

ANNALI

DELLA FACOLTA' DI AGRARIA DELL' UNIVERSITA'

SASSARI

DIRETTORE: G. RIVOIRA

*COMITATO DI REDAZIONE: M. DATTILO - S. DE MONTIS - F. FATICHENTI
C. GESSA - L. IDDA - F. MARRAS - P. MELIS - A. MILELLA - A. PIETRACAPRINA
R. PROTA - A. VODRET*

studi sassaresi

ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI



Istituto di Coltivazioni arboree dell'Università di Sassari

(Direttore: Prof. A. Milella)

S. DETTORI* - M.R. FILIGHEDDU* - G.C. LOI** - G. NIEDDU*** - D. SPANO** - R. SUELZU**

STIMA EVAPOTRASPIRATIVA DEI FABBISOGNI IRRIGUI NELLE PRINCIPALI AREE AGRICOLE DELLA SARDEGNA¹

RIASSUNTO

La stima dell'ETP in tre importanti comprensori irrigui della Sardegna: meridionale (39°17' lat. Nord), centrale (39°53' lat. Nord) e settentrionale (40°41' lat. Nord) mediante ricorso alle metodiche evapotraspirative di fonte F.A.O. indica la notevole sovrastima derivante dall'utilizzo della Blaney-Criddle originale, differenze che si riducono passando all'equazione di Penman (originale e F.A.O.), della radiazione solare e della B.-C. F.A.O.. Quest'ultima metodica, ritenuta la più idonea sulla base di primi rilievi lisimetrici, valuta l'ETP media annua pari a 1194 mm, 1077 mm e 1022 mm rispettivamente per la Sardegna meridionale, centrale e settentrionale. La successiva analisi delle piogge utili evidenzia che esse sono pari al 50% delle totali (nel caso del prato di graminacee) e che coprono l'ETP per circa il 22%. Pertanto il deficit irriguo stagionale, calcolato con l'introduzione dei coefficienti colturali di fonte F.A.O., è compreso tra gli 841 mm, 791 mm e 706 mm del prato e i 353 mm, 322 mm e 311 mm dell'olivo rispettivamente nella Sardegna meridionale, centrale e settentrionale.

SUMMARY

ETP calculation for three important irriguous areas of Southern (39°17' N. I), Central (39°53' N. I) and Northern (40°41' N. I) Sardinia through F.A.O. method shows too much high values with original Blaney-Criddle equation, reduced differences with Penman (original and F.A.O.) equation, Radiation method and B.-C. F.A.O. equation respectively. The last method, believed the most suitable according to the first lisimetric measurements, estimates annual mean ETP equal to 1194 mm, 1077 mm and 1022 mm for Southern, Central and Northern Sardinia.

Effective rainfall successive analysis shows they are 50% of total rainfall (in case of grasses) and they hold ETP for about 22%.

Therefore seasonal irrigation requirements, calculated through F.A.O. crop coefficients, are among 841 mm, 791 mm and 706 mm concerning grasses, and 353 mm, 322 mm and 311 mm concerning olive tree, for Southern, Central and Northern Sardinia.

* Professore Associato e Tecnico Laureato presso l'Istituto di Coltivazioni arboree.

** Borsista dell'Assessorato per l'Agricoltura e la Riforma Agro-Pastorale della Regione Sardegna.

*** Collaboratore tecnico presso l'Istituto di Arboricoltura Mediterranea del C.N.R.

I diversi Autori hanno contribuito in egual misura alla ricerca.

¹ Ricerca svolta nell'ambito del «Gruppo Nazionale per lo Studio dell'Irrigazione» del C.N.R., n° 201.

Il consumo idrico delle colture agrarie è dovuto alla perdita di acqua per evaporazione diretta dal terreno unita a quella ceduta per traspirazione dalla pianta, cioè alla cosiddetta evapotraspirazione (Cavazza, 1981). L'entità dell'ET varia in funzione della specie, del suo stadio fenologico, dell'ambiente di coltivazione, dell'esposizione del terreno e del suo grado di ombreggiamento da parte della coltura stessa. L'esigenza di un preciso punto di riferimento ha comportato l'introduzione del concetto di evapotraspirazione potenziale, riferita cioè a una «coltura standard». Pertanto l'ETP relativa a un determinato topoclima è definita dall'acqua persa per evapotraspirazione nell'unità di tempo da un terreno coperto da una vegetazione fitta, bassa (8-15 cm), omogenea, che ombreggi del tutto il suolo, che sia ottimamente rifornita in acqua ed elementi nutritivi, e priva di «effetto oasi»¹.

Il fabbisogno idrico così definito può essere quantificato con diversi metodi (Doorenbos e Pruitt, 1977; Caliendo, 1979; Dettori, 1982), anche se le soluzioni più di frequente utilizzate a livello territoriale si basano sulle correlazioni esistenti tra il clima di un dato ambiente e la relativa ETP. Queste metodiche, soprattutto se integrate con le modifiche F.A.O. (Doorenbos e Pruitt, l.c.), forniscono risultati soddisfacenti anche in ambienti mediterranei. A questo proposito Tarantino e coll. (1979), in un triennio di prove condotte in un ambiente irriguo del Meridione (Metapontino, 40° lat. Nord) per determinare i fabbisogni idrici del mais da granella, hanno valutato la rispondenza delle equazioni di Blaney-Criddle corretta F.A.O., Penman F.A.O. e della radiazione, rilevando che rispetto all'ETM misurata con lisimetro i migliori risultati si ottenevano con la B.-C. F.A.O. Nella stessa località Castrignanò e coll. (1985) hanno verificato la rispondenza delle B.-C. e Penman, originali e modificate F.A.O., del metodo della radiazione e dell'evaporimetro di classe A in confronto con rilievi lisimetrici da prato. L'esperienza ha indicato la scarsa attendibilità della B.-C. originale (a eccezione dei mesi di maggio, giugno e luglio), mentre gli altri metodi si sono dimostrati sufficientemente attendibili sia per stime mensili che giornaliere; in questo secondo caso l'evaporimetro di classe A e l'equazione di Penman, originale e F.A.O., hanno fornito i migliori risultati. In Sardegna, i primi rilievi lisimetrici da prato (Oristano, 40° lat. Nord) hanno confermato quanto osservato da Castrignanò e coll. (l.c.), anche se le minori differenze rispetto al lisimetro sono state fornite dalla B.-C. F.A.O. (Dettori, com. pers.). Determinata l'ETP, il consumo idrico in condizioni ottimali per la traspirazione può essere quantificato con l'introduzione di opportuni coefficienti colturali o, più in breve, kc (Doorenbos e Pruitt, l.c.), parametri di conversione in prevalenza ottenuti in ambienti non mediterranei e pertanto da verificarsi preliminarmente in sede locale.

