMENTO della coltura, scegliendo uno dei quattro valori possibili contemplati dal programma: altissima, alta, media o bassa;
   Per tale scelta si faccia riferimento alla tab.19, pag. 28 dell'Irrigation and Drainage Paper FAO n. 33, *Yeld response to water*, che classifica le colture in quattro gruppi, secondo la sensibilità al deficit idrico. Nella successiva tab. 20, a ciascun gruppo corrisponde un set di valori di 'p', che rappresenta la frazione di capacità idrica del terreno che può essere consumata prima che la coltura soffra un deficit idrico, ovvero finché la ETa non diviene sensibilmente inferiore alla ETm. Nella tabella, si osserva che il valore di 'p' diminuisce all'aumentare della sensibilità all'appassimento e all'aumentare del valore della ETm, Il consumo della frazione 'p' determina il punto di intervento irriguo, cioè il momento dell'adacquamento nell'irrigazione turnata. Si fa comunque presente che il programma tiene conto dell'effetto di riduzione della ETa rispetto alla ETm con la componente Ka del Kc;

7. TIPO di SEMINA della coltura, scegliendo uno dei due valori possibili contemplati dal programma: a righe o a spaglio. Tale scelta è necessaria per il calcolo della pioggia infiltrata, secondo il metodo proposto a pag. 38 di Irrigation and Drainage Paper FAO n. 25, *Effective rainfall*, facente riferimento alla procedura sviluppata dall'SCS dell'USDA nel 1969 per la stima del volume e del flusso massimo di ruscellamento superficiale.

II.2 *DATI NECESSARI ALLA ESECUZIONE DEL SOTTOPROGRAMMA PILOTAGGIO IRRIGUO*

L'esecuzione del pilotaggio irriguo presuppone la disponibilità dei dati generali, dei dati colturali, dei dati agronomici e dei dati meteo giorno per giorno, poiché il bilancio avanza di un solo giorno ad ogni esecuzione, producendo un output consuntivo fino al giorno stesso ed un output previsionale che si estende ai successivi 10 giorni.

L'uso tipico del presente sottoprogramma è per una corretta programmazione degli adacquamenti. Esso fornisce inoltre l'andamento giornaliero del valore di tutti i parametri del bilancio (ETo, ETm, ETa, contenuto idrico del terreno, drenaggio, Kc, Ka, Ks, deficit, water stress, ecc.).

I dati necessari alla esecuzione del Sottoprogramma Pilotaggio Irriguo sono:

II.2.a Dati generali

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. METODO di stima della EVAPOTRASPIRAZIONE, da scegliere tra i 3 possibili metodi contemplati dal programma.

   La scelta del metodo CLASSE A comporta la necessità di immettere:

   - l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo da terra, in metri;
   - il FETCH (distanza dal confine di separazione tra area vegetata ed area arida), in metri;
   - la scelta del CASO A oppure B (A con evaporimetro in area vegetata e vento proveniente da area arida, B con evaporimetro in area arida e vento proveniente da area vegetata).

   La scelta del metodo HARGREAVES comporta la necessità di immettere:

   - la LATITUDINE della stazione meteo, in gradi e primi;
   - il COEFFICIENTE di CORREZIONE della formula.

   La scelta del metodo PENMAN-MONTEITH FAO comporta la necessità di immettere:

   - la LATITUDINE della stazione meteo, in gradi e primi;
   - l'ALTITUDINE della stazione meteo sul livello del mare, in metri;
   - l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo da terra, in metri;
   - i COEFFICIENTI della REGRESSIONE ELIOFANIA/RADIAZIONE 'a' e 'b'.

3. NOME dell'ENTE GESTORE della stazione;

4. NOME della STAZIONE METEO.

II.2.b Dati agronomici

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. COLTURA, da scegliere tra le possibili colture contemplate nella sezione DATI COLTURALI (vedi dopo);
   La scelta della COLTURA comporta la valorizzazione di default dei seguenti successivi campi, comunque modificabili nel contenuto:
   - durata del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni;
   - durata del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni;
   - SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm (lo spessore minimo è fissato in 15 cm e non è modificabile);

3. DATA DI SEMINA o IMPIANTO;

4. CAPACITA' IDRICA UTILE DEL TERRENO in mm/cm, da scegliere tra le possibili contemplate in un'apposita lista, con possibilità anche di una capacità 'personalizzata' con valori diversi da quelli presenti nella lista, eventualmente variabili per strati successivi.

II.2.c Dati meteo

1. NOME prescelto per l'archivio;

2. SERIE DI DATI METEO giornalieri, con estensione minima da 5 giorni prima della semina/impianto fino al giorno della semina, e massima fino alla data della maturazione, distinti nei seguenti:
   - PIOGGIA in mm;
   - TEMPERATURA MAX in °C;
   - TEMPERATURA MIN in °C;
   - RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
   - RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;
   - ELIOFANIA in ore e decimi oppure la RADIAZIONE in cal/cm^2×giorno;
   - VENTO sfilato in km/giorno;
   - EVAPORATO di Classe A in mm;
   - eventuale ADACQUAMENTO in mm.

   N.B. I dati meteo giornalieri devono essere ordinariamente inseriti giorno per giorno, eseguendo ogni volta il bilancio, in modo da verificare precisamente nella parte previsionale la data del prossimo adacquamento.

   Si tenga conto che, se si è scelto il metodo di stima della ET della Classe A, servono almeno:

   - PIOGGIA in mm;
   - RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
   - RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;

- VENTO sfilato in km/giorno;
- EVAPORATO di Classe A in mm;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm;

Se invece si è scelto il metodo di stima della ET di Hargreaves, servono almeno:

- PIOGGIA in mm;
- TEMPERATURA MAX in °C;
- TEMPERATURA MIN in °C;
- eventuale ADACQUAMENTO in mm;

Se infine si è scelto il metodo di stima della ET di Penman-Monteith FAO, servono almeno:

- PIOGGIA in mm;
- TEMPERATURA MAX in °C;
- TEMPERATURA MIN in °C;
- RH (UMIDITA' REL.) MAX in %;
- RH (UMIDITA' REL.) MIN in %;
- ELIOFANIA in ore e decimi oppure la RADIAZIONE in cal/cm^2×giorno;
- VENTO sfilato in km/giorno;
- ADACQUAMENTO in mm.

II.2.d Anagrafica colture

Il programma già dispone dei dati colturali relativi a BIETOLA PRIMAVERILE, FAGIOLO, MAIS, ORZO, POMODORO, SORGO e FESTUCA ADULTA. Per queste colture non è pertanto necessario fornire dati.

Ove si disponga dei dati relativi ad altre colture, è possibile aggiungerne tramite DATI COLTURALI.

I dati necessari sono i seguenti:

1. NOME della coltura;

2. durata standard del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni;

3. durata standard del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni;

4. SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm;

N.B. Si fa presente che i valori proposti nel programma per i precedenti tre dati vengono assunti quali standard colturali, ma possono essere modificati sia in ANAGRAFICA COLTURE sia nella GESTIONE DATI AGRONOMICI per la successiva esecuzione del bilancio. Dati relativi ad altre colture possono essere reperiti in letteratura, ad esempio in F.Ravelli: "*Nozioni di idrologia agraria*", 2009, Roma, pag. 307, riportante tabelle di Rubino e Steduto (1999).

5. i 20 valori del Kcb (coefficiente colturale basale) per la coltura;
   Si fa riferimento alla tab. 6.8 di pag. 211 di *Design and operation of farm irrigation systems*. edit. M. E. Jensen, American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing, 1983. In tale tabella appaiono i Kcb per sorgo, fagiolo, pomodoro, orzo, mais, barbabietola

tardiva e precoce in coltivazione irrigua in ambiente arido mediterraneo, da utilizzarsi su base ETo festuca, ricavati da misurazioni lisimetriche nella stazione di Davis (California) nel periodo 1965-1975. I primi 10 valori sono quelli della coltura in corrispondenza di stadi successivi dal 10 al 100% del tempo intercorrente tra la semina/impianto ed il Kc di punta (massimo sviluppo). I successivi 10 valori sono quelli della coltura a 10, 20 .. fino a 100 giorni dopo il Kc di punta.
Come si potrà vedere dai relativi dati colturali, per la festuca, rappresentante la coltura standard per la rilevazione della ETo, il Kcb è stato posto sempre uguale a 1,00 su un ciclo colturale pari a circa l'intero anno.
La disponibilità dei 20 valori dei Kcb costituisce un elemento critico rispetto alla possibilità di estendere l'utilizzo del presente programma a colture diverse da quelle già contenute nell'elenco in dotazione al programma stesso.
Il Kcb rappresenta il valore base del Kc, dato da Kc = Kcb×Ka+Ks (cfr. edit. M. E. Jensen: *Design and operation of farm irrigation systems-revised printing*. American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revised printing, 1983; formula 6.29, pag. 208), dove il Ka è la componente del Kc dipendente dall'umidità disponibile nel terreno e il Ks è la componente del Kc da aggiungere per l'incremento di evaporazione dalla superficie del suolo nei primi tre giorni dopo una pioggia o una irrigazione;

N.B. Si fa presente che i valori proposti nel programma per i dati del Kcb vengono assunti quali standard colturali, ma possono essere modificati in ANAGRAFICA COLTURE. Dati relativi ad altre colture possono essere reperiti in letteratura, ad esempio in F.Ravelli: "*Nozioni di idrologia agraria*", 2009, Roma, pag. 327, riportante tabelle di Rubino e Steduto (1999).

6. SENSIBILITÀ ALL'APPASSIMENTO della coltura, scegliendo uno dei quattro valori possibili contemplati dal programma: altissima, alta, media o bassa;
   Per tale scelta si faccia riferimento alla tab.19, pag. 28 dell' Irrigation and Drainage Paper FAO n. 33, *Yeld response to water*, che classifica le colture in quattro gruppi, secondo la sensibilità al deficit idrico. Nella successiva tab. 20, a ciascun gruppo corrisponde un set di valori di 'p', che rappresenta la frazione di capacità idrica del terreno che può essere consumata prima che la coltura soffra un deficit idrico, ovvero finché la ETa non diviene sensibilmente inferiore alla ETm. Nella tabella, si osserva che il valore di 'p' diminuisce all'aumentare della sensibilità all'appassimento e all'aumentare del valore della ETm, Il consumo della frazione 'p' determina il punto di intervento irriguo, cioè il momento dell'adacquamento nell'irrigazione turnata. Si fa comunque presente che il programma tiene conto dell'effetto di riduzione della ETa rispetto alla ETm con la componente Ka del Kc;

7. TIPO di SEMINA della coltura, scegliendo uno dei due valori possibili contemplati dal programma: a righe o a spaglio. Tale scelta è necessaria per il calcolo della pioggia infiltrata, secondo il metodo proposto a pag. 38 di Irrigation and Drainage Paper FAO n. 25, *Effective rainfall*, facente riferimento alla procedura sviluppata dall'SCS dell'USDA nel 1969 per la stima del volume e del flusso massimo di ruscellamento superficiale

III. ESECUZIONE DEL PROGRAMMA

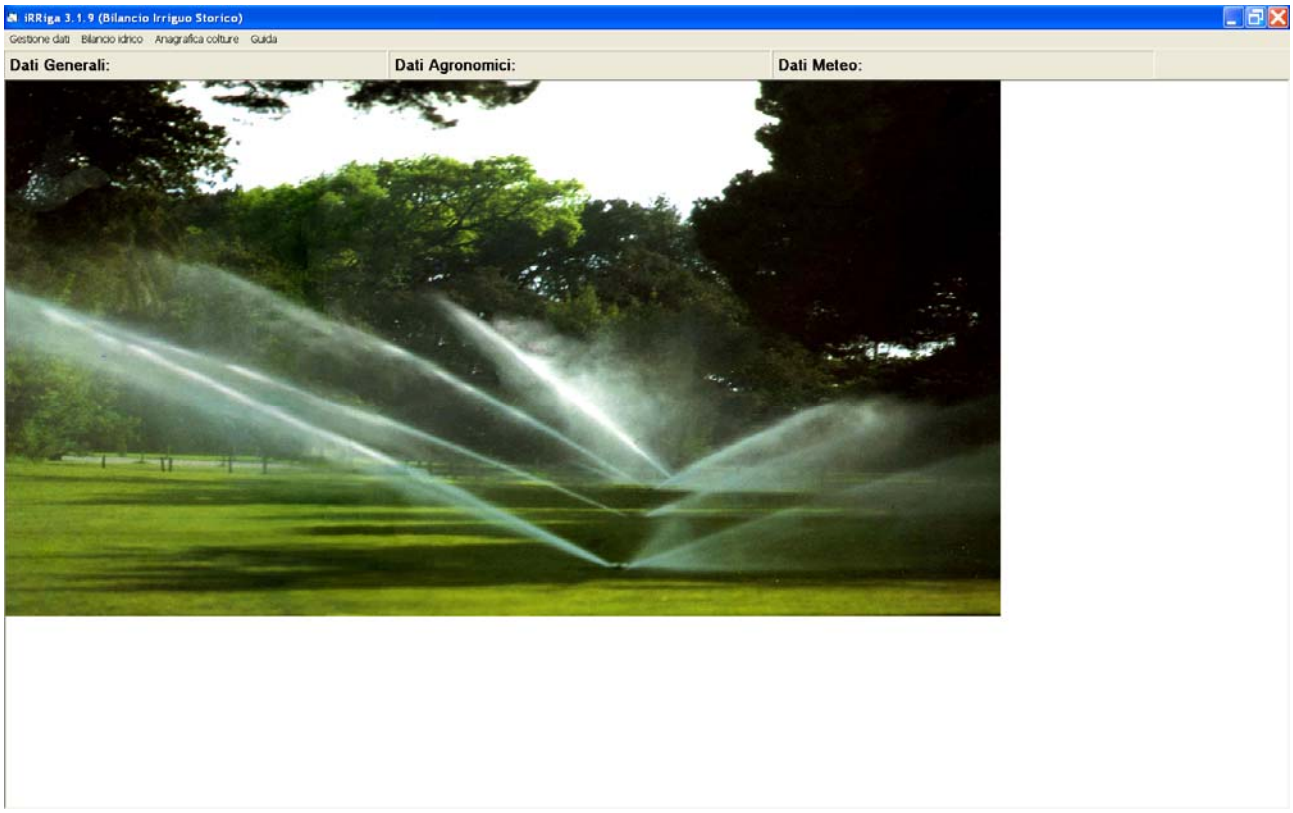
N.B. Le istruzioni che seguono valgono per entrambi i Sottoprogrammi Bilancio Irriguo Storico e Pilotaggio Irriguo, con precisazioni sulle differenze nella gestione dei dati (in particolare di quelli meteo).

Il programma permette innanzitutto di gestire gli archivi dei dati generali, agronomici e meteo (dati di input), nonché di eseguire con essi il bilancio idrologico, ottenendo il calendario storico degli adacquamenti nel caso del bilancio storico oppure le previsioni di adacquamento nel caso del pilotaggio irriguo. E' anche possibile memorizzare un bilancio già eseguito e richiamarlo successivamente per visualizzarlo o stamparlo. E' possibile infine eseguire più bilanci nel corso della medesima sessione, a partire da dati di input diversi, visualizzandoli su finestre separate, che possono essere affiancate verticalmente oppure orizzontalmente in modo da agevolarne il confronto.

Al lancio del programma viene innanzitutto chiesto all'utente di accettare le CONDIZIONI DI UTILIZZO del programma, considerato che esso ha carattere sperimentale e non è stato prodotto con caratteristiche "professionali" e per scopi commerciali. Nonostante esso sia stato dotato di controlli atti a prevenire malfunzionamenti del programma stesso e del computer su cui viene installato ed eseguito, gli autori declinano pertanto ogni responsabilità per qualsiasi danno morale e materiale in qualunque modo collegabile al suo utilizzo. L'utilizzo del programma e/o dei dati derivabili dal suo impiego è quindi subordinato all'accettazione da parte dell'utente di tali condizioni, che viene espressa cliccando sull'apposito bottone "Accetto".

In questo modo, vengono attivati i pulsanti corrispondenti ai due sottoprogrammi, permettendo così la scelta fra il sottoprogramma BILANCIO IRRIGUO STORICO e il sottoprogramma PILOTAGGIO IRRIGUO.

Qualunque sia la scelta, si accede alla schermata principale del programma, che presenta una serie di menu a tendina, denominati GESTIONE DATI (commentato in **III.1**), BILANCIO IDRICO (commentato in **III.3**), ANAGRAFICA COLTURE (commentato in **III.2**), FINESTRE e GUIDA.

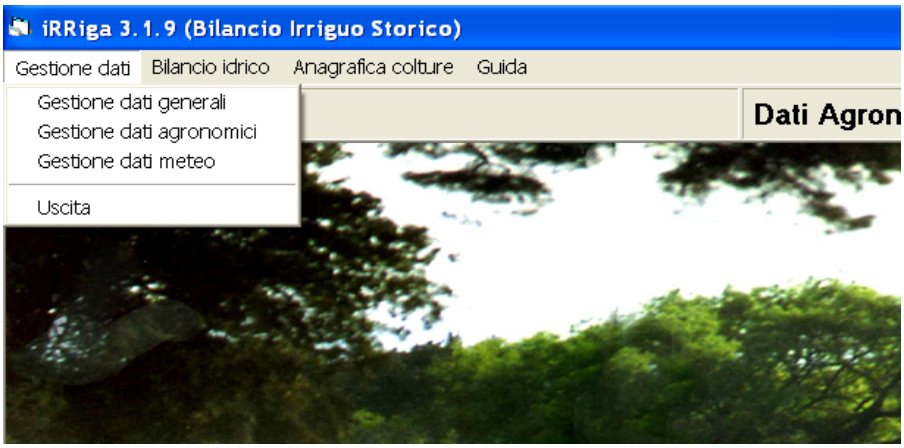


III.1 *MENU GESTIONE DATI*

Con il menu GESTIONE DATI si immettono, si modificano, o semplicemente si selezionano, in quanto già precedentemente immessi, i dati generali, agronomici e meteo necessari all'esecuzione del bilancio. Pertanto, per poter eseguire un bilancio ex novo si dovrà prima selezionare un archivio di dati generali, un archivio di dati agronomici ed un archivio di dati meteo, accedendo alle relative voci del presente menu.

Il Menu Gestione Dati comprende le voci:

- GESTIONE DATI GENERALI
- GESTIONE DATI AGRONOMICI
- GESTIONE DATI METEO
- USCITA



III.1.a Gestione dati generali

La scelta di tale voce provoca l'apertura della relativa finestra di gestione, a sinistra della quale compare la lista degli eventuali archivi di dati generali già presenti, mentre a destra sono incolonnati alcuni pulsanti, denominati:

CREA

MODIFICA

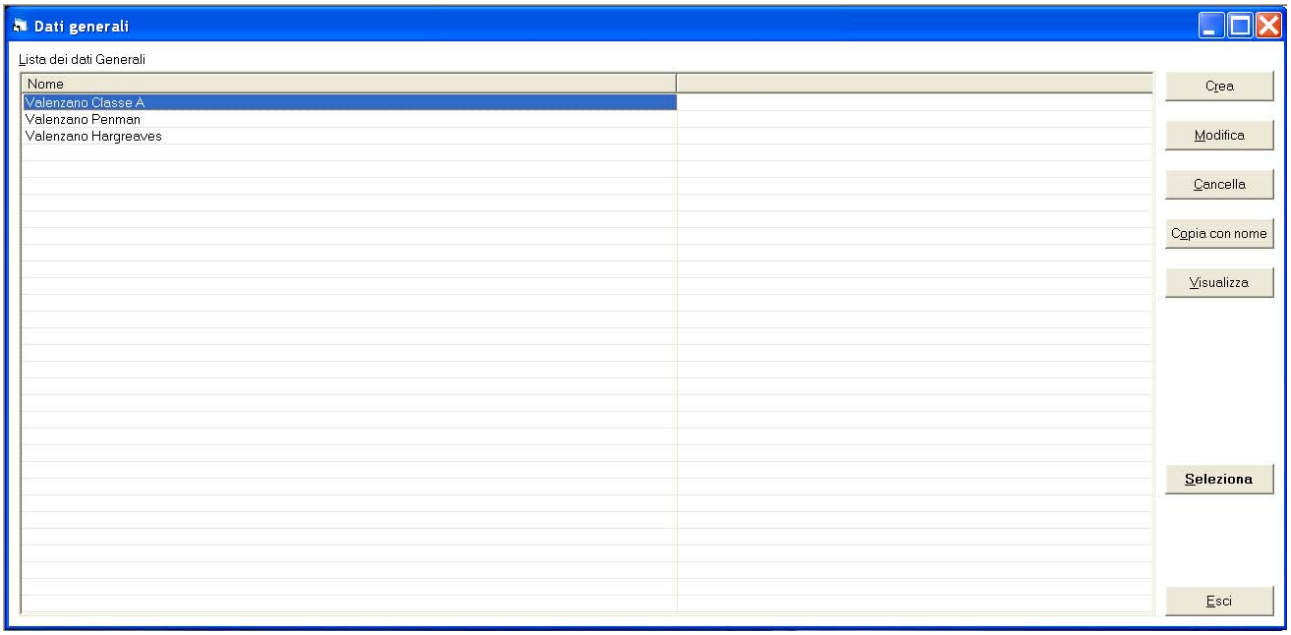
CANCELLA

COPIA CON NOME

VISUALIZZA

SELEZIONA

ESCI



N.B. Il programma contiene già, a titolo esemplificativo, tre set di dati generali, denominati: "Valenzano Classe A", "Valenzano Penman" e "Valenzano Hargreaves", che permettono di eseguire il bilancio secondo le tre formule di stima contemplate dal programma.

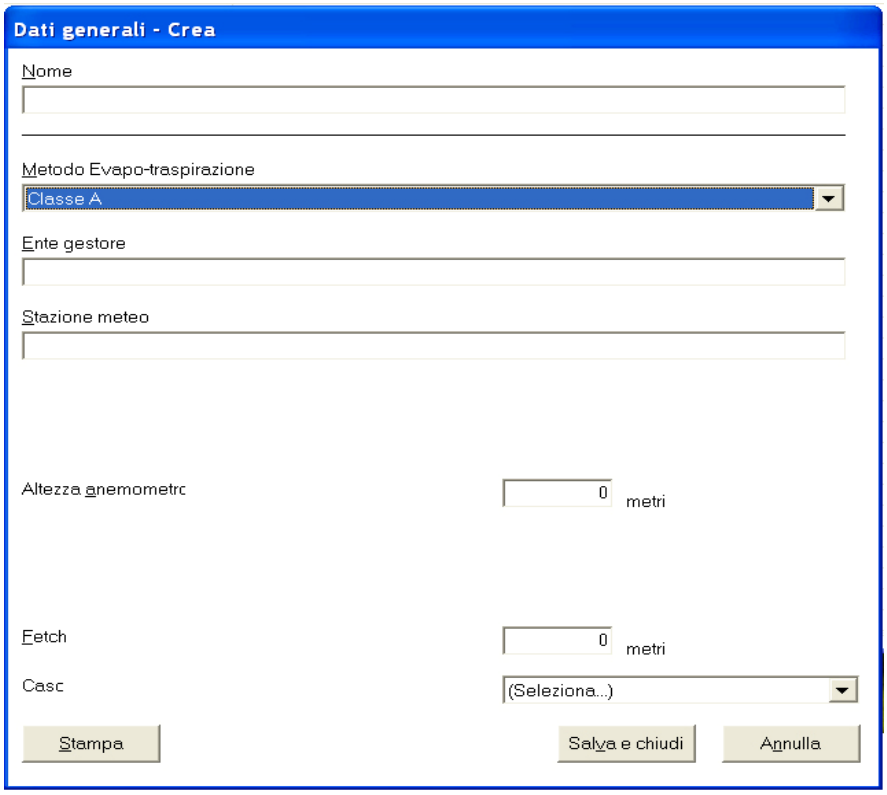
Uso dei pulsanti:

CREA

Tale pulsante permette di creare un nuovo archivio di dati generali, e la sua pressione provoca l'apertura della relativa finestra di immissione dati.

All'interno di tale finestra si opererà:

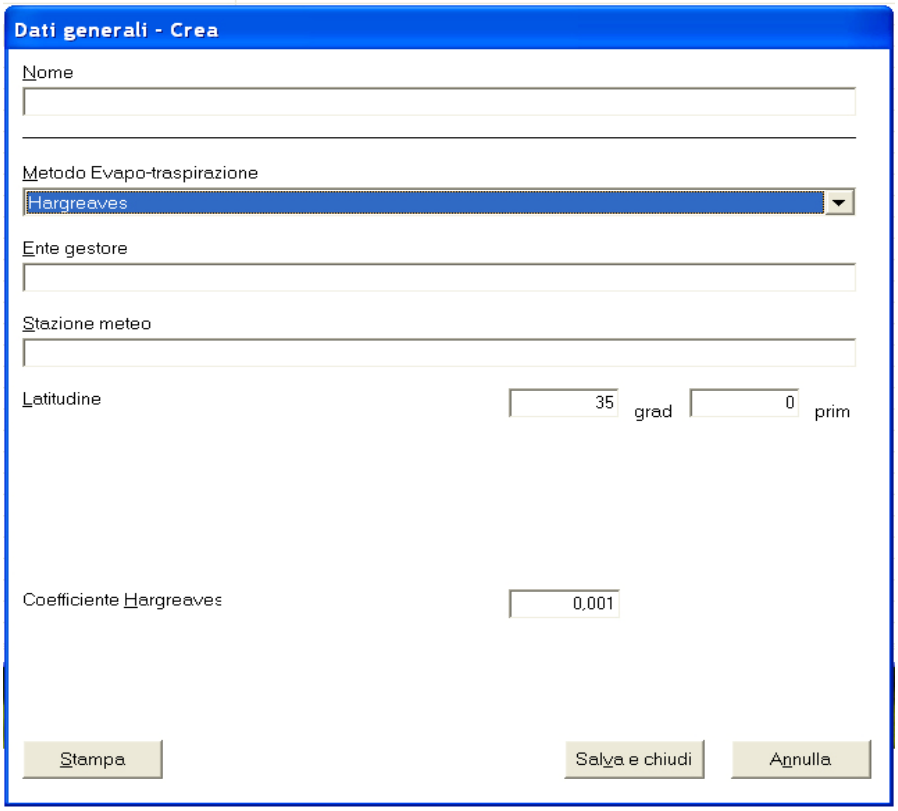
1. l'immissione del NOME prescelto per l'archivio (max 30 caratteri);
2. la scelta del METODO di stima della EVAPOTRASPIRAZIONE, tra i 3 possibili metodi contemplati dal programma, selezionabili tirando giù l'apposita tendina;
   La scelta del metodo CLASSE A comporta la necessità di immettere:
   - l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo in metri da terra (solo cifre con un decimale, limiti 0,0-10,0);
   - il FETCH (distanza dal confine di separazione tra area vegetata ed area arida) in metri (solo cifre intere, limiti 0-1000);
   - la scelta del CASO A oppure B (A con evaporimetro in area vegetata e vento proveniente da area arida, B con evaporimetro in area arida e vento proveniente da area vegetata).



La scelta del metodo HARGREAVES comporta la necessità di immettere:

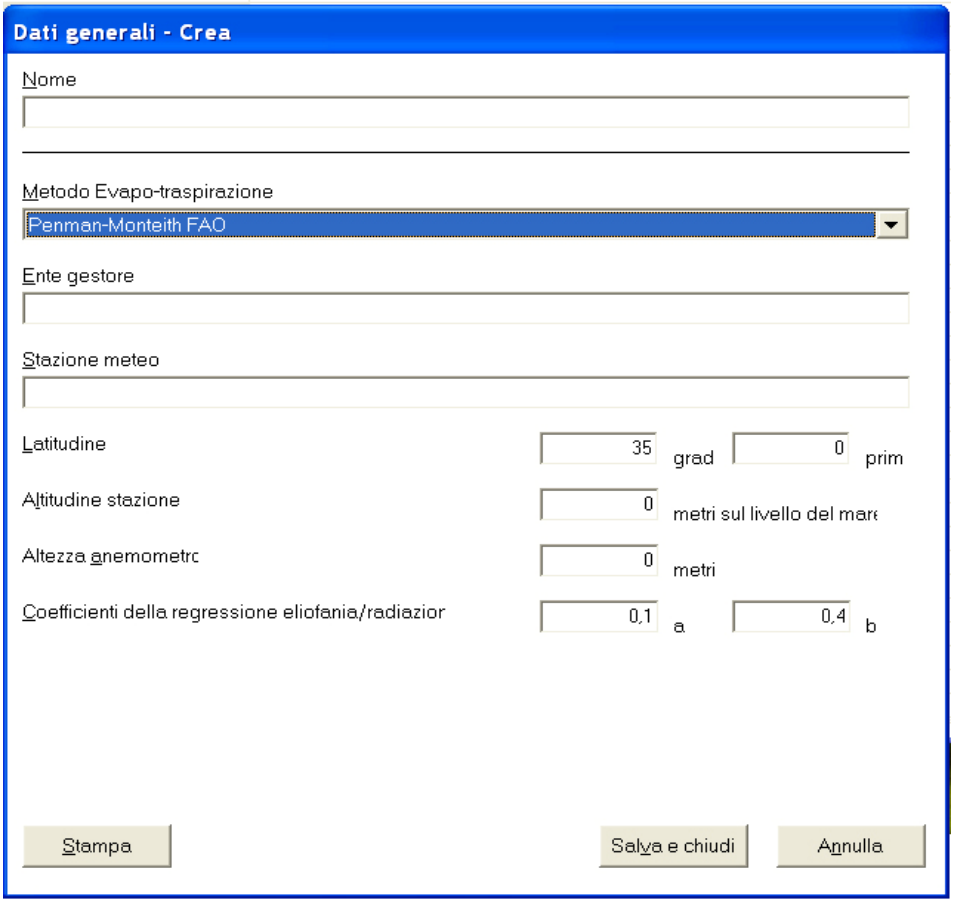
- la LATITUDINE della stazione meteo in gradi (solo cifre intere, limiti 35-49) e primi (solo cifre intere, limiti 0-59);

- il COEFFICIENTE di CORREZIONE della formula (solo cifre con quattro decimali, limiti 0,0010-0,0050);



La scelta del metodo PENMAN-MONTEITH FAO comporta la necessità di immettere:

- la LATITUDINE della stazione meteo in gradi (solo cifre intere, limiti 35-49) e primi (solo cifre intere, limiti 0-59);
- l'ALTITUDINE della stazione meteo sul livello del mare in metri (solo cifre intere, limiti 0-500);
- l'ALTEZZA DELL'ANEMOMETRO della stazione meteo in metri da terra (solo cifre con un decimale, limiti 0,0-10,0);
- i COEFFICIENTI della REGRESSIONE ELIOFANIA/RADIAZIONE 'a' (solo cifre con due decimali, limiti 0,10-0,35) e 'b' (solo cifre con due decimali, limiti 0,40-0,60);



3. l'immissione del NOME dell'ENTE GESTORE della stazione (max 40 caratteri);
4. l'immissione del NOME della STAZIONE METEO (max 30 caratteri).

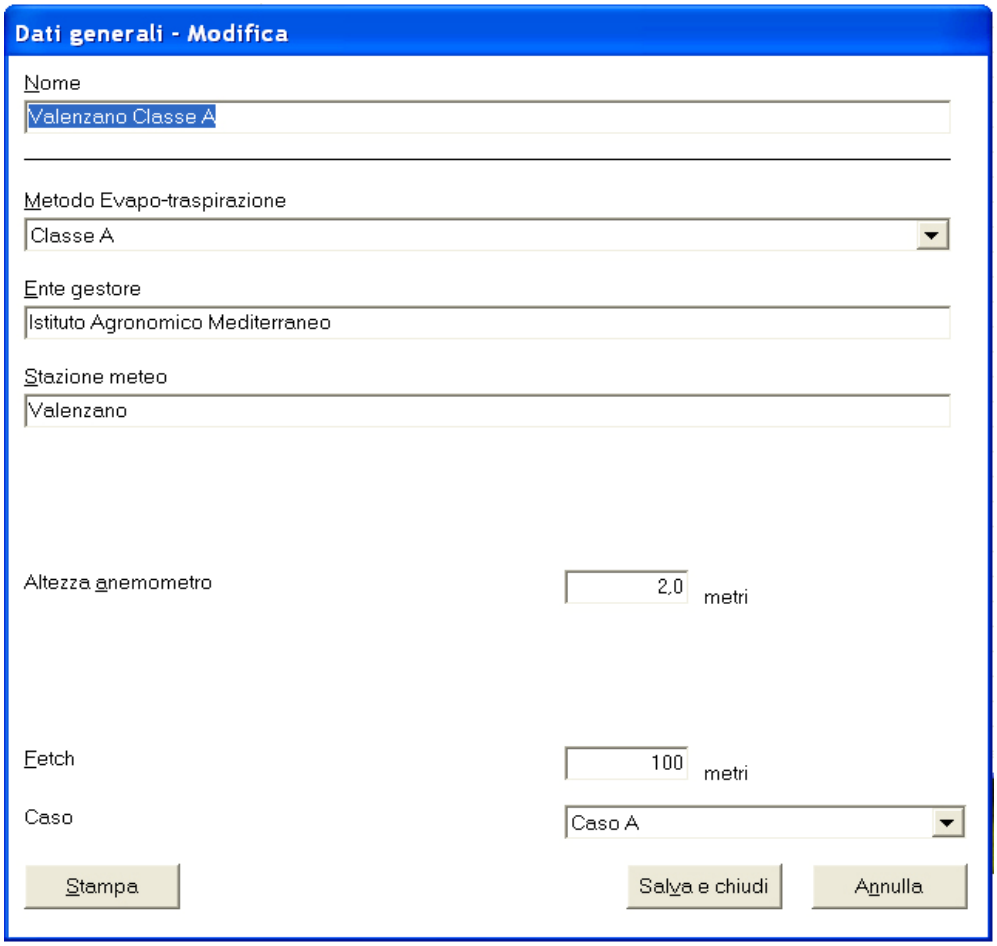
In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei dati eventualmente immessi).