¹ L'oasi si realizza, ad esempio, nell'irrigazione a goccia quando un'area limitata molto umida è circondata da un ambiente arido, con conseguenti movimenti laterali di vapor d'acqua.

Peraltro le prime stime condotte in Italia per ortive e foraggere hanno indicato una sufficiente rispondenza (Cavazza e Ravelli, 1979), come anche rilevato nella Sardegna centrale per arancio e olivo da mensa (Milella e coll., 1980/81; Milella e Dettori, 1986).

D'altra parte L'ETM non sempre coincide col volume idrico di massima convenienza economica, rappresentando spesso un «consumo di lusso» (Bergmann e Boussard, 1976). Ciò rende necessaria l'introduzione del concetto di ET effettiva di massima convenienza economica o pratica (ETEP), valore ottenibile coll'introduzione di un coefficiente di deficienza idrica (kd). In prima approssimazione si ritiene che per la maggior parte delle colture ortoflorofrutticole l'ETEP non si discosti dall'ETM, mentre per quelle estensive i costi di volumi pari all'ETM inciderebbero tanto da non rendere conveniente la loro distribuzione.

In questo contesto si inserisce la presente nota che vuole contribuire a un più razionale utilizzo della risorsa idrica anche mediante un'obiettiva valutazione delle esigenze in acqua delle colture agrarie, contributo scientifico che si riferisce ai due più importanti comprensori irrigui della Sardegna (il Campidano, a sud; e la Nurra, a nord) per i quali non risulta al momento esattamente definita l'entità del deficit idrico da soddisfare con apporti irrigui.

1. MATERIALE E METODO

La stima delle esigenze idriche delle colture agrarie è stata realizzata in tre importanti comprensori irrigui della Sardegna, peraltro caratterizzati da topoclimi differenti (Pina, 1954):

- a) Campidano di Cagliari (clima sub-tropicale, Uta, 39°17' lat. Nord, 10 m s.l.m.);
- b) Campidano di Oristano (clima temperato-caldo, San Quirico, 39°53' lat. Nord, 15 m s.l.m.);
- c) Nurra (clima temperato-caldo, Tottubella, 40°41' lat. Nord, 45 m s.l.m.).

La metodologia si è articolata nelle seguenti fasi:

- stima dell'ETP;
- stima dell'ETM mediante introduzione di opportuni coefficienti colturali (kc);
- valutazione del «grado di utilità» delle piogge;
- analisi del fabbisogno irriguo per le principali colture agrarie (differenza fra ETM e piogge utili).

1.1. Stima dell'ETP

Per calcolare questo parametro ci si è serviti dei metodi empirici di correlazione tra

ETP e fattori climatici. I cinque metodi utilizzati sono i seguenti:

- a) Equazione di Blaney-Criddle
- b) Equazione di Blaney-Criddle corretta F.A.O.
- c) Metodo della radiazione
- d) Equazione di Penman
- e) Equazione di Penman corretta F.A.O.

I dati sono stati rilevati dal Centro Regionale Agrario Sperimentale¹ per la Sardegna meridionale, da questo Istituto per quella centrale e dall'Istituto Zootecnico-Casario della Regione Sardegna¹ per quella settentrionale; i periodi cronologici hanno compreso il quindicennio 1970-84 nei primi due casi, e i nove anni 1976-84 nell'ultimo. I valori medi dei parametri climatici utilizzati nel calcolo sono riportati nella tabella 1 (a,b,c).

Le equazioni sono state sviluppate, su valori mensili, presso il Centro Elaborazione Dati di questa Università (con l'ausilio di un IBM 370/148) secondo il software riportato in appendice al «F.A.O. Irrigation and Drainage, Paper n° 24» Crop Water Requirements a cura di Gupta e coll. (1977).

1.2. Stima dell'ETM

Il passaggio dall'ETP al fabbisogno idrico delle diverse colture è stato realizzato moltiplicando l'ETP per i kc relativi ad ogni specie e, nell'ambito di ogni coltura, per i kc corrispondenti alle principali fasi fenologiche o al grado di copertura del terreno. Poiché la scelta dei kc richiede, come già detto, determinazioni lisimetriche o quanto meno articolate esperienze di pieno campo che in Sardegna sono ancora alle fasi iniziali, si è preferito utilizzare i kc di fonte F.A.O., di volta in volta integrati dalle prime acquisizioni ottenute in sede locale.

1.3. Valutazione del grado di utilità delle piogge

I fabbisogni idrici determinati secondo la metodologia descritta possono essere soddisfatti mediante apporti meteorici, da falda e irrigui. Pertanto bisogna sottrarre al complessivo fabbisogno idrico (ETM) le piogge e gli apporti da falda, per giungere al fabbisogno irriguo. D'altra parte poiché le aree in esame non sono interessate da falde di superficie, o comunque tali da contribuire significativamente al riforni-

¹ Si ringrazia per la cortese collaborazione.