MODIFICA

Tale pulsante permette di modificare un archivio di dati generali già esistente, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. Nella finestra appena aperta compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica di quell'archivio.

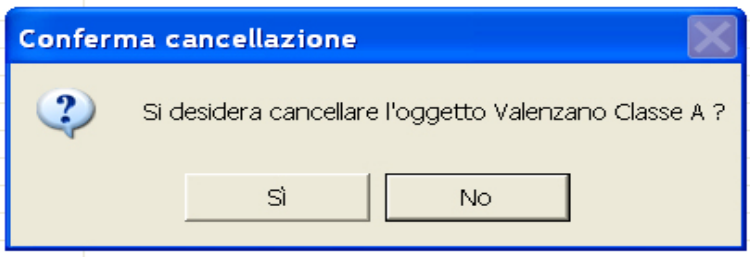
I dati modificabili sono gli stessi già descritti per il pulsante CREA, con le stesse istruzioni, sopra riportate, alle quali si rinvia.

Anche qui in basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio così come modificati) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei nuovi dati eventualmente immessi a modifica dei precedenti).



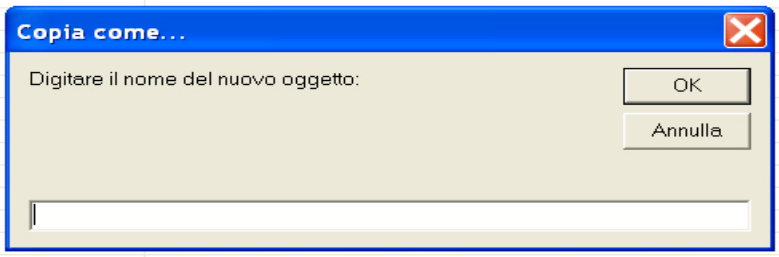
CANCELLA

Tale pulsante permette di cancellare l'archivio di dati generali già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di conferma della cancellazione, per evitare una perdita involontaria di dati.



COPIA CON NOME

Tale pulsante permette di creare una copia dell'archivio di dati generali già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di richiesta del nome da dare all'archivio copia.

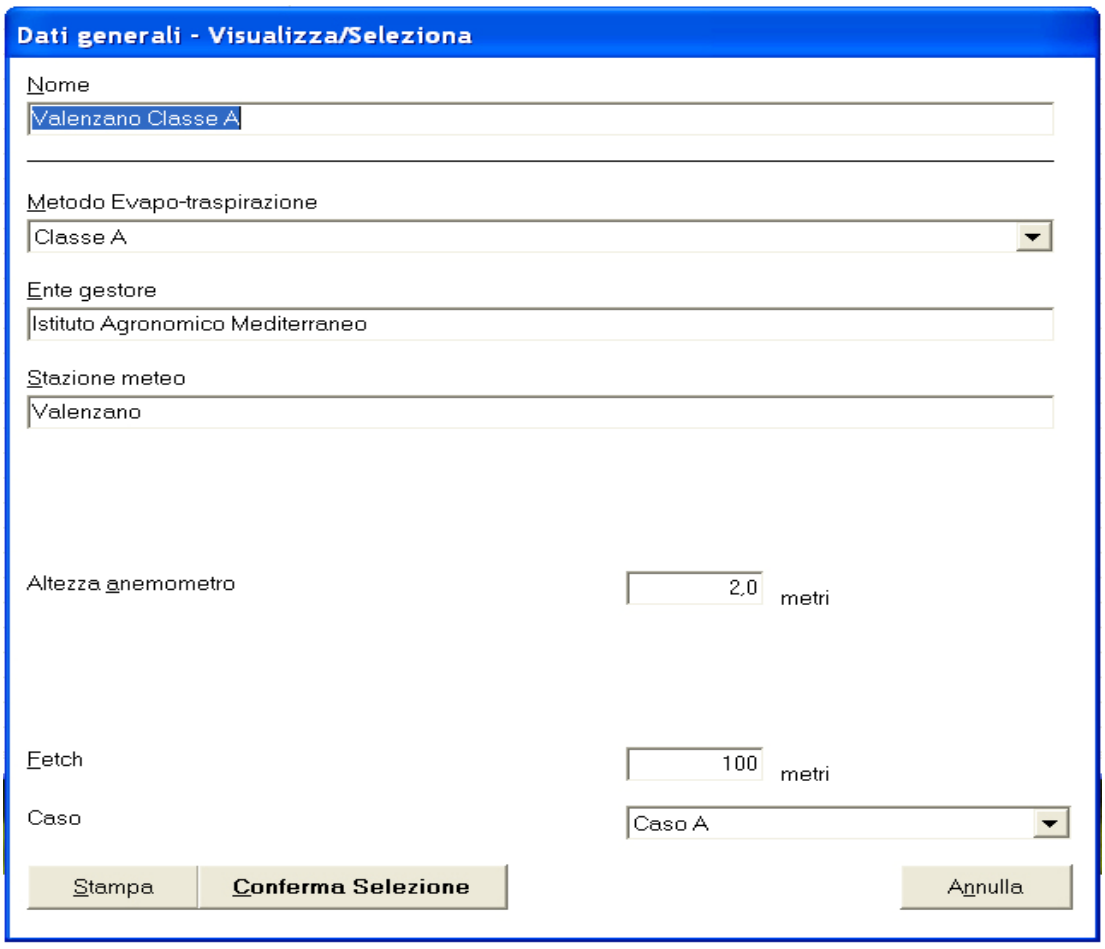


Il nuovo archivio comparirà così nell'elenco dei dati generali, e potrà essere eventualmente modificato attraverso il relativo tasto MODIFICA, già descritto.

VISUALIZZA

Tale pulsante permette di visualizzare un archivio di dati generali già esistente senza però poterne modificare i dati, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra contenente i dati relativi all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In questa finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della loro più recente creazione o modifica.

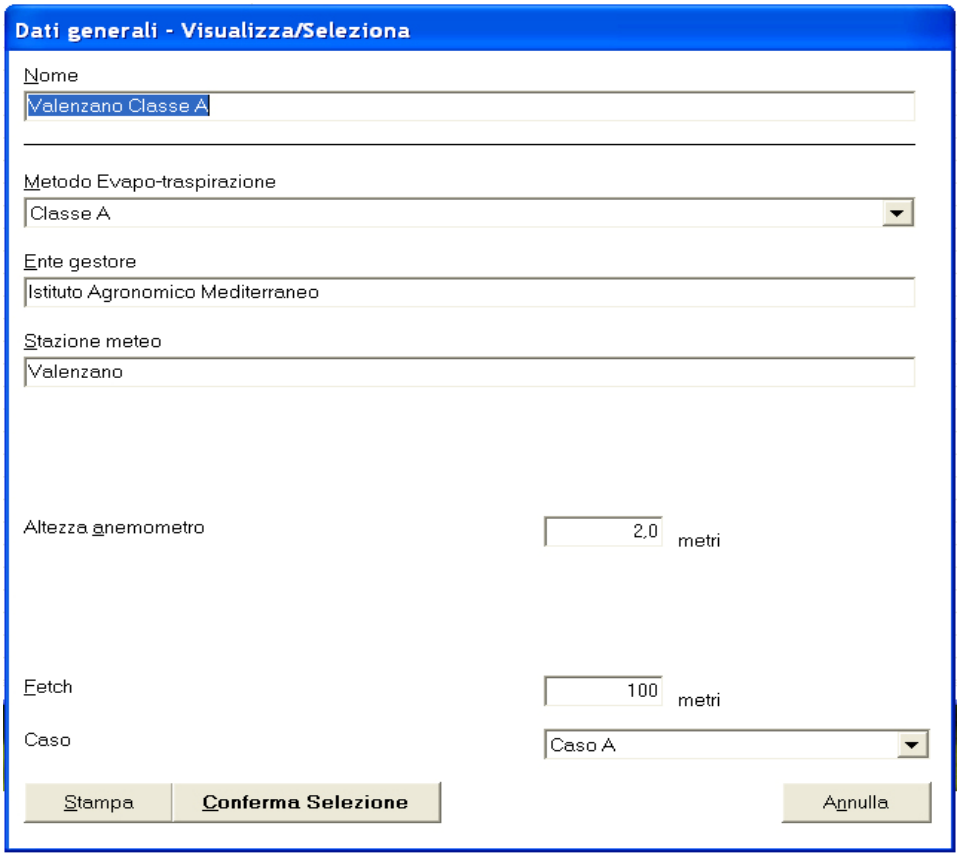
In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).



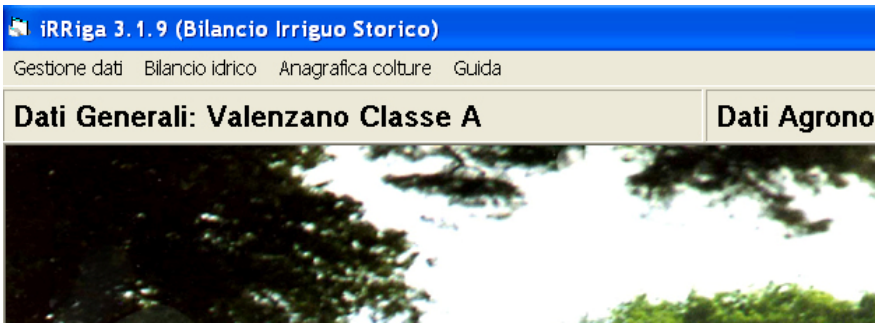
SELEZIONA

Tale pulsante permette di selezionare un archivio di dati generali già esistente senza però poterne modificare i dati, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra contenente i dati relativi all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In questa finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della loro più recente creazione o modifica.

In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), CONFERMA SELEZIONE (per confermare la scelta dell'archivio visualizzato) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).



La pressione del pulsante CONFERMA SELEZIONE provoca la chiusura della finestra dati generali e la comparsa, nel riquadro dedicato ai dati generali nella barra sotto i menu del programma, del nome dell'archivio dati generali selezionato dopo la dicitura: 'Dati Generali: '. In tal modo sarà possibile controllare in qualsiasi momento con quali dati viene eseguito il bilancio.



ESCI

Tale pulsante permette di chiudere la finestra di gestione dati generali, senza selezionare alcun archivio.

III.1.b Gestione dati agronomici

La scelta di tale voce provoca l'apertura della relativa finestra di gestione, a sinistra della quale compare la lista degli eventuali archivi di dati agronomici già presenti, mentre a destra sono incolonnati alcuni pulsanti, denominati:

CREA

MODIFICA

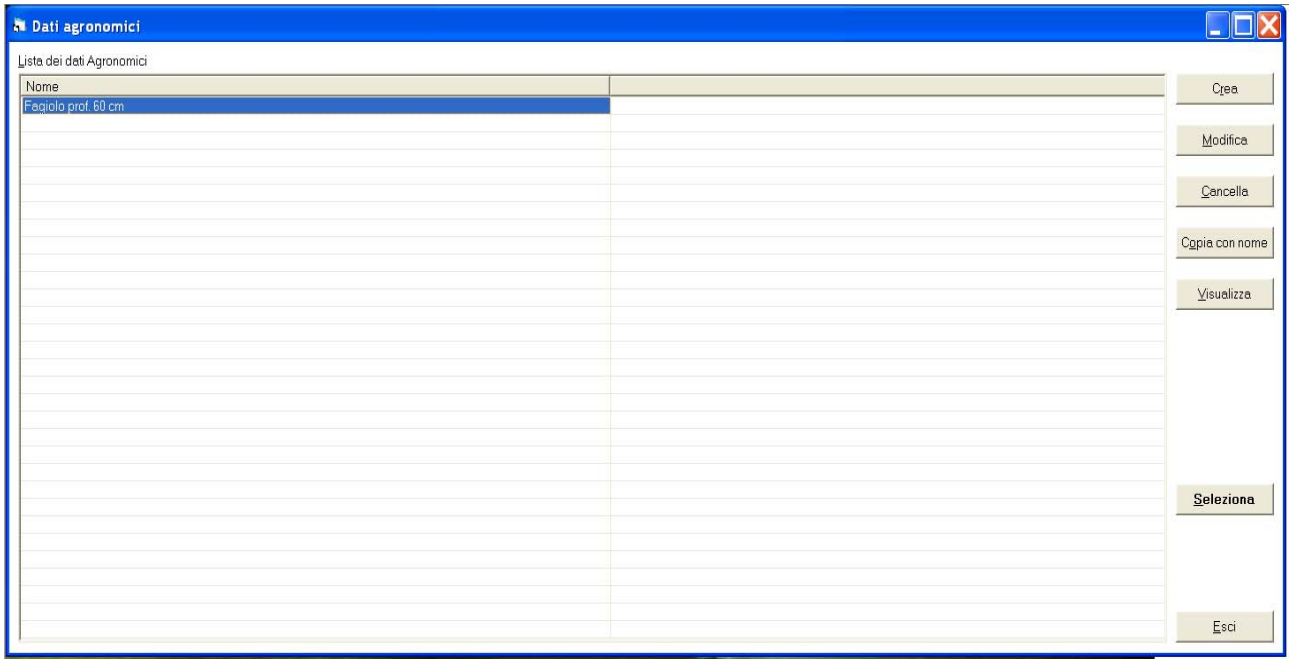
CANCELLA

COPIA CON NOME

VISUALIZZA

SELEZIONA

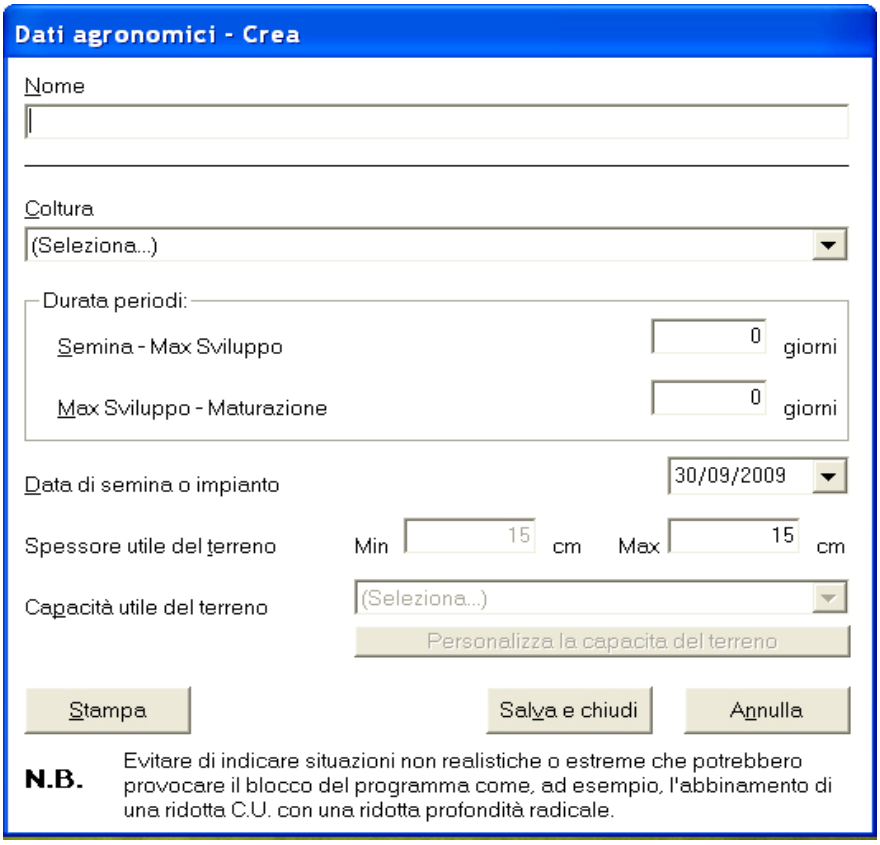
ESCI



N.B. Per altri valori, vedi N.B. al Parag. II.1.b.

CREA

Tale pulsante permette di creare un nuovo archivio di dati agronomici, e la sua pressione provoca l'apertura della relativa finestra di immissione dati.

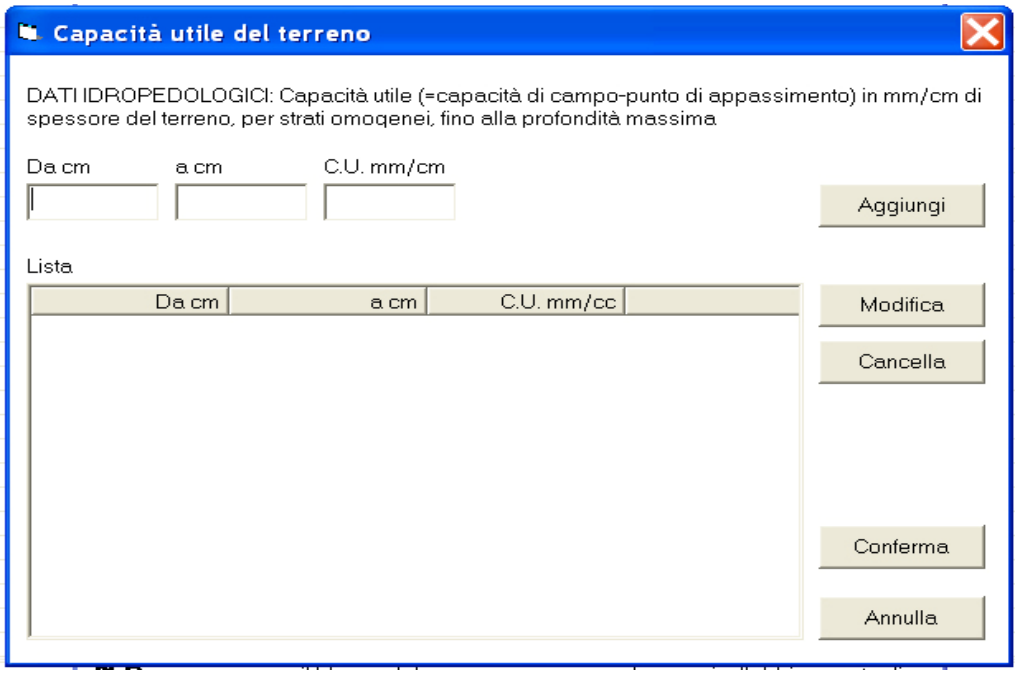


All'interno di tale finestra si opererà:

1. l'immissione del NOME prescelto per l'archivio (max 30 caratteri); si suggerisce di inserire nel nome dell'archivio elementi distintivi della coltura, del ciclo colturale e della stagione colturale;
2. la scelta della COLTURA, tra le possibili colture inizializzate nell'apposito menu ANAGRAFICA COLTURE (vedi dopo), così come compaiono nella lista che appare tirando giù la tendina del campo in questione;
   La scelta della COLTURA comporta la valorizzazione di default dei seguenti successivi campi, comunque modificabili nel contenuto:
   - durata del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni (solo cifre intere);
   - durata del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni (solo cifre intere);
     N.B. la somma delle durate dei due periodi non può superare il valore di 360.
   - SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm (solo cifre intere, limiti 15-300; N.B. all'interno di tale finestra compare anche il campo SPESSORE UTILE DEL TERRENO MIN interessato dalle radici in cm, fissato ad un valore convenzionale di 15 cm e non modificabile);
3. l'immissione della DATA DI SEMINA o IMPIANTO (viene indicata di default la data odierna, che può essere variata digitando quella desiderata o scegliendola su un calendario che apparirà se si clicca sulla freccia a destra del campo data (attenzione al formato data gg/mm/aaaa); N.B. tale data deve essere compatibile con i dati meteo che si immetteranno nella relativa voce di gestione;
4. la scelta della CAPACITA' IDRICA UTILE DEL TERRENO in mm/cm, tra le possibili contemplate nella lista che appare tirando giù la relativa tendina:
   0,5 mm/cm (sabbioso)
   1,0 mm/cm (medio impasto)
   1,5 mm/cm (argilloso)

Personalizzato….
se nella lista della CAPACITA' IDRICA UTILE DEL TERRENO si sceglie l'opzione 'Personalizzato…', comparirà una maschera che permette di immettere una capacità utile diversa da quelle preimpostate contemplate nella lista, ovvero una capacità utile variabile con l'approfondimento, attraverso l'indicazione di: profondità di inizio dello strato in cm (solo cifre intere, max comunque inferiore alla profondità radicale massima); profondità di fine dello strato in cm (solo cifre intere, max 300 cm); valore della capacità utile per quello strato (solo cifre con due decimali). Nella maschera di immissione sono presenti i pulsanti AGGIUNGI (per aggiungere la capacità utile immessa nei campi in alto alla sequenza delle capacità utili già immesse nell'area in basso), MODIFICA (per modificare la capacità utile che si è selezionata cliccandoci sopra nell'area in basso), CANCELLA (per cancellare la capacità utile che si è selezionata cliccandoci sopra nell'area in basso), CONFERMA (per memorizzare la sequenza delle capacità utili immesse) e ANNULLA (per chiudere la maschera di immissione senza memorizzare la sequenza immessa o modificata).

N.B. Se l'utente, dopo aver immesso una capacità idrica personalizzata, decide di modificarla immettendo valori diversi, dovrà prima cancellare le righe di valori precedentemente immesse. Se invece decide di optare per una delle capacità prefissate, comparirà una maschera di dialogo che richiederà di cancellare preventivamente i valori della capacità personalizzata precedentemente immessi.

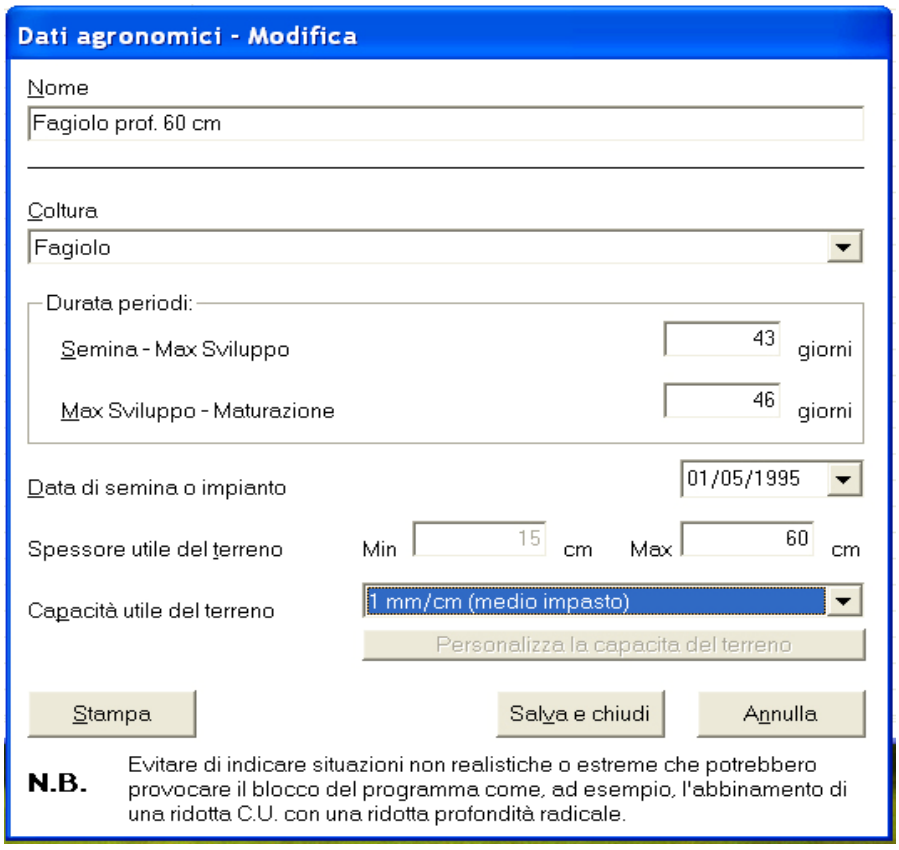


In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei dati eventualmente immessi).

MODIFICA

Tale pulsante permette di modificare un archivio di dati agronomici già esistente, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.

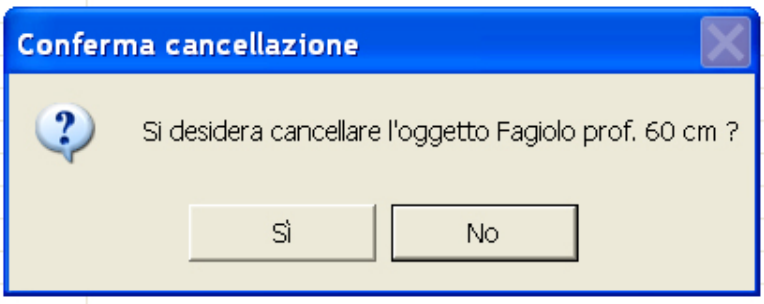
I dati modificabili sono gli stessi già descritti per il pulsante CREA, con le medesime istruzioni, alle quali si rinvia.



Anche qui in basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio così come modificati) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei nuovi dati eventualmente immessi a modifica dei precedenti).

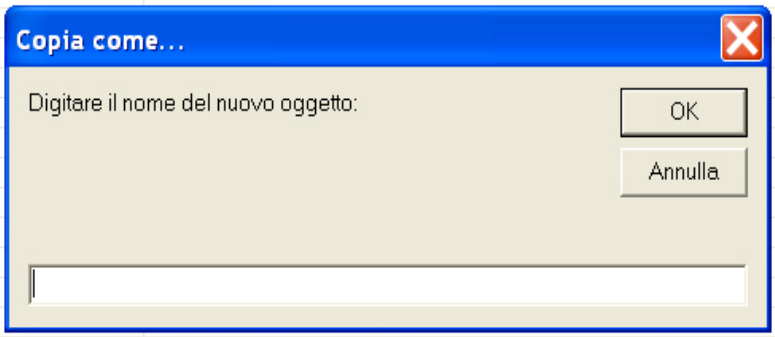
CANCELLA

Tale pulsante permette di cancellare l'archivio di dati agronomici già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di conferma della cancellazione, per evitare una perdita involontaria di dati.



COPIA CON NOME

Tale pulsante permette di creare una copia dell'archivio di dati agronomici già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di richiesta del nome da dare all'archivio copia.

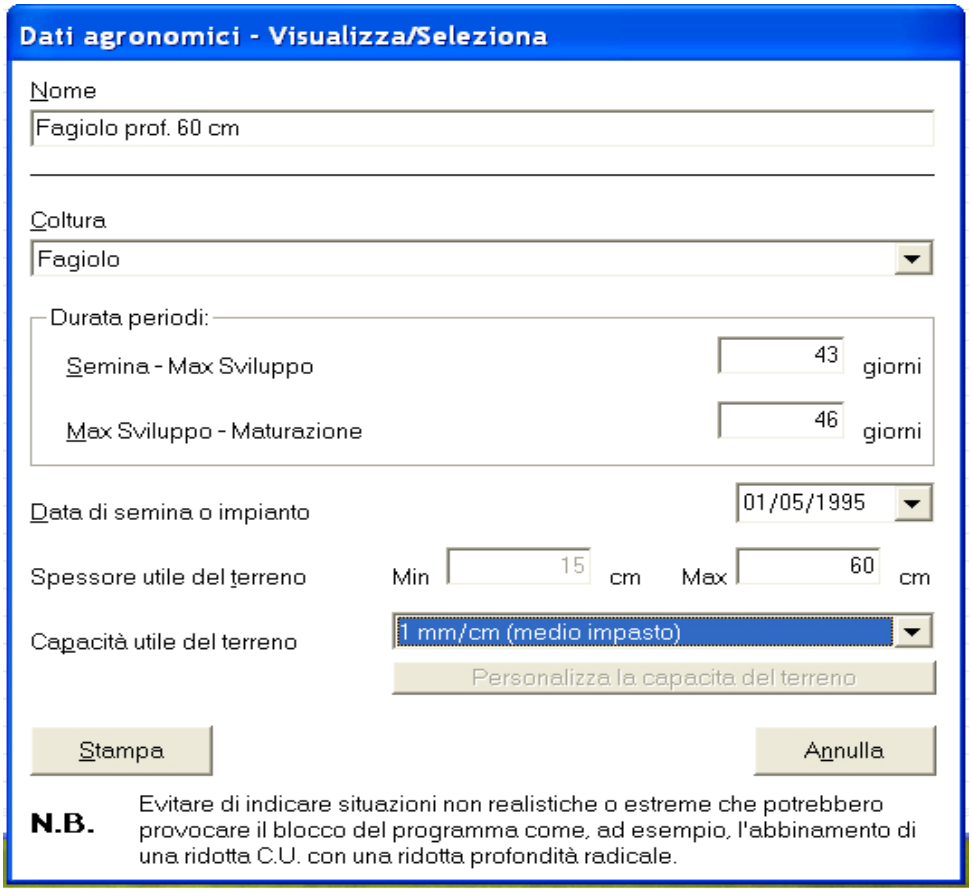


Il nuovo archivio comparirà così nell'elenco dei dati agronomici, e potrà essere eventualmente modificato attraverso il relativo tasto MODIFICA, già descritto.

VISUALIZZA

Tale pulsante permette di visualizzare un archivio di dati agronomici già esistente senza però poterli modificare, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.

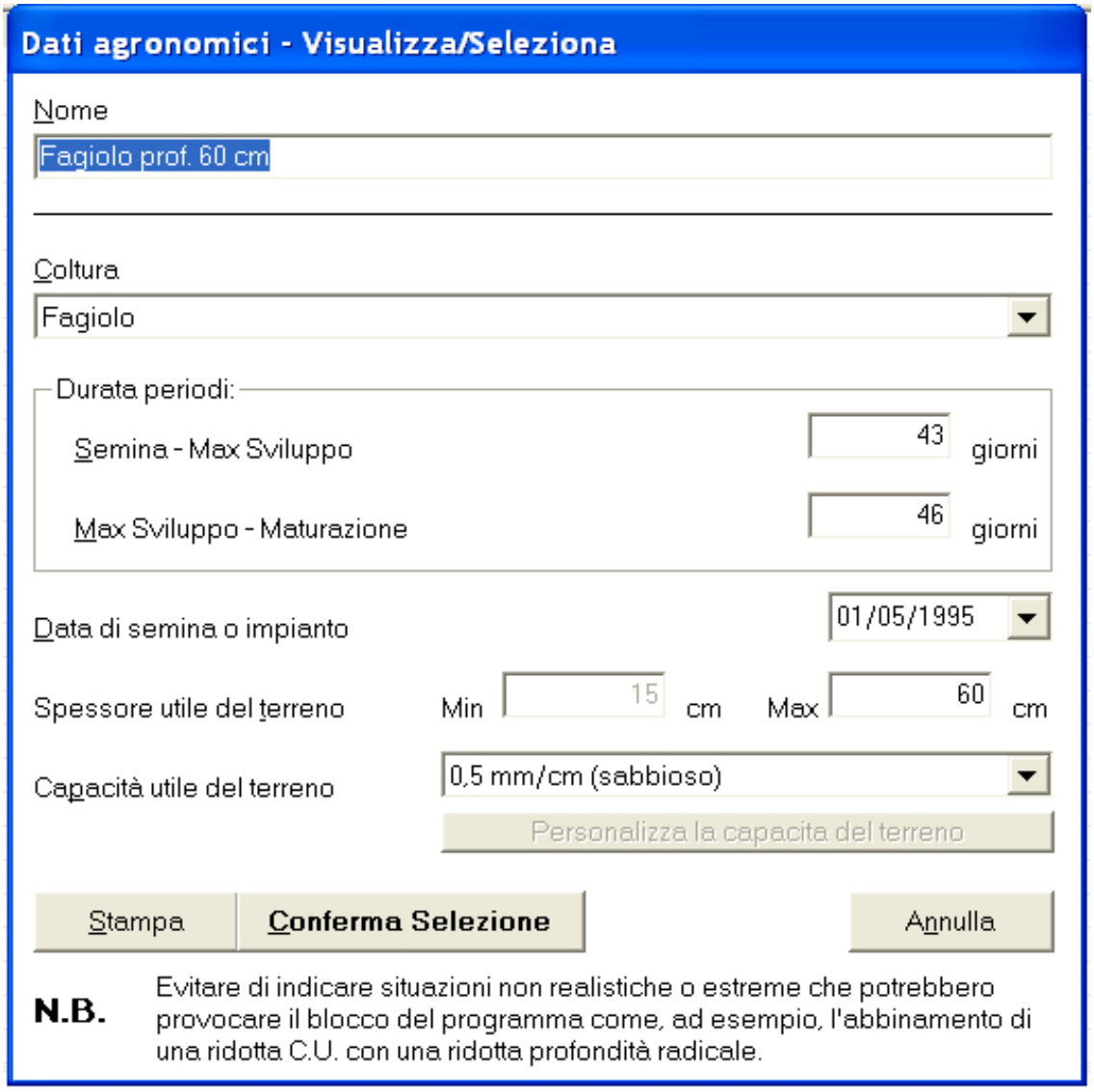
In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).



SELEZIONA

Tale pulsante permette di selezionare un archivio di dati agronomici già esistente senza però poterne modificare i dati, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra contenente i dati relativi all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In questa finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della loro più recente creazione o modifica.

In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), CONFERMA SELEZIONE (per confermare la scelta dell'archivio visualizzato) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).



La pressione del pulsante CONFERMA SELEZIONE provoca la chiusura della finestra dati agronomici e la comparsa, nel riquadro dedicato ai dati agronomici nella barra sotto i menu del programma, del nome dell'archivio dati agronomici selezionato dopo la dicitura: 'Dati Agronomici:'. In tal modo sarà possibile controllare in qualsiasi momento con quali dati viene eseguito il bilancio.

ESCI

Tale pulsante permette di chiudere la finestra di gestione dati agronomici, senza selezionare alcun archivio.

III.1.c Gestione dati meteo

Ricordando nuovamente che la gestione dei dati meteo è diversa nei due Sottoprogrammi Bilancio Irriguo Storico e Pilotaggio Irriguo, si raccomanda di porre particolare attenzione ai N.B. che seguono.