Tab. 1a - Valori medi dei parametri climatici nel 1970-1984 per il topoclima subtropicale (39°17' Lat. Nord)
 Mean values of climatic parameters during 1970-1984 in the subtropical climate (North Lat. 39°17')

Mesi	Temperature				R H%		Vento Sfiato		VD/VN*	Radiazione Solare		Nratio*	Eliof H. dec	EA*	ED*	Poggia
	Min	Max	Med	Min	Max	Gior. km/g	Diurn. m/sec	Glob Equiv. mm		Netta* Assol.* Evaporato						
Gen	3.9	15.2	9.9	61.4	94.1	146.6	1.35	0.73	2.97	1.01	6.57	0.40	3.79	12.2	9.5	50.7
Feb	3.1	13.6	10.2	57.4	93.8	157.9	1.49	0.68	4.10	1.75	8.65	0.45	4.80	12.5	9.4	74.2
Mar	5.4	16.7	11.5	54.3	94.3	171.3	1.45	0.58	5.67	2.82	11.43	0.49	5.76	13.6	10.1	64.4
Apr	6.4	20.2	12.8	50.9	94.1	185.0	1.61	0.61	7.06	3.88	14.27	0.49	6.29	14.9	10.8	48.4
Mag	10.7	24.1	16.6	45.5	93.6	186.7	1.52	0.56	8.62	4.94	16.31	0.56	7.93	19.0	13.2	34.5
Giu	13.7	28.7	21.4	38.6	92.9	205.6	1.65	0.53	9.92	5.79	17.29	0.65	9.62	25.6	16.8	10.0
Lug	16.5	34.1	24.2	34.3	92.8	191.2	1.56	0.55	10.27	5.96	16.71	0.73	10.52	30.3	19.2	3.3
Ago	17.5	32.1	24.4	38.8	92.0	196.2	1.53	0.52	9.20	5.23	15.16	0.71	9.74	30.6	20.0	9.3
Set	15.5	29.0	21.6	45.5	93.6	166.5	1.36	0.55	7.09	3.78	12.60	0.63	7.68	25.9	17.9	44.0
Ott	12.3	24.5	17.7	52.5	93.8	128.3	1.12	0.60	5.10	2.38	9.75	0.54	5.98	20.3	14.8	55.0
Nov	10.1	20.3	13.4	57.8	94.2	131.6	1.15	0.61	3.68	1.29	7.17	0.53	5.19	15.4	11.7	69.4
Dic	6.6	16.9	10.9	61.6	94.1	116.7	1.08	0.66	2.73	0.79	5.88	0.43	3.93	13.1	10.2	59.1
M	8.9	23.0	16.2	49.9	85.9	165.3	1.41	0.60	6.36	3.30	11.82	0.55	6.77	19.5	13.6	522.3

* Dati ricavati per via indiretta come da Software F.A.O.

Tab. 1b - Valori medi dei parametri climatici nel 1970-1984 per il topoclima temperato-caldo (39° 53' Lat. Nord)
 Mean values of climatic parameters during 1970-1984 in the hot-temperate climate (North Lat. 39° 53')

Mesi	Temperature			R H%		Vento Sfilato		VD/VN*	Radiazione Solare		Nratio*	Eliof H. dec	EA*	ED*	Poggia	
	Min	Max	Med	Min	Max	Glor. km/g	Diurn. m/sec		Glob Equiv. mm	Netta* Evaporato						
Gen	5.6	13.9	9.4	62.4	93.6	80.5	0.54	0.41	2.77	0.96	6.45	0.36	3.25	11.8	9.3	54.2
Feb	5.9	14.1	9.6	58.7	93.1	96.5	0.66	0.42	3.89	1.67	8.54	0.41	4.27	12.0	9.1	62.1
Mar	6.8	16.1	11.2	55.9	92.4	106.8	0.78	0.47	5.46	2.73	11.34	0.46	5.45	13.4	9.9	46.1
Apr	8.3	18.3	13.1	53.1	91.8	105.1	0.84	0.54	6.96	3.75	14.22	0.48	6.11	15.1	11.0	42.7
Mai	11.6	22.9	16.9	50.0	91.6	100.4	0.83	0.59	8.53	4.91	16.30	0.55	7.68	19.3	13.7	35.7
Giù	15.4	27.1	21.1	45.4	91.3	95.1	0.87	0.67	9.71	5.72	17.30	0.62	9.26	25.2	17.2	18.8
Lug	17.2	30.3	23.4	40.5	88.7	92.2	0.88	0.71	10.07	5.84	16.70	0.71	10.50	28.9	18.7	3.4
Ago	17.8	30.8	23.8	41.6	90.8	91.8	0.82	0.65	9.04	5.13	15.12	0.70	9.61	29.6	19.6	5.7
Set	15.8	27.6	21.1	45.2	93.8	88.9	0.67	0.52	6.98	3.71	12.53	0.61	7.72	25.2	17.5	29.3
Ott	12.5	23.0	17.0	49.5	94.2	81.3	0.61	0.49	4.96	2.28	9.64	0.53	5.92	19.5	14.0	66.2
Nov	8.9	18.0	13.0	55.7	94.4	88.1	0.62	0.41	3.38	1.21	7.05	0.46	4.75	15.1	11.3	75.4
Dic	6.7	14.8	10.3	62.5	94.3	83.8	0.52	0.37	2.50	0.75	5.75	0.37	3.41	12.6	9.9	60.5
M	11.0	21.4	15.8	51.7	92.5	92.5	0.72	0.52	5.94	3.22	11.75	0.57	6.49	19.0	13.4	500.1

* Dati ricavati per via indiretta come da Software F.A.O.

Tab. 1c - Valori medi dei parametri climatici nel 1976-1984 per il topoclima temperato-caldo (40° 41' Lat. Nord)
 Mean values of climatic parameters during 1976-1984 in the hot-temperate climate (40° 41' Lat. North)

Mesi	Temperature			R H%		Vento Sfilato		VD/VN*	Radiazione Solare		Nratio*	Eliof H. dec	EA*	ED*	Poggia	
	Min	Max	Med	Min	Max	Gior.	Diurn.		Glob	Netta*						Assol.*
						km/g	m/sec		Equiv. mm	Evaporato						
Gen	5.6	13.3	9.5	66.1	91.4	93.1	0.52	0.35	2.71	0.92	6.29	0.36	3.95	12.0	9.5	44.9
Feb	5.5	13.5	9.2	64.4	88.1	87.9	0.56	0.39	3.63	1.50	8.17	0.39	5.08	11.8	9.0	45.6
Mar	6.4	15.3	10.6	62.8	89.3	96.5	0.71	0.47	5.77	2.72	10.85	0.57	6.42	12.8	9.8	48.3
Apr	7.6	17.1	12.2	61.6	89.5	86.3	0.71	0.56	7.93	4.14	13.70	0.66	7.21	14.3	10.8	39.3
Mag	11.0	21.5	16.0	58.7	89.3	84.9	0.73	0.60	9.91	5.50	15.92	0.75	9.16	18.3	13.5	36.4
Giu	15.0	26.8	20.6	47.7	88.8	87.6	0.81	0.67	11.06	6.34	17.06	0.80	10.26	24.5	16.6	17.3
Lug	17.1	30.4	23.2	43.7	90.4	83.8	0.73	0.60	11.76	6.72	16.69	0.91	11.61	28.6	19.0	3.7
Ago	17.2	29.1	22.7	50.0	91.7	83.1	0.66	0.53	10.04	5.66	15.20	0.82	10.46	27.7	19.6	22.0
Set	15.1	26.3	20.0	55.9	92.7	82.5	0.63	0.49	7.64	4.04	12.76	0.70	8.46	23.6	17.6	29.2
Ott	12.5	22.2	16.8	62.4	91.5	80.2	0.56	0.44	5.16	2.44	9.92	0.55	6.77	19.2	14.8	72.8
Nov	9.3	17.7	13.0	70.9	92.3	76.1	0.42	0.33	3.06	1.28	7.33	0.34	5.07	15.2	12.4	56.7
Dic	6.9	14.1	10.4	74.7	92.5	95.3	0.51	0.31	2.25	0.83	5.90	0.26	3.66	12.7	10.6	74.0
M	10.8	20.6	15.4	59.9	90.6	86.4	0.63	0.48	6.74	3.51	11.65	0.59	7.34	18.4	13.6	490.2