La scelta di tale voce provoca l'apertura della relativa finestra di gestione, a sinistra della quale compare la lista degli eventuali archivi di dati meteo già presenti, mentre a destra sono incolonnati alcuni pulsanti, denominati:

CREA

MODIFICA

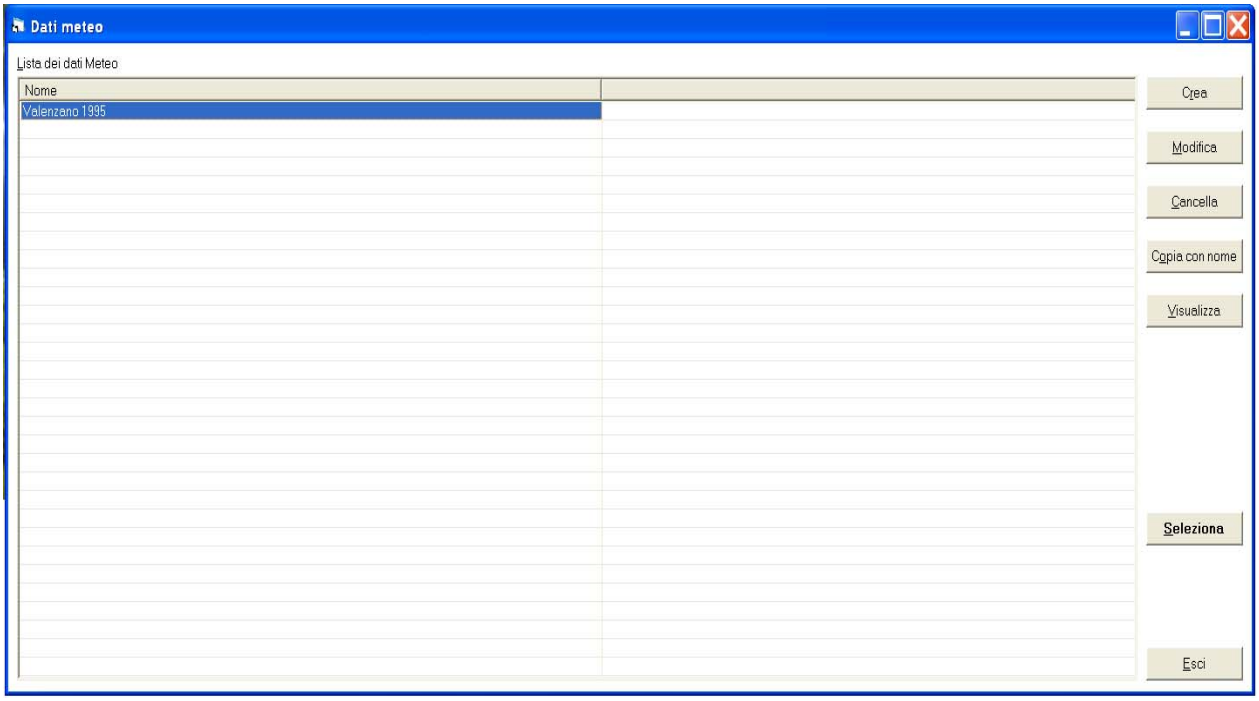
CANCELLA

COPIA CON NOME

VISUALIZZA

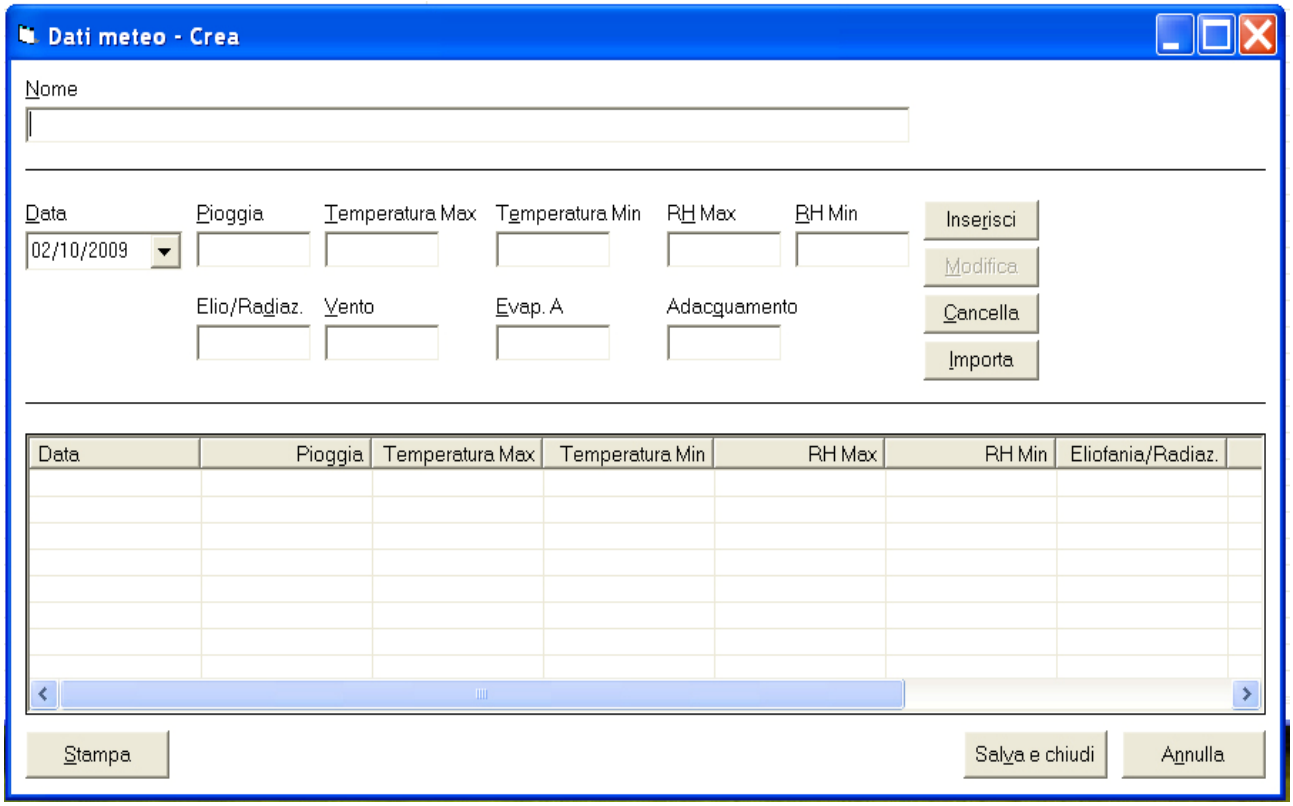
SELEZIONA

ESCI



CREA

Tale pulsante permette di creare un nuovo archivio di dati meteo, e la sua pressione provoca l'apertura della relativa finestra di immissione dati.



All'interno di tale finestra si opererà:

1. l'immissione del NOME prescelto per l'archivio (max 30 caratteri); si suggerisce di inserire nel nome dell'archivio elementi distintivi del periodo cui i dati si riferiscono;
2. l'immissione dei dati meteo del giorno, distinti nei seguenti:

- la DATA, che al primo giorno di immissione è preimpostata su quella odierna, ma può essere variata digitando quella desiderata o scegliendola su un calendario che apparirà tirando giù la relativa tendina (attenzione al formato data gg/mm/aaaa);
- la PIOGGIA in mm (solo cifre con un decimale, limiti 0,0-200,0);
- la TEMPERATURA MAX in °C (solo cifre con segno e un decimale, limiti –20,0 / +50,0);
- la TEMPERATURA MIN in °C (solo cifre con un decimale e segno, limiti –20,0 / +50,0);
- N.B. La temperatura min non può essere superiore alla max.
- la RH (UMIDITA' REL.) MAX in % (solo cifre intere, limiti 0-100);
- la RH (UMIDITA' REL.) MIN in % (solo cifre intere, limiti 0-100);
- N.B. La rh min non può essere superiore alla max.
- la ELIOFANIA in ore e decimi oppure la RADIAZIONE in cal/cm^2 × giorno (solo cifre, limiti 0-999); N.B. se il dato immesso è minore o uguale a 17,0, verrà interpretato come eliofania, se è superiore a 17,0 verrà interpretato come radiazione;
- il VENTO sfilato in km/giorno (solo cifre intere, limiti 0-400);
- l'EVAPORATO di Classe A in mm (solo cifre con un decimale, limiti 0,0-10,0);
- l'eventuale ADACQUAMENTO in mm (solo cifre con un decimale, limiti 0,0-100,0);

N.B. Se si è scelto il metodo di stima della ET della Classe A, sarà sufficiente disporre dei dati di PIOGGIA, RH MAX e MIN, VENTO, EVAPORATO ed eventuale ADACQUAMENTO; se si è scelto il metodo di stima della ET di Hargreaves, sarà sufficiente disporre dei dati di PIOGGIA, TEMPERATURA MAX e MIN ed eventuale ADACQUAMENTO; se si è scelto il metodo di stima della ET di Penman-Monteith FAO, serviranno tutti i dati sopra indicati ad eccezione dell'EVAPORATO; a prescindere dal

metodo prescelto, i dati giornalieri devono comunque essere tutti valorizzati, ponendo a 0 (zero) i dati non necessari per quel metodo.

A destra dei campi di immissione dei dati meteo, sono presenti i pulsanti INSERISCI, MODIFICA, CANCELLA e IMPORTA.

Con il pulsante INSERISCI i dati meteo appena immessi negli appositi campi per il giorno indicato a sinistra vengono trasferiti nella prima riga libera della serie cronologica rappresentata nella parte inferiore della finestra di immissione.

Se si devono modificare uno o più dati di un giorno già inserito, si deve evidenziare la relativa riga nella serie cronologica rappresentata nella parte inferiore della finestra di immissione. Cliccando su una riga, i relativi dati compaiono nell'area di immissione, dove possono essere modificati: premendo poi il pulsante MODIFICA, i dati meteo modificati vengono ritrasferiti nella serie cronologica.

Con il pulsante CANCELLA i dati meteo della riga evidenziata sulla serie cronologica rappresentata nella parte inferiore della finestra di immissione possono essere cancellati (la riga viene eliminata dalla serie). Un messaggio di richiesta di conferma della cancellazione permette di evitare cancellazioni involontarie.

N.B. Al termine delle operazioni di inserimento, modifica o cancellazione, si deve verificare che non vi siano né duplicazioni né vuoti nella serie dei dati giornalieri sui quali dovrà essere eseguito il bilancio.

Con il pulsante IMPORTA possono essere importate serie di dati meteo da archivi esterni. Il file deve contenere i seguenti 10 dati: data (gg/mm/aaaa), pioggia (mm e decimi con separatore virgola), tmax (gradi e decimi con separatore virgola), tmin (gradi e decimi con separatore virgola), rhmax (% e decimi con separatore virgola), rhmin (% e decimi con separatore virgola), eliofania/radiazione (ore oppure cal/cm^2 e decimi con separatore virgola), vento sfilato giornaliero (km e decimi con separatore virgola), evaporato di classe A (mm e decimi con separatore virgola) e adacquamenti (mm e decimi con separatore virgola). Il file deve essere in **formato CSV** (è un formato testo con separatore punto e virgola tra i dati), che si può ottenere esportando i dati da EXCEL attraverso il comando Salva con nome e scegliendo il formato CSV. **I dati assenti devono comunque essere rappresentati con lo 0 (zero).**

N.B. Nel caso del Bilancio Irriguo Storico, la serie di dati meteo deve avere estensione minima da 5 giorni prima della semina/impianto alla data della maturazione, fino ad un intero anno.

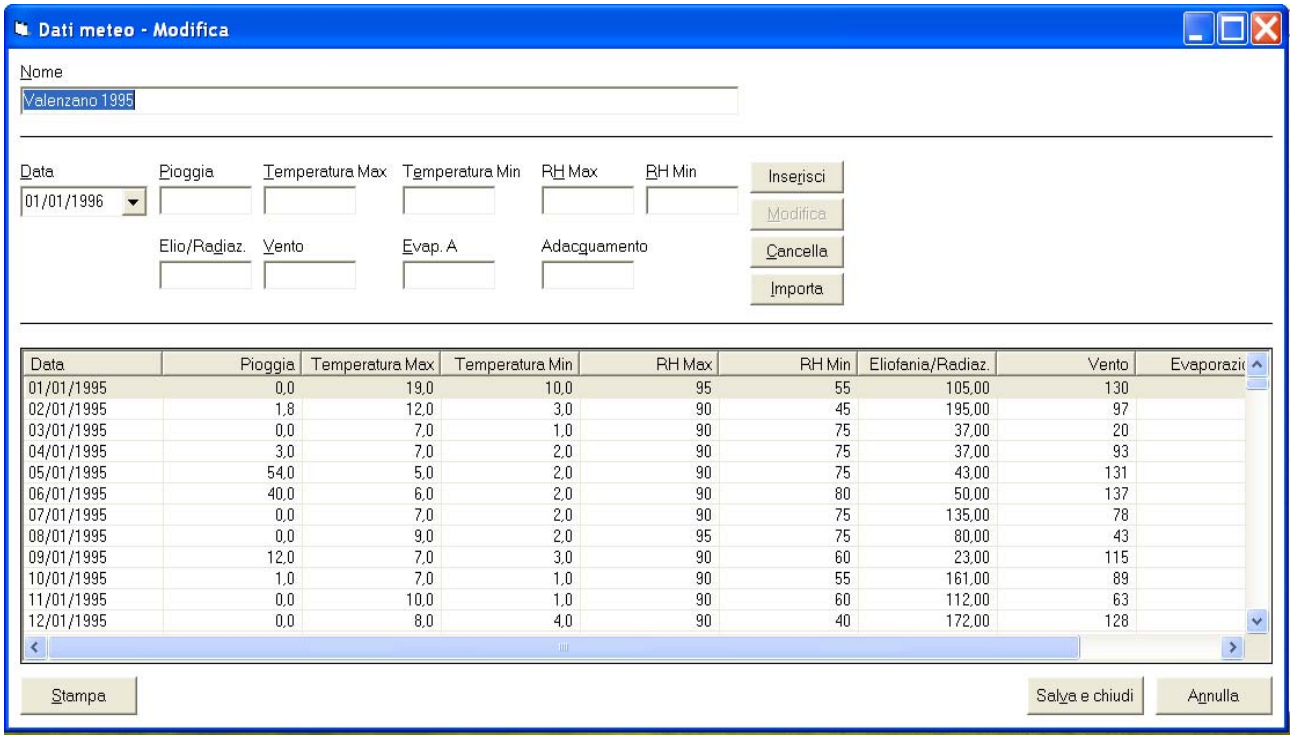
N.B. Nel caso del Pilotaggio Irriguo, la serie di dati meteo deve necessariamente iniziare almeno 5 giorni prima della data di semina/impianto (periodo minimo per il calcolo delle eventuali piogge infiltrate) e deve essere estesa al minimo fino alla data della semina/impianto ed al massimo fino alla data della maturazione.

In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei dati eventualmente immessi).

MODIFICA

Tale pulsante permette di modificare un archivio di dati meteo già esistente, **per aggiungere nuovi dati e/o modificare dati già memorizzati**, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.

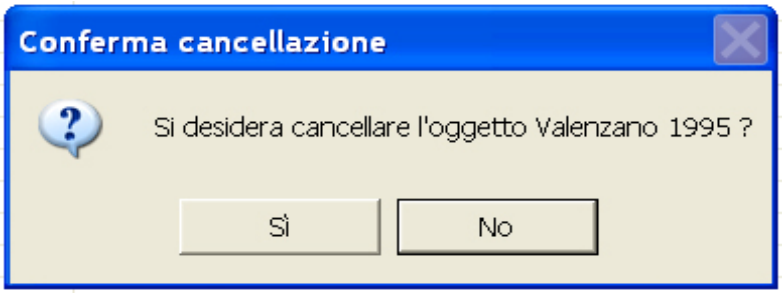
I dati modificabili sono gli stessi già descritti per il pulsante CREA, con le medesime istruzioni, alle quali si rinvia.



Anche qui in basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio così come modificati) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei nuovi dati eventualmente immessi a modifica dei precedenti).

CANCELLA

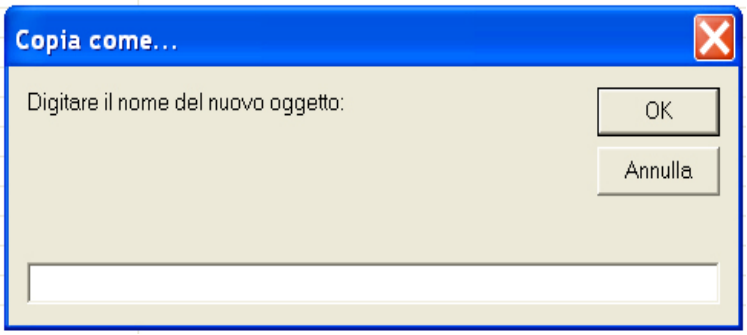
Tale pulsante permette di cancellare l'archivio di dati meteo già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di conferma della cancellazione, per evitare una perdita involontaria di dati.