* Dati ricavati per via indiretta come da Software F.A.O.

mento in acqua delle colture, il fabbisogno idrico dovrà essere soddisfatto solo da piogge e interventi irrigui.

Nell'ambito delle precipitazioni totali si devono distinguere e considerare nel calcolo le sole «piogge utili» (Pharande e Dastane, 1964) che dipendono non solo dall'entità delle stesse ma anche dalla intensità evapotraspirativa delle diverse colture in quel determinato periodo, dalle caratteristiche del terreno (tessitura, profondità, giacitura, ecc.), e dal grado di umidità già presente nello stesso. Per calcolare le piogge utili si è utilizzato il metodo USDA (Soil Conservation Service, 1967), riportato da Dastane in «F.A.O. Irrigation and Drainage Paper n° 25, Effective Rainfall in Irrigated Agriculture» (1974).

Determinate così le piogge utili per ogni coltura, il *fabbisogno irriguo* sarà calcolato per differenza fra ETM e questi apporti meteorici.

2. RISULTATI

L'elaborazione secondo il software F.A.O. dei dati climatici dianzi citati al fine di determinare i fabbisogni idrici delle principali colture agrarie, ha fornito i risultati qui sotto riportati.

2.1. Stima empirica dell'ETP

La valutazione di questo fondamentale parametro con i cinque metodi prima descritti ha reso disponibili gli elementi conoscitivi raccolti nella tabella 2 (a,b e c) e figura 1. L'analisi dei dati relativi alla grande pianura meridionale ha sottolineato la notevole disformità esistente tra le conclusioni ottenibili con le diverse equazioni: dai 1194 mm/anno della B.C. F.A.O. ai 1592 della B.C. originale (Uta) con uno scarto del 33%, e dai 1077 mm/anno della B.C. F.A.O. ai 1576 della B.C. originale (nel caso del Campidano settentrionale) con una differenza del 46%. In particolare si osserva che i maggiori valori ottenibili con la B.C. derivano da una sovrastima dell'ETP nelle stagioni autunnali, invernali e primaverili; infatti nel periodo a maggior domanda evapotraspirativa (luglio) le differenze si attenuano considerevolmente o diventano negative, come nel caso di Uta. Inoltre il Campidano meridionale fa registrare dei valori di ETP più elevati rispetto al territorio settentrionale del 1%, nel caso della B.C., o del 15% nel caso dell'equazione di Penman. L'ETP più elevata si registra sempre, per entrambe le località e per tutti i metodi impiegati, nel mese di luglio (dai 196 mm della B.C. ai 215 della Penman corretta nel caso di Uta; dai 176 della Penman ai

Tab. 2a - Andamento dell'Evapotraspirazione potenziale mensile nel periodo 1970-1984 nella Sardegna Meridionale.
Variation of average monthly Evapotraspiration (ET_o) during the period 1970-1984 in Southern Sardinia.

	Blaney-Criddle		Blaney-Criddle F.A.O.		Radiazione		Penman		Penman F.A.O.	
	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.
GEN	87.0	4.1	32.4	4.3	31.6	3.6	42.5	6.2	39.7	4.6
FEB	88.2	5.2	42.0	6.7	44.6	5.5	54.0	6.6	50.9	5.2
MAR	111.4	4.7	64.2	6.1	74.5	6.0	83.8	4.1	80.6	4.0
APR	124.7	5.1	83.2	11.2	97.5	10.7	107.1	11.0	105.6	11.3
MAG	156.8	4.2	125.5	13.1	139.2	13.0	147.7	14.1	151.2	14.2
GIU	182.9	5.3	175.9	14.2	176.6	11.4	186.0	11.4	192.3	10.9
LUG	196.2	7.4	204.8	16.8	199.9	12.5	206.7	10.4	215.2	11.0
AGO	184.8	5.4	181.1	15.8	176.3	16.6	188.2	14.0	193.8	14.4
SET	152.2	5.3	125.3	11.8	119.4	8.9	130.2	12.1	129.5	11.6
OTT	126.2	4.8	81.3	7.7	76.7	6.4	84.0	6.6	81.6	6.0
NOV	95.8	4.1	47.0	5.6	44.9	5.8	51.0	5.8	48.6	4.8
DIC	86.0	3.8	30.9	4.0	29.0	2.8	36.8	5.7	34.9	4.7
ANNO	1592.3	32.8	1193.6	67.3	1210.2	58.4	1317.8	66.0	1323.8	61.7

Tab. 2b - Andamento dell'Evapotraspirazione potenziale mensile nel periodo 1970-1984 nella Sardegna Centro-Occidentale.
 Variation of average monthly Evapotraspiration (ET_p) during the period 1970-1984 in Central-West Sardinia.