COPIA CON NOME

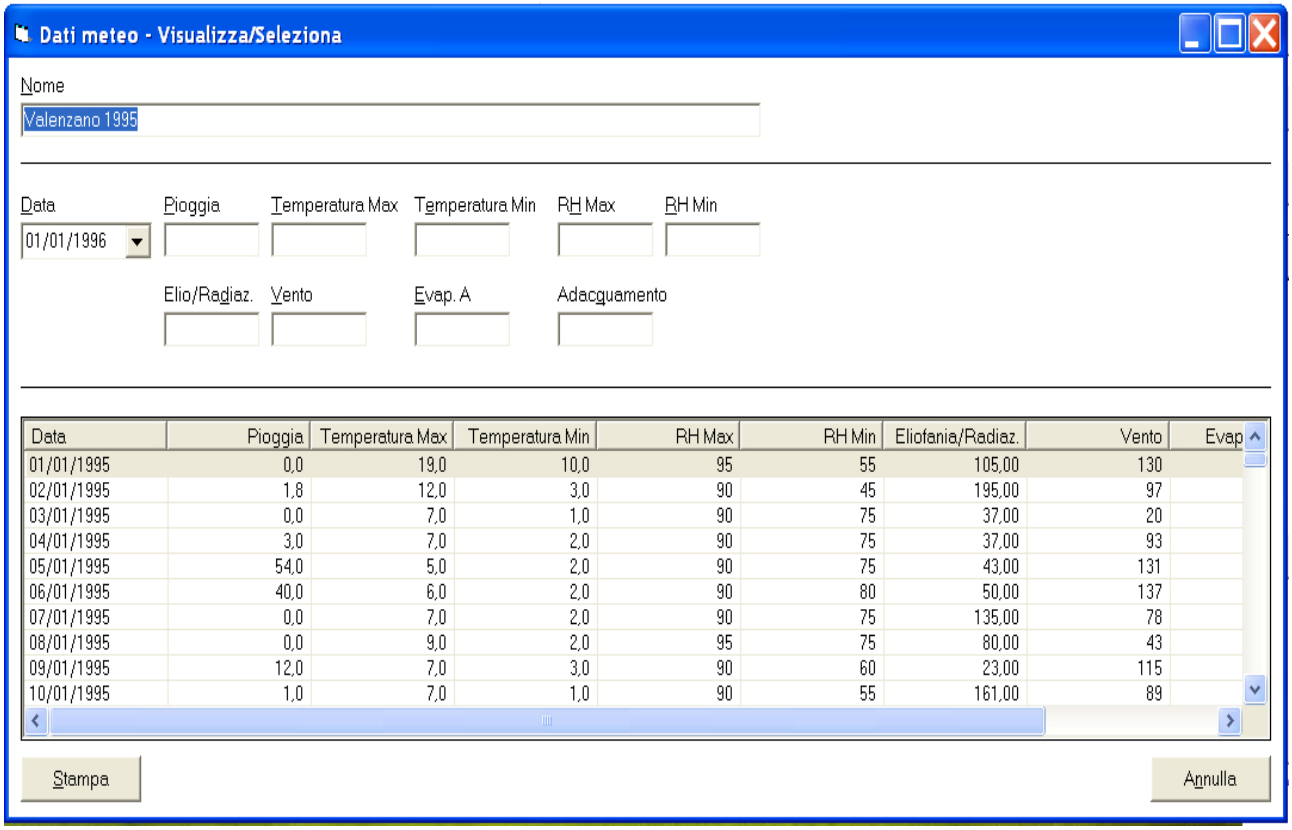
Tale pulsante permette di creare una copia dell'archivio di dati meteo già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra.

Alla sua pressione compare un messaggio di richiesta del nome da dare all'archivio copia. Il nuovo archivio comparirà così nell'elenco a sinistra, e potrà essere eventualmente modificato attraverso il relativo tasto MODIFICA, già descritto.



VISUALIZZA

Tale pulsante permette di visualizzare un archivio di dati meteo già esistente senza però poterli modificare. La sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.



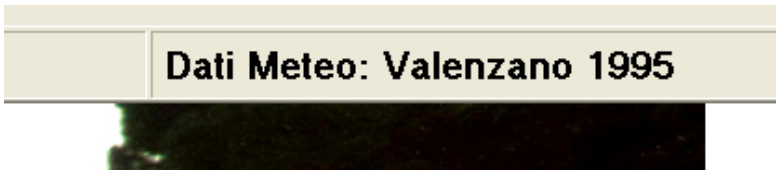
In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).

SELEZIONA

Tale pulsante permette di selezionare l'archivio di dati meteo già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra per la successiva esecuzione del bilancio. La sua pressione provoca l'apertura della finestra contenente i dati relativi all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In questa finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della loro più recente creazione o modifica.

In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), CONFERMA SELEZIONE (per confermare la scelta dell'archivio visualizzato) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).

La pressione del pulsante CONFERMA SELEZIONE provoca la chiusura della finestra dati meteo e la comparsa, nel riquadro dedicato ai dati meteo nella barra sotto i menu del programma, del nome dell'archivio dati meteo selezionato dopo la dicitura: 'Dati Meteo:'. In tal modo sarà possibile controllare in qualsiasi momento con quali dati viene eseguito il bilancio.



ESCI

Tale pulsante permette di chiudere la finestra di gestione dati meteo, senza selezionare alcun archivio.

III.2 *MENU ANAGRAFICA COLTURE*

N.B. Per eseguire un bilancio idrologico non è necessario operare la selezione di dati colturali, in quanto essi vengono caricati al momento della scelta della coltura all'interno dei dati agronomici.

Tale menu permette invece di aggiungere nuove colture all'elenco di quelle già presenti nella relativa opzione di scelta nell'ambito della gestione DATI AGRONOMICI, o di modificare i dati di colture già esistenti nell'elenco stesso. Si tratta quindi di una voce di 'di servizio', e non di input per l'esecuzione del bilancio idrologico.

La scelta di tale voce provoca l'apertura della relativa finestra di gestione, a sinistra della quale compare la lista degli eventuali archivi di dati meteo già presenti, mentre a destra sono incolonnati alcuni pulsanti, denominati:

N.B. Per altri valori, vedi N.B. al Parag. II.1.d.

CREA

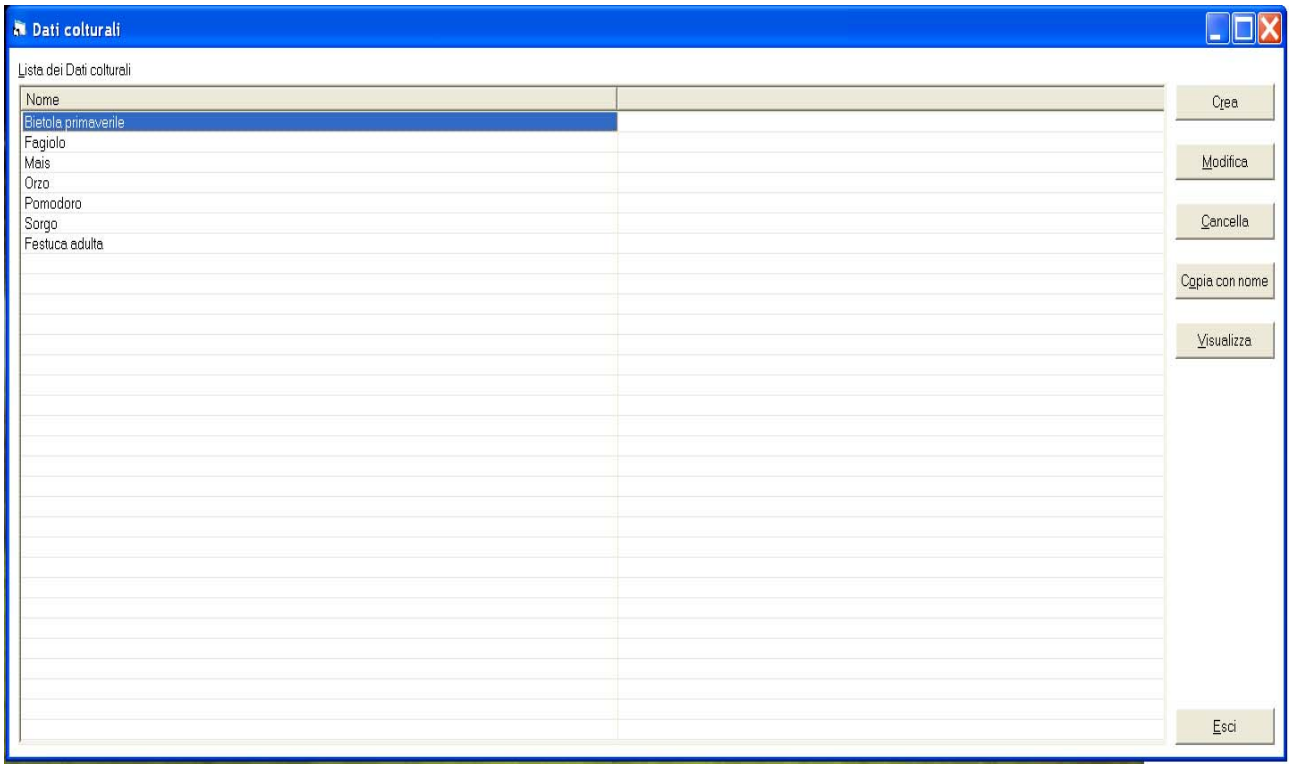
MODIFICA

CANCELLA

COPIA CON NOME

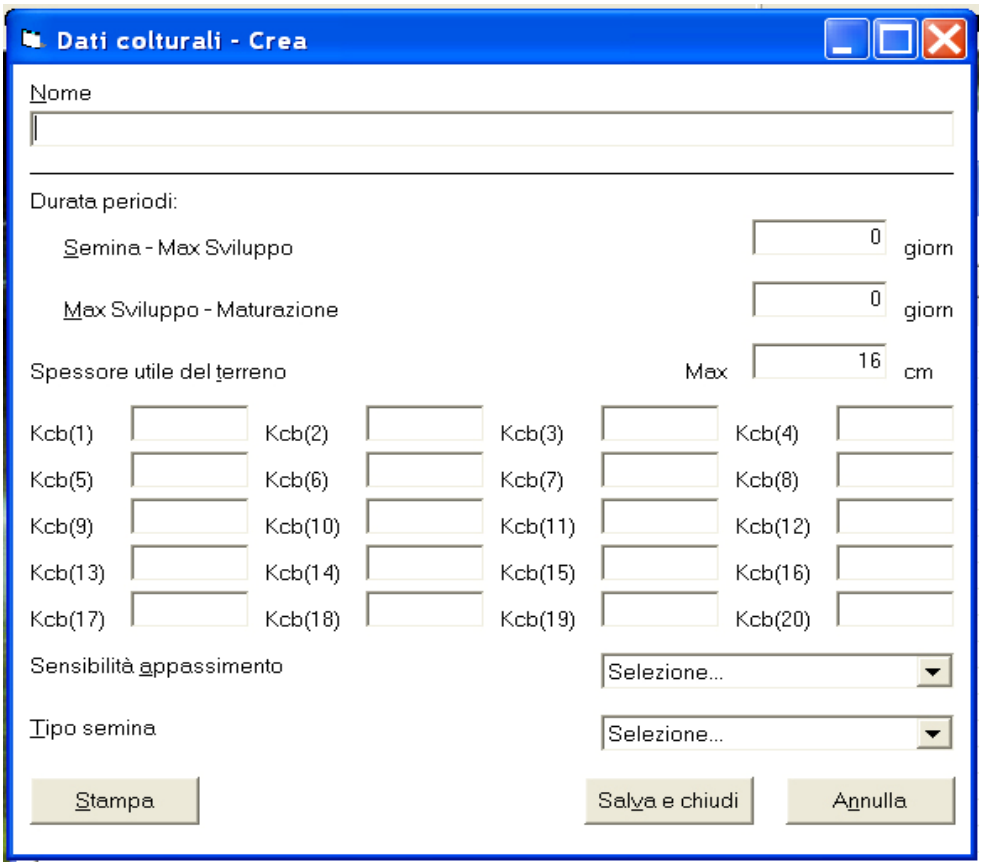
VISUALIZZA

ESCI



CREA

Tale pulsante permette di creare un nuovo archivio di dati colturali, e la sua pressione provoca l'apertura della relativa finestra di immissione dati.



All'interno di tale finestra si opererà:

8. l'immissione del NOME della coltura (max 30 caratteri); si suggerisce di inserire nel nome dell'archivio elementi distintivi in caso esistano più archivi della stessa coltura;
9. l'immissione della durata del periodo SEMINA-MAX SVILUPPO in giorni (solo cifre intere);
10. l'immissione della durata del periodo MAX SVILUPPO-MATURAZIONE in giorni (solo cifre intere);

N.B. la somme delle durate dei due periodi non può superare il valore di 360.

11. l'immissione dello SPESSORE UTILE DEL TERRENO MAX interessato dalle radici in cm (solo cifre intere, limiti 16-300);

Si fa presente che i precedenti tre dati vengono qui valorizzati quali standard per la coltura che si sta definendo, ma, poiché vengono riproposti nella gestione DATI AGRONOMICI, possono essere modificati anche in quell'ambito per la successiva esecuzione del bilancio.

12. l'immissione dei 20 valori del kcb (coefficiente colturale basale) per la coltura;
    Si fa riferimento alla tab. 6.8 di pag. 211 di *Design and operation of farm irrigation systems*. edit. M. E. Jensen, American Society of Agricultural Engineers, Monog. n. 3, Revise printing, 1983. In tale tabella appaiono i kcb per sorgo, fagiolo, pomodoro, orzo, mais, barbabietola tardiva e precoce in coltivazione irrigua in ambiente mediterraneo, da utilizzarsi su base ET_o festuca, ricavati da misurazioni lisimetriche nella stazione di Davis (California) nel periodo 1965-1975. I primi 10 valori sono quelli della coltura in corrispondenza di stadi successivi dal 10 al 100% del tempo intercorrente tra la semina/impianto ed il kc di punta (massimo sviluppo). I successivi 10 valori sono quelli della coltura a 10, 20 .. fino a 100 giorni dopo il kc di punta.
    N.B. Per la festuca, rappresentante la coltura standard per la rilevazione della ETo, come si potrà vedere dai relativi dati colturali, il kcb è stato posto sempre uguale a 1,00 su un ciclo colturale pari a circa l'intero anno.

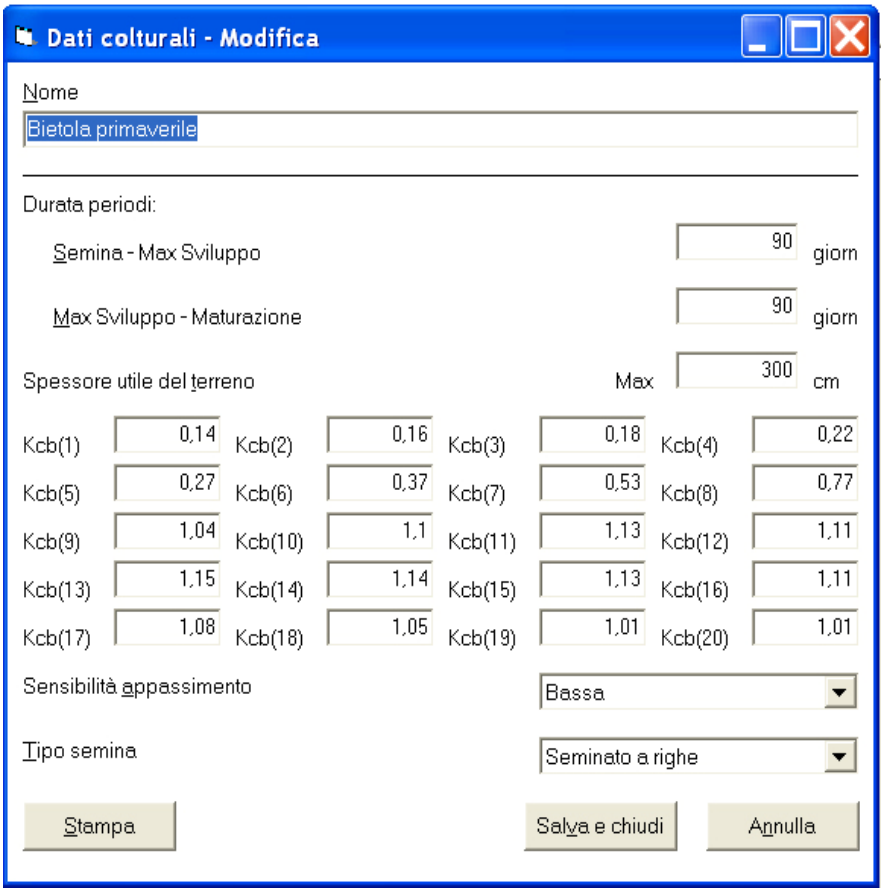
13. l'immissione della SENSIBILITÀ ALL'APPASSIMENTO della coltura, scegliendo, dal menu a tendina che si apre cliccando sulla freccia a destra del campo, uno dei quattro valori possibili: altissima, alta, media o bassa;
    Per tale scelta si faccia riferimento alla tabella 19 pubblicata a pag. 28 della versione in inglese del Paper FAO Irrigation and Drainage n. 33, *Yeld response to water*, che classifica le colture in quattro gruppi, secondo la sensibilità al deficit idrico. Nella successiva tab. 20, a ciascun gruppo corrisponde un set di valori di 'p', che rappresenta la frazione di capacità idrica del terreno che può essere consumata prima che la coltura soffra un deficit idrico, ovvero finchè la ETa non diviene sensibilmente inferiore alla ETm. Nella tabella, si osserva che il valore di 'p' diminuisce all'aumentare della sensibilità all'appassimento e all'aumentare del valore della ETm, Il consumo della frazione 'p' determina il punto di intervento irriguo, cioè il momento dell'adacquamento nell'irrigazione turnata.
14. l'immissione del TIPO di SEMINA della coltura, scegliendo, dal menu a tendina che si apre cliccando sulla freccia a destra del campo, uno dei due valori possibili: a righe o a spaglio;
    Tale scelta è necessaria per il calcolo della pioggia infiltrata, secondo il metodo proposto a pag. 38 dell'Irrigation and Drainage Paper FAO n. 25, *Effective rainfall*, facente riferimento alla procedura sviluppata dall'SCS dell'USDA nel 1969 per la stima del volume e del flusso massimo di ruscellamento superficiale.