	Blaney-Criddle		Blaney-Criddle F.A.O.		Radiazione		Penman		Penman F.A.O.	
	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.
GEN	95.1	4.0	26.3	3.2	27.2	2.2	34.1	3.5	33.5	3.2
FEB	86.1	5.9	35.2	6.5	39.6	5.2	45.8	7.6	44.8	6.6
MAR	110.5	5.2	57.6	7.6	69.3	7.3	74.5	9.1	73.3	7.9
APR	125.8	5.8	80.2	14.5	96.2	16.4	99.7	16.1	98.7	10.7
MAG	158.4	9.0	116.0	12.4	133.3	14.5	132.0	13.8	138.6	15.1
GIU	182.2	8.1	155.2	8.4	163.7	10.0	157.8	10.0	167.8	8.9
LUG	192.9	8.7	180.0	17.6	186.7	15.4	176.4	14.1	187.1	12.3
AGO	182.6	6.1	164.5	16.6	165.8	13.8	159.7	13.7	169.0	12.5
SET	150.5	5.5	116.6	12.9	113.5	10.1	113.0	9.8	115.6	10.3
OTT	123.8	3.7	77.0	9.1	72.8	8.4	75.3	7.7	74.8	7.4
NOV	94.2	3.6	42.6	8.0	39.7	5.9	45.1	8.4	44.2	7.0
DIC	83.7	3.8	25.3	4.3	24.5	3.4	31.4	3.9	30.8	3.6
ANNO	1575.9	34.7	1076.6	54.8	1132.3	61.1	1144.8	80.1	1178.2	68.4

Tab. 2c - Andamento dell'Evapotraspirazione potenziale mensile nel periodo 1976-1984 nella Sardegna Nord-Occidentale.
Variation of average monthly Evapotraspiration (ET_p) during the period 1976-1984 in North-West Sardinia.

	Blaney-Criddle			Blaney-Criddle F.A.O.			Radiazione			Penman			Penman F.A.O.		
	Media	Dev.St.		Media	Dev.St.		Media	Dev.St.		Media	Dev.St.		Media	Dev.St.	
GEN	84.7	3.9		24.2	3.8		26.4	1.2		34.0	2.7		33.3	2.7	
FEB	82.8	4.4		28.5	7.0		35.0	3.3		40.4	6.7		39.0	5.0	
MAR	106.9	4.8		51.5	6.0		71.0	2.3		69.5	3.6		68.7	3.3	
APR	121.0	2.8		71.8	6.9		102.7	6.2		94.5	6.1		96.1	5.2	
MAG	153.4	4.1		111.8	16.8		149.4	10.1		135.3	7.3		144.4	7.6	
GIU	178.4	6.4		161.5	15.8		186.0	10.1		167.7	8.3		179.2	8.0	
LUG	193.3	7.0		192.1	21.6		214.8	11.0		190.0	7.0		204.3	8.1	
AGO	179.4	4.7		156.8	11.2		175.2	6.4		160.3	5.0		172.0	5.3	
SET	148.2	5.0		107.3	8.0		117.9	4.5		111.0	4.0		115.3	4.1	
OTT	124.5	3.8		67.8	6.6		72.2	2.9		72.1	4.1		71.8	4.0	
NOV	95.8	4.6		31.2	4.2		32.6	1.4		38.8	2.8		38.4	2.7	
DIC	84.4	4.2		17.9	2.8		19.8	1.0		29.0	3.0		28.4	2.8	
ANNO	1552.9	32.0		1022.2	78.6		1203.1	43.0		1142.7	35.4		1192.9	35.8	

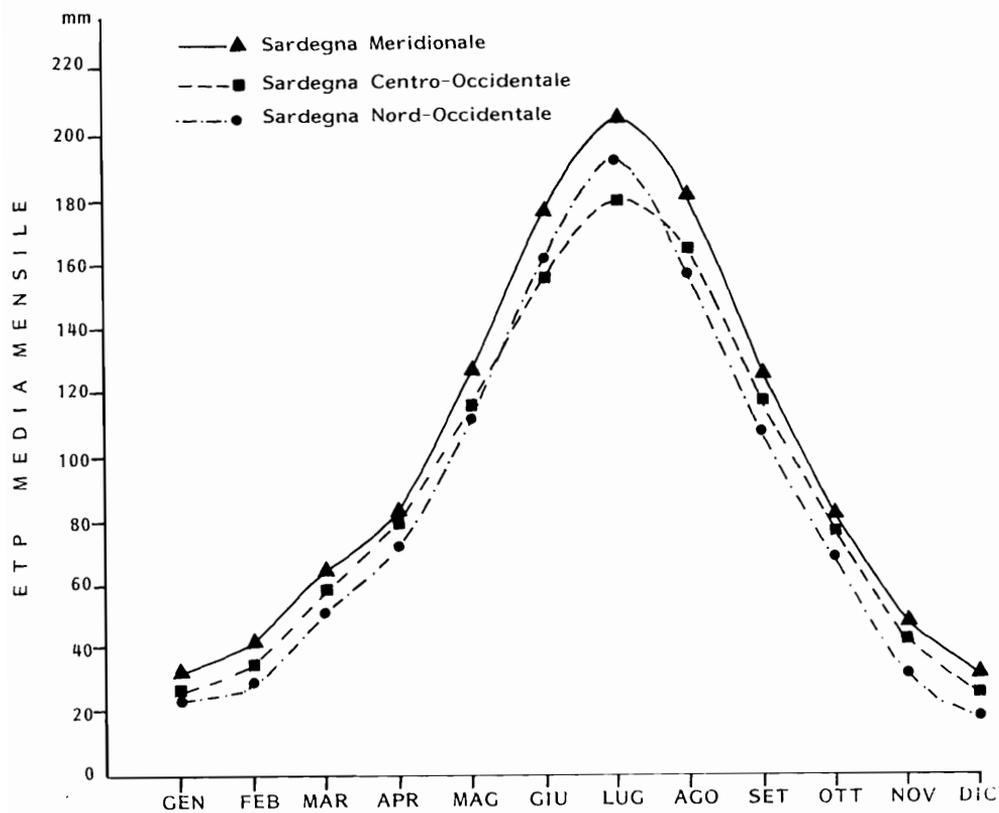


Fig. 1 - Andamento annuo dell'evapotraspirazione potenziale media mensile, calcolata col metodo di Blaney-Criddle corretto F.A.O., nei tre ambienti considerati.

Annual changes of mean monthly evapotranspiration ($E T_0$), obtained by Blaney-Criddle F.A.O. method, under three environmental conditions.

193 della B.C. nel caso di Oristano). I dati piú modesti si osservano invece nel mese di dicembre (per entrambe le località e con tutti i cinque metodi adottati) con valori compresi tra i 29 (nel caso del metodo della radiazione) e gli 86 mm/mese per la B.C. ad Uta, ed i 25 (radiazione) e gli 84 mm/mese (B.C.) per Oristano. In definitiva la media dei valori annuali riscontrati con i cinque metodi porterebbe a un'ETP annua di 1328 e 1222 mm rispettivamente nel Campidano meridionale e settentrionale.

Anche nel caso della pianura settentrionale della Nurra, il confronto tra le diverse equazioni ha comportato l'ottenimento di valori notevolmente differenti; infatti l'ETP piú bassa si è avuta con la B.C. F.A.O. (1022 mm/anno), seguita in ordine crescente dalla Penman, dalla Penman F.A.O., dall'equazione della radiazione solare, e dalla B.C. originale (1553 mm/anno). L'incremento tra i due valori estremi è del 52%, pari cioè a 531 mm. L'ETP piú elevata si registra ancora, per tutti i cinque metodi, nel mese di luglio (dai 190 mm della Penman ai 215 mm della radiazione solare), mentre i minimi annui si osservano (per tutti i metodi) nel mese di dicembre, con valori compresi tra i 18 mm della B.C. F.A.O. e gli 84 mm della B.C. originale. La media dei valori riscontrati con i cinque metodi porterebbe ad un'ETP annuale di 1223 mm.

Nei successivi calcoli, per tutte le aree in esame, si è utilizzata come fonte piú attendibile l'equazione di Blaney-Criddle corretta F.A.O., risultata da confronti lisimetrici una delle piú rispondenti (Castrignanò e coll., l.c.; Dettori, com. pers.).

La figura 1 ci dà modo di apprezzare meglio l'andamento annuo medio dell'ETP, calcolata secondo questa formula, nelle tre zone considerate; qui essa è espressa come ETP media dei vari mesi, per i periodi 1970-84 (Campidano) e 1976-84 (Nurra).

2.2. Stima empirica dell'ETM

Come già detto l'evapotraspirazione massima delle diverse colture (nelle differenti fasi fenologiche e in relazione al grado di copertura del terreno) è stata ottenuta mediante introduzione dei coefficienti colturali di fonte F.A.O. (Doorenbos e Pruitt, l.c.). Questa stima è stata realizzata sia per le colture arboree che per le erbacee (foraggere, ortive, industriali) presenti nei territori oggetto di analisi. I coefficienti colturali usati per il calcolo sono riportati nella tabella 3 (a,b), i risultati nella tabella 4 (a,b,c). L'analisi dell'ETM annuale relativa al Campidano meridionale individua nel prato di graminacee (utilizzato come «coltura standard») la specie piú esigente con 1194 mm/anno, mentre la punta massima mensile è raggiunta dal peperone con 296 mm nel mese di giugno. Tra le piante a ciclo poliennale i fabbisogni piú ridotti risultano essere quelli del giovane agrumeto con 562 mm/anno, con un valore massimo di 92 mm nel mese di luglio. Nel caso delle colture a ciclo stagionale, il valore piú

Tab. 3a - Valori dei coefficienti culturali (kc) di fonte F.A.O. per le principali colture arboree¹; Sardegna Meridionale e Centro-Occidentale.
Kc values for the main crops (taken by F.A.O.); Southern and Central-West Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.			
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	0.75	0.65	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	0.75	0.65	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	0.70	0.60	0.50	0.50	0.55	0.55	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50
APR	0.70	0.60	0.50	0.75	0.75	0.75	0.70	0.70	0.75	0.70	0.70	0.70
MAG	0.70	0.60	0.50	0.95	0.83	0.67	0.85	0.85	0.67	0.74	0.60	0.60
GIU	0.65	0.55	0.45	1.00	0.88	0.70	0.90	0.79	0.70	0.79	0.63	0.63
LUG	0.65	0.55	0.45	1.00	0.88	0.70	0.90	0.79	0.70	0.79	0.63	0.63
AGO	0.65	0.55	0.45	0.95	0.83	0.67	0.90	0.79	0.67	0.90	0.63	0.63
SET	0.65	0.55	0.45	0.90	0.79	0.63	0.80	0.70	0.63	0.80	0.56	0.56
OTT	0.70	0.55	0.45	0.85	0.74	0.60	0.75	0.75	0.60	0.66	0.53	0.53
NOV	0.70	0.60	0.50	0.70	0.61	0.49	0.65	0.65	0.49	0.57	0.46	0.46
DIC	0.70	0.60	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

segue Tab. 3a

	Olivo	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
FEB	0.60	0.0	0.0	0.0	0.95	0.0	0.0	1.00
MAR	0.55	0.0	0.0	0.0	0.95	0.36	0.0	1.00
APR	0.55	0.45	0.45	0.0	0.95	0.67	0.35	1.00
MAG	0.55	0.60	0.75	0.40	0.95	1.50	0.45	1.00
GIU	0.50	0.70	1.05	0.75	0.95	1.68	0.75	1.00
LUG	0.50	0.70	1.05	1.15	0.95	1.00	1.10	1.00
AGO	0.50	0.70	0.90	0.85	0.95	0.0	0.90	1.00
SET	0.50	0.70	0.60	0.0	0.95	0.0	0.60	1.00
OTT	0.50	0.60	0.0	0.0	0.95	0.0	0.0	1.00
NOV	0.55	0.35	0.0	0.0	0.95	0.0	0.0	1.00
DIC	0.55	0.0	0.0	0.0	0.95	0.0	0.0	1.00

¹ Nel caso di agrumi, melo e ciliegio, pesco, albicocco, pero e susino si è anche tenuto conto del grado di copertura del terreno da parte delle colture (Doorembos e Pruiitt, i.c.), 1 kc del peperone sono quelli ottenuti da Quaglietta e coll. (1984).

Tab. 3b - Valori dei coefficienti culturali (Kc) di fonte F.A.O. per le principali colture agrarie¹; Sardegna settentrionale.
Kc values for the main crops (taken by F.A.O.); Northern Sardinia.