In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei dati eventualmente immessi).

MODIFICA

Tale pulsante permette di modificare un archivio di dati colturali già esistente, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.

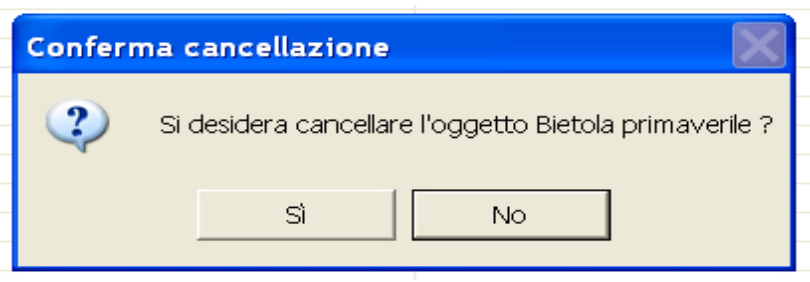
I dati modificabili sono gli stessi già descritti per il pulsante CREA, con le medesime istruzioni, alle quali si rinvia.



Anche qui in basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio), SALVA E CHIUDI (per la memorizzazione dei dati dell'archivio così come modificati) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione senza memorizzazione dei nuovi dati eventualmente immessi a modifica dei precedenti).

CANCELLA

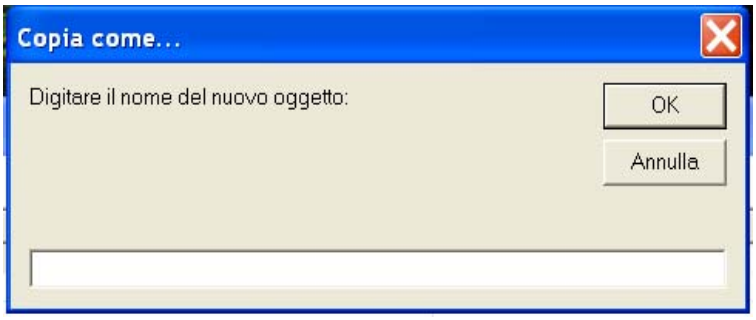
Tale pulsante permette di cancellare l'archivio di dati colturali già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra. Alla sua pressione compare un messaggio di conferma della cancellazione, per evitare una perdita involontaria di dati.



COPIA CON NOME

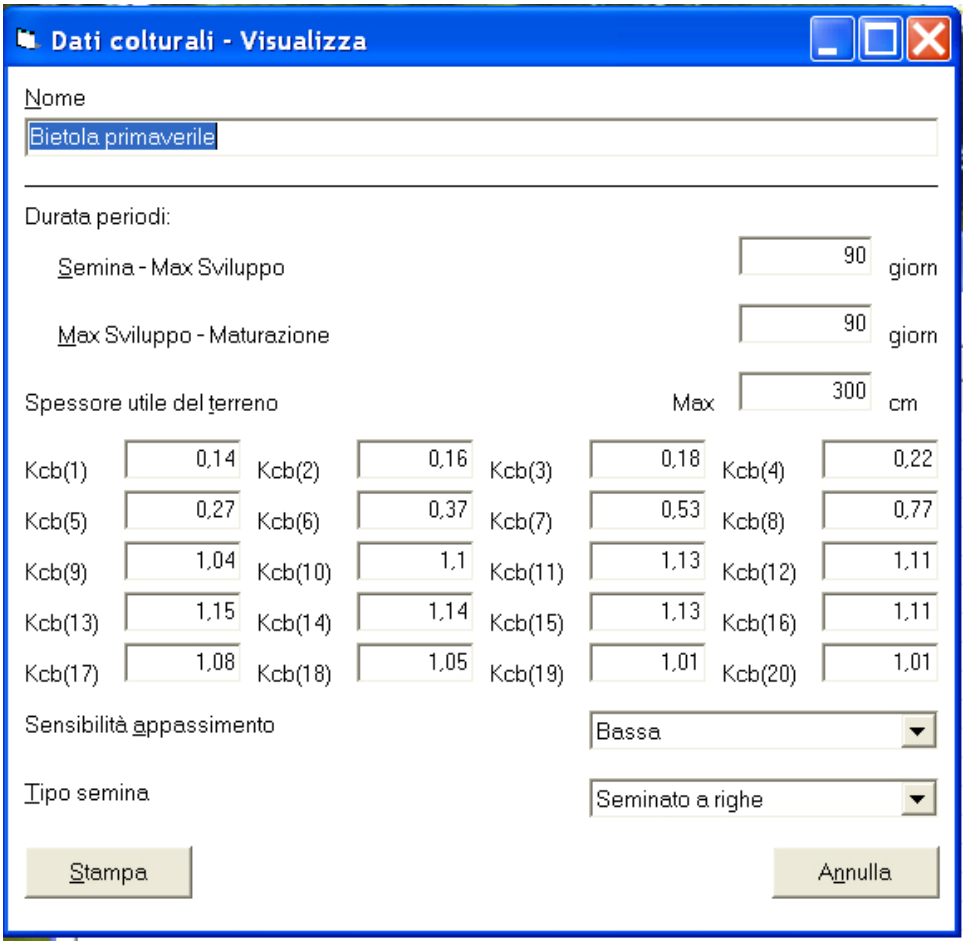
Tale pulsante permette di creare una copia dell'archivio di dati meteo già esistente evidenziato nell'elenco a sinistra.

Alla sua pressione compare un messaggio di richiesta del nome da dare all'archivio copia. Il nuovo archivio comparirà così nell'elenco a sinistra, e potrà essere eventualmente modificato attraverso il relativo tasto MODIFICA, già descritto.



VISUALIZZA

Tale pulsante permette di visualizzare un archivio di dati colturali già esistente senza però poterli modificare, e la sua pressione provoca l'apertura della finestra di immissione dati relativa all'archivio che è stato evidenziato nell'elenco a sinistra. In detta finestra compariranno i dati memorizzati all'atto della più recente creazione o modifica.



In basso sono presenti i pulsanti STAMPA (per la stampa dei dati immessi nell'archivio) e ANNULLA (per la chiusura della finestra di immissione).

ESCI

Tale pulsante permette di chiudere la finestra di gestione dati colturali, senza selezionare alcun archivio.

III.3 *MENU BILANCIO IDRICO*

Con il menu BILANCIO IDRICO si esegue un bilancio o si richiama un bilancio già eseguito e memorizzato.
Si ricorda che per poter eseguire un bilancio ex novo si dovrà prima selezionare un archivio di dati generali, un archivio di dati agronomici ed un archivio di dati meteo, accedendo alle relative voci del precedente menu GESTIONE DATI.
Il Menu Bilancio idrico comprende le voci:

- ESEGUI
- CARICA

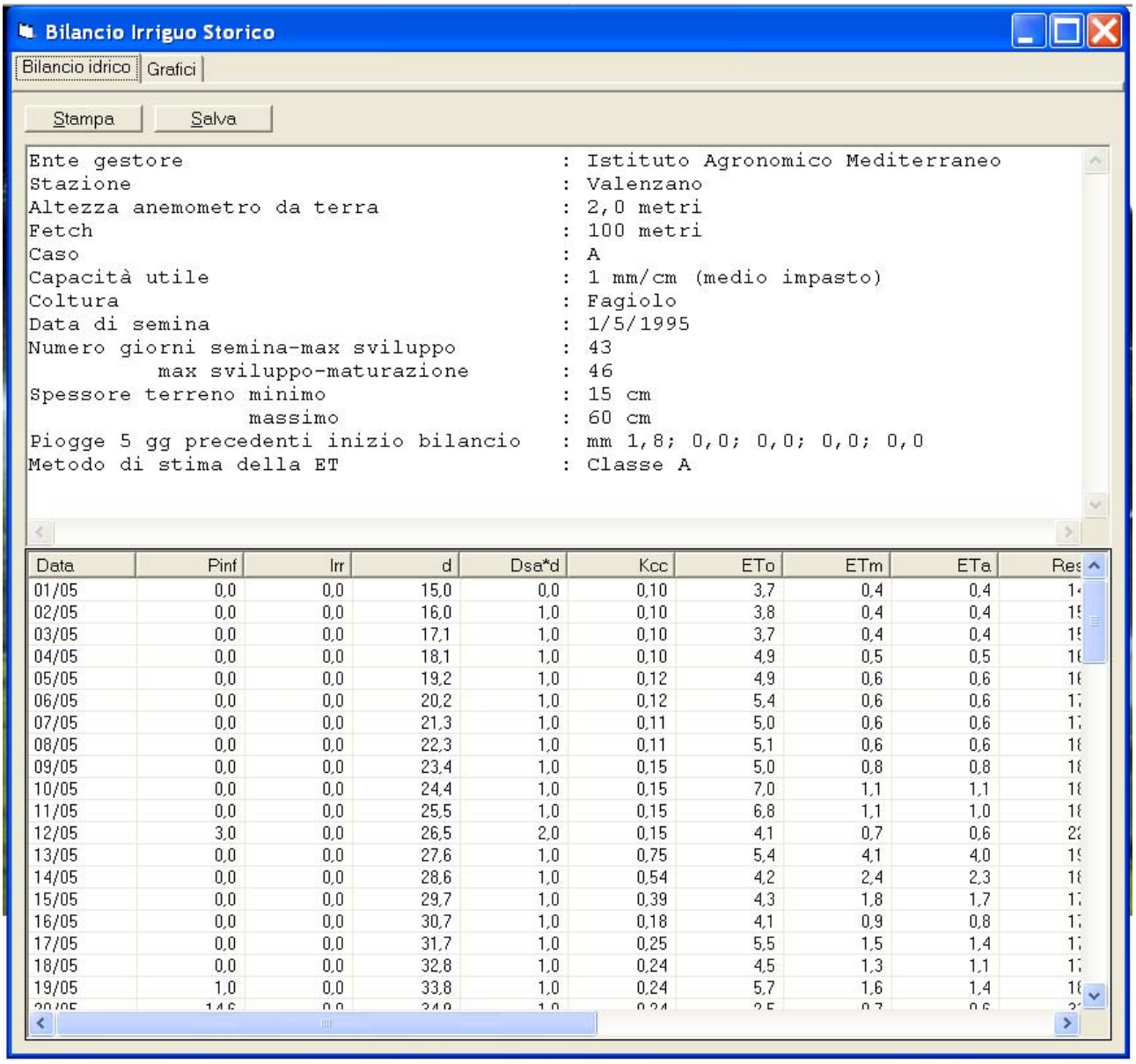
ESEGUI

Una volta selezionato un archivio di dati generali, un archivio di dati agronomici ed un archivio di dati meteo, è possibile eseguire il bilancio idrologico.
La scelta di questa voce attiva l'esecuzione del bilancio e la comparsa della finestra rappresentante l'esito del bilancio stesso.
Tale finestra comprende due schede, una denominata Bilancio idrico, e l'altra denominata Grafici.
Nella parte alta della scheda Bilancio Idrico esiste un'area riservata ai dati di impostazione del bilancio.
Quest'area contiene le seguenti informazioni:

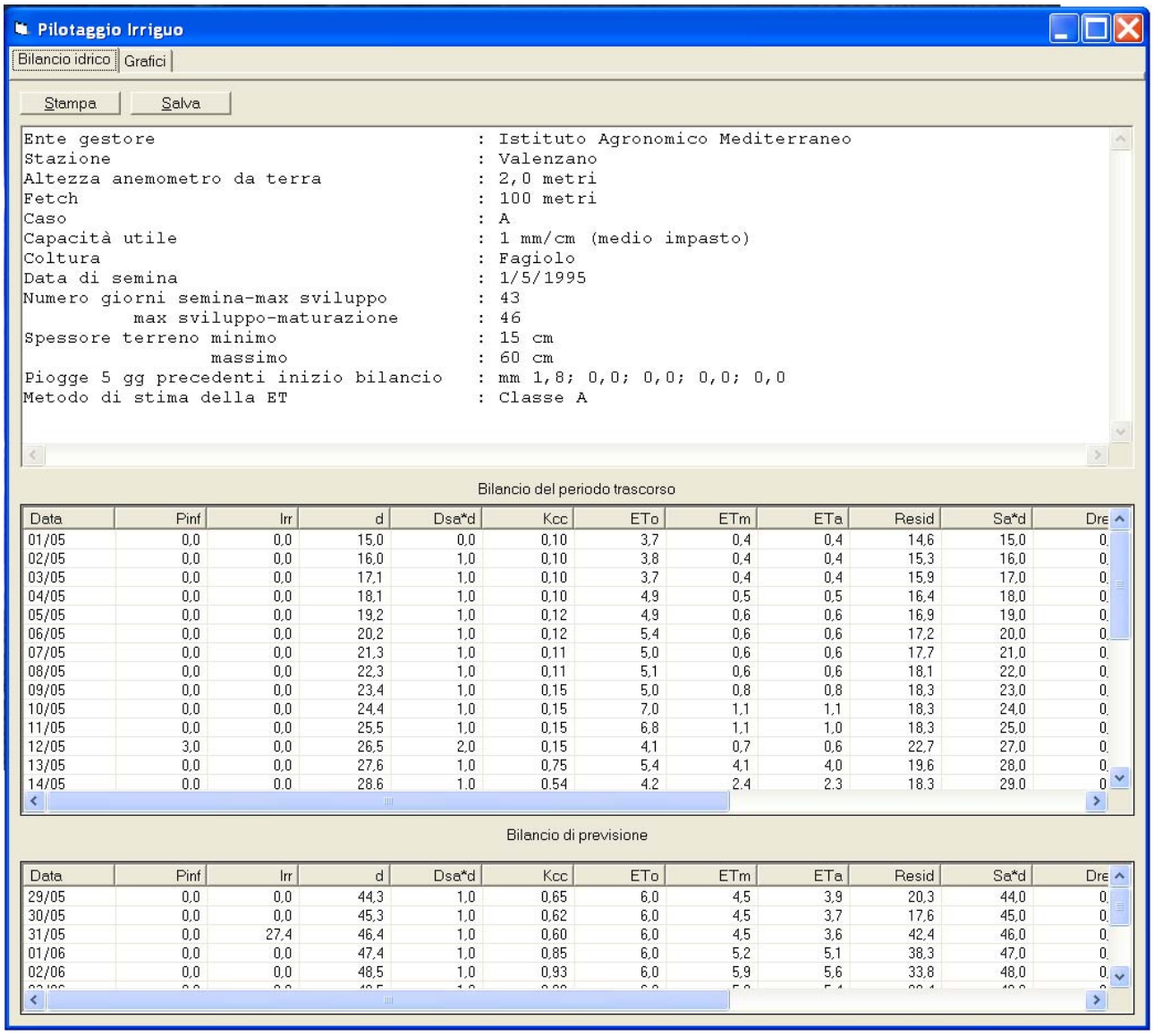
- Nome dell'Ente gestore della Stazione;
- Nome della Stazione;
- Altezza anemometro da terra in metri;
- Fetch in metri (valorizzato se si è scelto il metodo di stima della ET della Classe A);
- Caso A o B (valorizzato se si è scelto il metodo di stima della ET della Classe A);
- Capacità idrica utile in mm/cm;
- Nome della Coltura;

- Data di semina;
- Numero giorni semina- max sviluppo;
- Numero giorni max sviluppo-maturazione;
- Spessore terreno minimo (15 cm);
- Spessore terreno massimo (massima profondità radicale);
- Piogge 5 gg precedenti inizio bilancio in mm;
- Metodo di stima della ET.

N.B. L'aspetto della scheda Bilancio idrico è diverso a seconda che si operi in ambito di Bilancio Irriguo Storico piuttosto che in ambito di Pilotaggio Irriguo. Infatti, nel Bilancio Irriguo Storico la scheda è composta da un'area superiore dotata di barra di scorrimento verticale riservata all'intestazione e da un'area inferiore dotata di barre di scorrimento verticale e orizzontale riservata ai dati del bilancio consuntivo del ciclo colturale selezionato.



Nel Pilotaggio Irriguo, sotto l'area riservata ai dati di bilancio consuntivo, è presente un'altra area dedicata alla parte previsionale del bilancio, intestata: 'Bilanci finali giornalieri per i prossimi dieci giorni:', dotata anch'essa di barre di scorrimento verticale e orizzontale.