	Agrumi		Melo e Ciliegio			Pesco Alb. Pero Sus.			Olivio	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
	70%	50%	25%	70%	50%	25%	70%	50%								
GEN	0.75	0.65	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00
FEB	0.75	0.65	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00
MAR	0.70	0.60	0.50	0.50	0.44	0.35	0.50	0.44	0.60	0.0	0.0	0.0	1.05	0.36	0.0	1.00
APR	0.70	0.60	0.50	0.80	0.70	0.56	0.75	0.66	0.55	0.45	0.45	0.0	1.05	0.67	0.35	1.00
MAG	0.70	0.60	0.50	1.00	0.88	0.70	0.90	0.79	0.63	0.50	0.65	0.75	1.05	1.50	0.45	1.00
GIU	0.65	0.55	0.45	1.05	0.92	0.73	0.95	0.84	0.66	0.50	0.75	1.05	1.05	1.68	0.75	1.00
LUG	0.65	0.55	0.45	1.05	0.92	0.73	0.95	0.84	0.66	0.50	0.75	1.05	1.05	1.00	1.10	1.00
AGO	0.65	0.55	0.45	1.00	0.88	0.70	0.95	0.84	0.66	0.50	0.75	1.05	1.05	0.0	0.90	1.00
SET	0.65	0.55	0.45	0.95	0.84	0.66	0.85	0.75	0.59	0.55	0.0	0.60	1.05	0.0	0.60	1.00
OTT	0.70	0.55	0.45	0.90	0.79	0.63	0.80	0.70	0.56	0.55	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00
NOV	0.70	0.60	0.50	0.75	0.66	0.52	0.70	0.62	0.49	0.60	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00
DIC	0.70	0.60	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00

¹ Nel caso di agrumi, melo e ciliegio, pesco, albicocco, pero e susino, si è anche tenuto conto del grado di copertura del terreno da parte della coltura (Doorembos e Pruitt, l.c.). I Kc del peperone sono quelli ottenuti da Quaglietta e col. (1984).

Tab. 4a - Andamento dell'Evapotraspirazione massima (da Blaney-Criddle F.A.O.) nel periodo 1970-84 nella Sardegna Meridionale.
Variation of crop Evapotranspiration (from Blaney-Criddle F.A.O.) during the period 1970-84 in Southern Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.			
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
	GEN	24.3	21.1	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	31.5	27.3	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	44.9	38.5	32.1	32.1	35.3	35.3	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1
APR	58.2	49.9	41.6	62.4	62.4	62.4	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2
MAG	87.8	75.3	62.7	119.2	104.2	84.1	106.7	92.9	92.9	92.9	92.9	75.3
GIU	114.4	96.8	79.2	175.9	154.8	123.1	158.3	139.0	139.0	139.0	139.0	110.8
LUG	133.1	112.6	92.2	204.8	180.2	143.4	184.3	161.8	161.8	161.8	161.8	129.0
AGO	117.7	99.6	81.5	172.0	150.3	121.3	163.0	143.0	143.0	143.0	143.0	114.1
SET	81.5	68.9	56.4	112.8	99.0	79.0	100.3	87.7	87.7	87.7	87.7	70.2
OTT	56.9	44.7	36.6	69.1	60.2	48.8	61.0	53.7	53.7	53.7	53.7	43.1
NOV	32.9	28.2	23.5	32.9	28.7	23.0	30.5	26.8	26.8	26.8	26.8	21.6
DIC	21.7	18.6	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	805.1	681.6	562.3	981.3	875.2	720.5	894.5	795.3	795.3	795.3	795.3	654.5

	Vite				Mais				Medica				Peperone				Pomodoro				Prato					
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%											
	GEN	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8	30.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.4
FEB	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.9	39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	
MAR	35.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0	61.0	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	64.2	
APR	45.7	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	79.0	79.0	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	83.2	
MAG	69.0	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	119.2	119.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	188.2	125.5	
GIU	88.0	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	167.1	167.1	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	295.5	175.9	
LUG	102.4	143.4	143.4	143.4	143.4	143.4	143.4	143.4	143.4	194.6	194.6	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8	204.8
AGO	90.5	126.7	126.7	126.7	126.7	126.7	126.7	126.7	126.7	172.0	172.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.0	
SET	62.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	119.1	119.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.4	
OTT	40.7	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	77.3	77.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.3	
NOV	25.8	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	44.6	44.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.0	
DIC	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9	
ANNO	622.0	659.0	659.0	659.0	659.0	659.0	659.0	659.0	659.0	1134.1	1134.1	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	767.4	1193.8

segue Tab. 4a

Tab. 4b - Andamento dell'Evapotraspirazione massima (da Blaney-Criddle F.A.O.) nel periodo 1970-84 nella Sardegna Centro-Occidentale.
Variation of crop Evapotranspiration (from Blaney-Criddle F.A.O.) during the period 1970-84 in Central-West Sardinia.

	Melo e Ciliegio												Pesco Alb. Pero Sus.		
	Agrumi														
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	19.7	17.1	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	26.4	22.9	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	40.3	34.5	28.8	28.8	31.7	31.7	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
APR	56.1	48.1	40.1	60.1	60.1	60.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1	56.1
MAG	82.2	69.6	58.0	110.2	96.3	77.7	98.6	85.8	77.7	98.6	85.8	77.7	98.6	85.8	69.6
GIU	100.9	85.4	69.9	155.2	136.6	108.7	139.7	122.6	108.7	139.7	122.6	108.7	139.7	122.6	97.8
LUG	117.0	99.0	81.0	180.1	158.4	126.0	162.0	142.2	158.4	162.0	142.2	158.4	162.0	142.2	113.4
AGO	106.9	90.5	74.0	156.3	136.5	110.2	148.1	130.0	136.5	110.2	148.1	130.0	148.1	130.0	103.6
SET	75.8	64.2	52.5	105.0	92.2	73.5	93.3	81.7	92.2	73.5	93.3	81.7	93.3	81.7	65.3
OTT	53.9	42.4	34.7	65.5	57.0	46.2	57.8	50.9	57.0	46.2	57.8	50.9	57.8	50.9	40.8
NOV	29.9	25.6	21.3	29.9	26.0	20.9	27.7	24.3	26.0	20.9	27.7	24.3	27.7	24.3	19.6
DIC	17.7	15.2	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	726.0	614.6	506.9	891.1	794.9	655.1	812.2	722.5	794.9	655.1	812.2	722.5	812.2	722.5	595.2