Data	Pinf	Irr	d	Dsa*d	Kcc	ETo	ETm	ETa	Resid	Sa*d	Dre
01/05	0,0	0,0	15,0	0,0	0,10	3,7	0,4	0,4	14,6	15,0	0
02/05	0,0	0,0	16,0	1,0	0,10	3,8	0,4	0,4	15,3	16,0	0
03/05	0,0	0,0	17,1	1,0	0,10	3,7	0,4	0,4	15,9	17,0	0
04/05	0,0	0,0	18,1	1,0	0,10	4,9	0,5	0,5	16,4	18,0	0
05/05	0,0	0,0	19,2	1,0	0,12	4,9	0,6	0,6	16,9	19,0	0
06/05	0,0	0,0	20,2	1,0	0,12	5,4	0,6	0,6	17,2	20,0	0
07/05	0,0	0,0	21,3	1,0	0,11	5,0	0,6	0,6	17,7	21,0	0
08/05	0,0	0,0	22,3	1,0	0,11	5,1	0,6	0,6	18,1	22,0	0
09/05	0,0	0,0	23,4	1,0	0,15	5,0	0,8	0,8	18,3	23,0	0
10/05	0,0	0,0	24,4	1,0	0,15	7,0	1,1	1,1	18,3	24,0	0
11/05	0,0	0,0	25,5	1,0	0,15	6,8	1,1	1,0	18,3	25,0	0
12/05	3,0	0,0	26,5	2,0	0,15	4,1	0,7	0,6	22,7	27,0	0
13/05	0,0	0,0	27,6	1,0	0,75	5,4	4,1	4,0	19,6	28,0	0
14/05	0,0	0,0	28,6	1,0	0,54	4,2	2,4	2,3	18,3	29,0	0

Data	Pinf	Irr	d	Dsa*d	Kcc	ETo	ETm	ETa	Resid	Sa*d	Dre
29/05	0,0	0,0	44,3	1,0	0,65	6,0	4,5	3,9	20,3	44,0	0
30/05	0,0	0,0	45,3	1,0	0,62	6,0	4,5	3,7	17,6	45,0	0
31/05	0,0	27,4	46,4	1,0	0,60	6,0	4,5	3,6	42,4	46,0	0
01/06	0,0	0,0	47,4	1,0	0,85	6,0	5,2	5,1	38,3	47,0	0
02/06	0,0	0,0	48,5	1,0	0,93	6,0	5,9	5,6	33,8	48,0	0

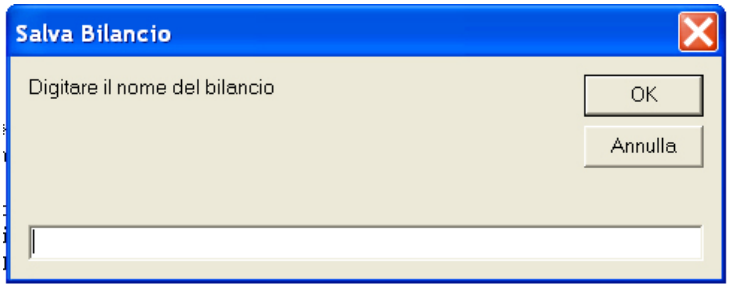
L'area riservata al bilancio consuntivo ha forma di tabella, con tante righe quanti sono i giorni del ciclo colturale nel caso del Bilancio Irriguo Storico, mentre ha tante righe quanti sono i giorni di dati meteo immessi nel caso del Pilotaggio irriguo, e con le seguenti 18 colonne:

- Data (giorno/mese);
- Pinf (piogge infiltrate) in mm;
- Irr (adacquamenti) in mm;
- d (spessore terreno interessato dal bilancio, ovvero profondità radicale) in cm;
- Dsa*d (incremento di capacità idrica utile dovuto all'approfondimento radicale) in mm;
- Kcc (coefficiente colturale corretto), adimensionale;
- Eto (evapotraspirazione potenziale su coltura standard festuca) in mm;
- ETm (evapotraspirazione massima della coltura) in mm;

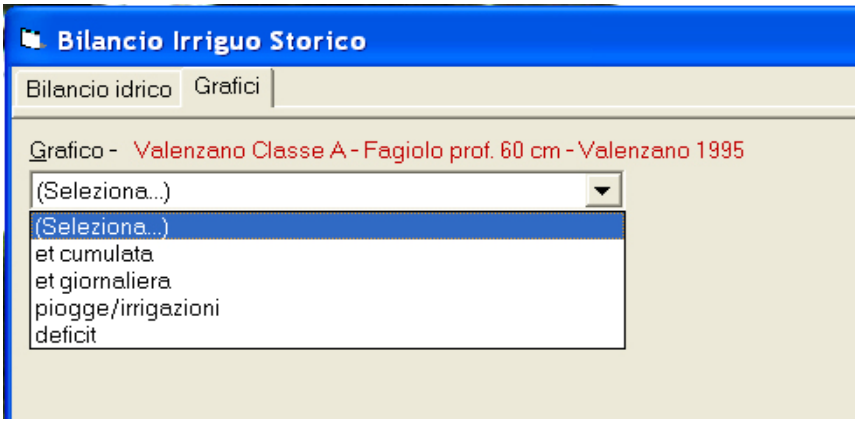
- ETa (evapotraspirazione effettiva della coltura) in mm;
- Resid (riserva residua all'uscita del bilancio giornaliero) in mm;
- Sa*d (riserva massima) in mm;
- Dren (drenaggio) in mm;
- Ws (water stress) in frazioni di unità;
- Kccmax (coefficiente colturale massimo), adimensionale;
- Kcb (coefficiente colturale basale), adimensionale;
- Ka (componente del Kc dipendente dall'umidità disponibile nel terreno), adimensionale;
- Ks (componente del Kc da aggiungere per l'incremento di evaporazione dalla superficie del suolo nei primi tre giorni dopo una pioggia o una irrigazione), adimensionale;
- Def (deficit idrico) in mm.

Nel caso del Bilancio Irriguo Storico, compare in fondo anche una riga di totali per Pinf, Irr, Dsa*d, ETm, ETa e Dren.

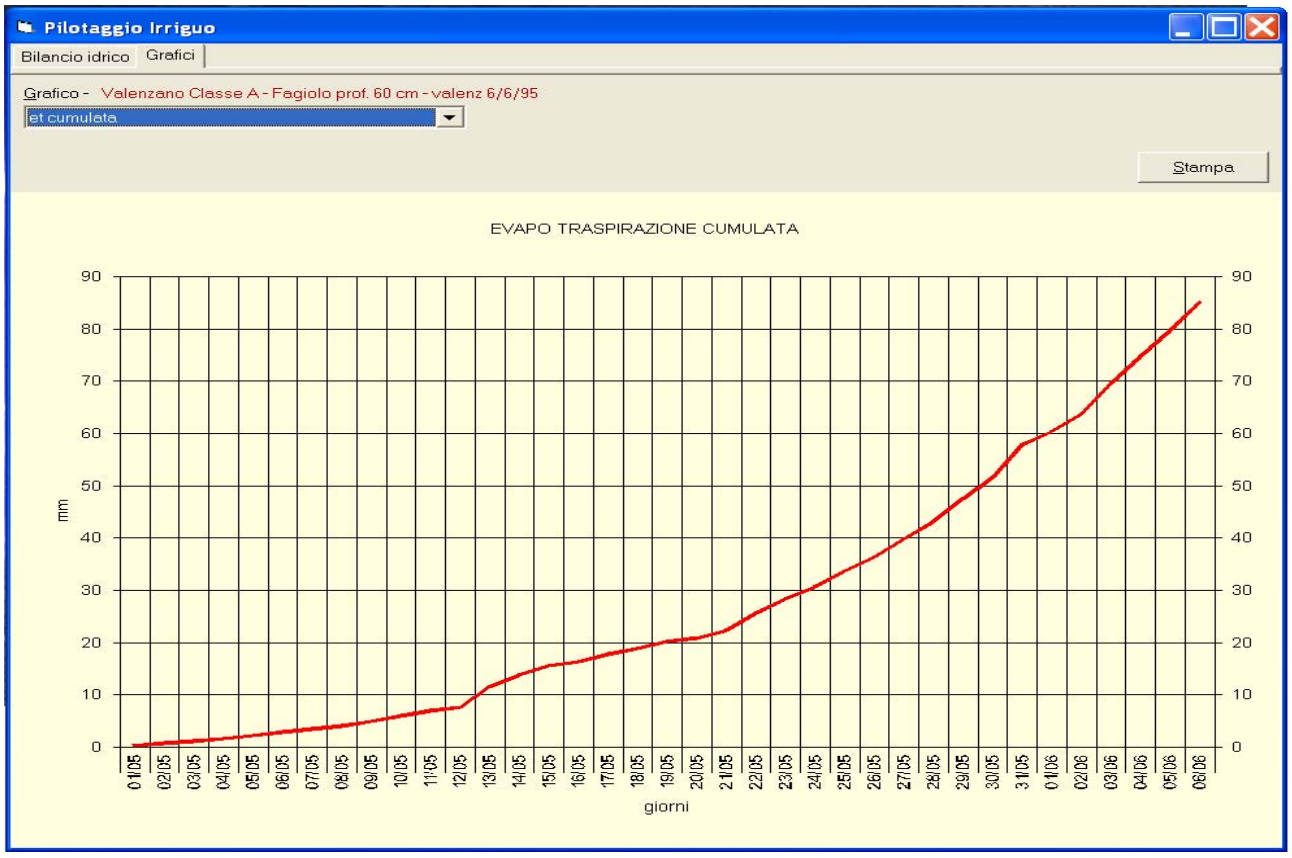
Sulla finestra sono presenti i pulsanti STAMPA e SALVA.
Premendo il pulsante STAMPA si ottiene sulla stampante locale un print-out del bilancio.
Premendo il pulsante SALVA compare un messaggio di dialogo richiedente il nome da attribuire al bilancio appena eseguito, per memorizzarlo e poterlo richiamare in seguito.

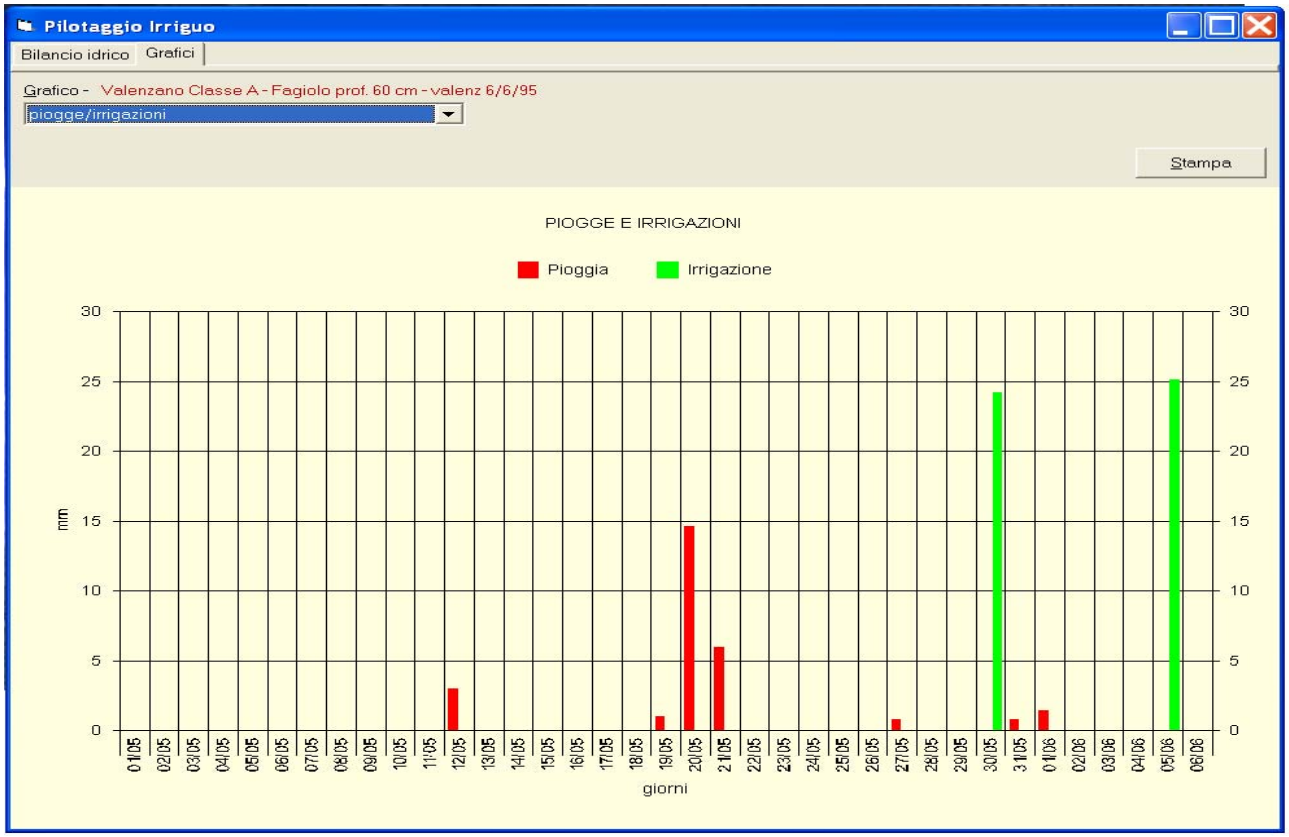


Cliccando sulla scheda Grafici, e tirando giù la tendina del menu "Seleziona …", si può scegliere tra i seguenti tipi di grafico: ETa cumulata, ETa giornaliera, piogge infiltrate/irrigazioni giornaliere e deficit idrico giornaliero.



Ecco come appaiono, ad esempio, i grafici della ETa cumulata e delle Piogge e Adacquamenti nel Pilotaggio Irriguo.

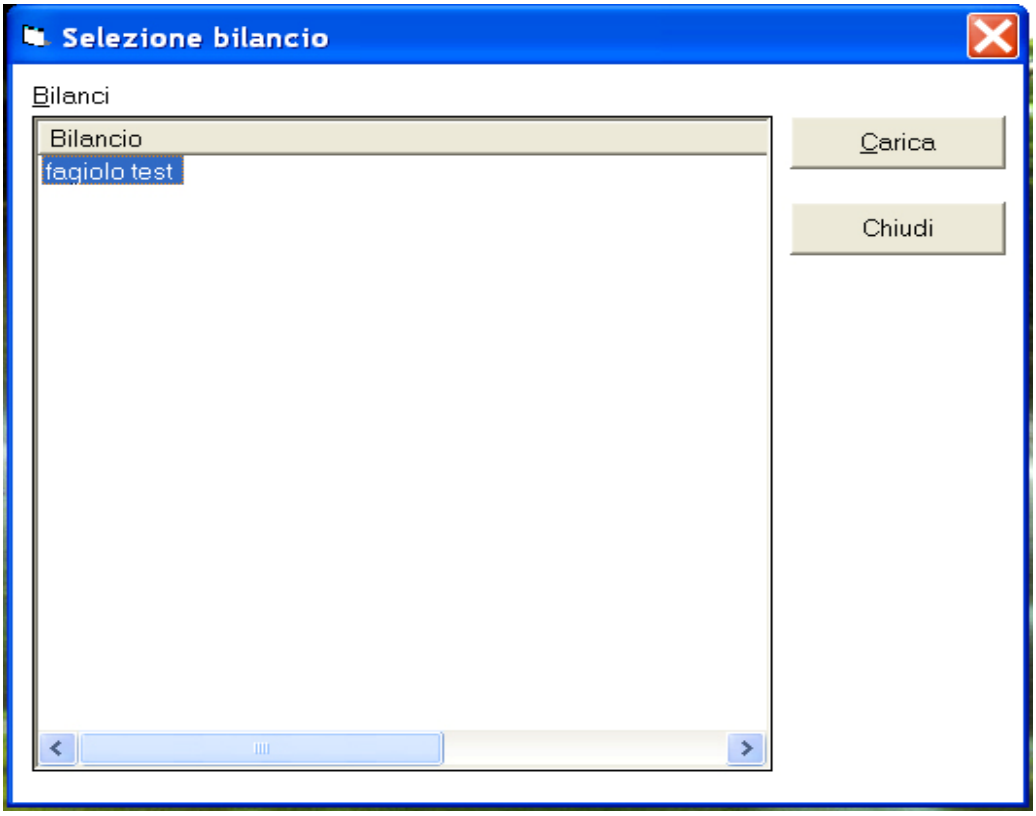




E’ anche presente un pulsante STAMPA, grazie al quale è possibile ottenere sulla stampante locale un print-out del grafico.

CARICA

Con tale comando è possibile richiamare un bilancio memorizzato in precedenza.
Dopo la scelta di tale comando, apparirà una finestra di selezione, contenente la lista dei bilanci memorizzati. Sulla finestra sono presenti il pulsante CARICA, che permette di visualizzare il bilancio evidenziato nella lista, ed il pulsante CHIUDI per chiudere la finestra senza richiamare alcun bilancio.



Anche in questo caso, la pressione del pulsante Carica provoca la comparsa della finestra di esecuzione del Bilancio, che ha una scheda Bilancio idrico ed una scheda Grafici. Ambedue sono dotate di un pulsante per la Stampa.