segue Tab. 4b

	Melo e Ciliegio												Pesco Alb. Pero Sus.		
	Agrumi														
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3
FEB	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.2
MAR	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.6
APR	44.1	36.1	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.2
MAG	63.8	69.6	87.0	46.4	110.2	174.0	53.7	28.1	110.2	174.0	53.7	28.1	174.0	53.7	116.0
GIU	77.6	108.7	163.0	116.4	147.5	260.8	180.1	155.2	147.5	260.8	180.1	155.2	260.8	180.1	180.1
LUG	90.0	126.0	189.1	207.1	171.0	180.1	180.1	180.1	171.0	180.1	180.1	180.1	180.1	180.1	180.1
AGO	82.3	115.2	148.1	139.8	156.3	0.0	0.0	0.0	156.3	0.0	0.0	0.0	148.1	148.1	164.5
SET	58.3	81.7	70.0	0.0	110.8	0.0	0.0	0.0	110.8	0.0	0.0	0.0	70.0	70.0	116.7
OTT	38.5	46.2	0.0	0.0	73.2	0.0	0.0	0.0	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0
NOV	23.5	14.9	0.0	0.0	40.5	0.0	0.0	0.0	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.6
DIC	13.9	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3
ANNO	560.7	598.5	693.3	509.7	1023.0	689.3	612.9	1076.9	1023.0	689.3	612.9	1076.9	612.9	612.9	1076.9

Tab. 4c - Andamento dell'Evapotraspirazione massima (da Blaney-Criddle F.A.O.) nel periodo 1976-84 nella Sardegna Nord-Occidentale.
 Variation of crop Evapotranspiration (from Blaney-Criddle F.A.O.) during the period 1976-84 in North-West Sardinia.

	Agrumi			Melo e Ciliegio			Pesco Alb. Pero Sus.			Olivo	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
	70%	50%	25%	70%	50%	25%	70%	50%	25%								
GEN	18.2	15.7	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0	0.0	25.4	0.0	0.0	24.2
FEB	21.4	18.5	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	0.0	0.0	0.0	29.9	0.0	0.0	28.5
MAR	36.0	30.9	25.7	22.6	18.0	18.0	25.7	22.6	18.0	30.9	0.0	0.0	0.0	54.0	18.5	0.0	51.5
APR	50.2	43.1	35.9	57.4	50.2	40.2	53.9	47.4	37.3	39.5	32.3	32.3	0.0	75.4	48.1	25.1	71.8
MAG	78.3	67.1	55.9	111.8	98.4	78.3	100.6	88.3	70.4	55.9	72.7	83.9	44.7	117.4	167.7	50.3	111.8
GIU	105.0	88.8	72.7	169.5	148.6	117.9	153.4	135.6	106.6	80.7	121.1	169.5	121.1	169.5	271.3	121.1	161.5
LUG	124.9	105.7	86.5	201.7	176.8	140.3	182.5	161.4	126.8	96.1	144.1	201.7	221.0	201.7	192.1	211.3	192.1
AGO	101.9	86.2	70.5	156.8	138.0	109.7	148.9	131.7	103.5	78.4	117.6	141.1	133.3	164.6	0.0	141.1	156.8
SET	69.8	59.0	48.3	102.0	90.2	70.9	91.2	80.5	63.3	59.0	0.0	64.4	0.0	112.7	0.0	64.4	107.4
OTT	47.5	37.3	30.5	61.0	53.6	42.7	54.2	47.5	38.0	37.3	0.0	0.0	0.0	71.2	0.0	0.0	67.8
NOV	21.8	18.7	15.6	23.4	20.6	16.2	21.8	19.3	15.3	18.7	0.0	0.0	0.0	32.7	0.0	0.0	31.2
DIC	12.5	10.7	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0	17.9
ANNO	687.6	581.8	479.6	909.4	799.1	634.3	832.4	734.4	579.3	538.9	487.8	693.0	520.1	1073.5	697.8	613.4	1022.6

basso è quello del mais a semina primaverile con 572 mm/anno, e un valore di 236 mm nel mese di luglio. Identico andamento si osserva nel Campidano settentrionale, anche se i valori risultano inferiori del 10-12%.

L'ETM relativa alle principali colture agrarie della Sardegna settentrionale evidenzia per la coltura standard un fabbisogno annuo di 1022 mm, inferiore pertanto ai 1073 mm risultanti nel caso della medica; infatti per questa ultima coltura la notevole ventosità della Nurra suggerisce come più rispondente un kc di 1,05. La specie che, invece, denuncia il più ridotto consumo idrico è identificabile nel giovane agrumeto con 479 mm (scelta colturale poco probabile in quest'area per raggiunti limiti climatici), seguita dall'olivo con 539 mm; per le colture stagionali, l'ETM più ridotta è stata osservata per il mais a semina primaverile con 520 mm/anno, seguito dal pomodoro con 613 mm (tab. 4c).

2.3. Valutazione del grado di utilità delle piogge

L'applicazione del metodo USDA (I.c.), anch'essa elaborata al calcolatore, ha dimostrato che le «piogge utili» sono pari rispettivamente al 54 e al 51% delle precipitazioni totali in relazione alle stazioni di Uta (Campidano meridionale) e Oristano (Campidano settentrionale). Poiché poi l'utilità delle piogge varia in funzione della coltura, questi valori medi si riferiscono alla «coltura standard». L'analisi dettagliata delle piogge utili evidenzia delle notevoli differenze tra le diverse specie, poiché il metodo USDA prevede che all'aumentare dell'ETM le piogge risultino sempre più «utili». L'esame della tabella 5 (a,b,c) mostra il decrescere dell'utilità delle piogge al passaggio dalla stagione primaverile a quella estiva; i valori più bassi si riscontrano, per entrambe le stazioni, nel mese di luglio (nessun apporto «utile» si registra in questo periodo a Oristano) anche se in tutta la stagione estiva gli apporti utili risultano inferiori ai 20 mm. Inoltre il confronto fra le diverse colture mostra come il prato rappresenti l'ordinamento colturale che utilizza in misura massima gli apporti naturali (280 e 254 mm/anno su una precipitazione media annua di 522 e 500 mm rispettivamente a Uta e Oristano), seguita nell'ordine da medica, agrumi a elevato grado di copertura, olivo, ecc... È evidente come le colture a ciclo poliennale abbiano dei valori di piogge utili superiori alle specie presenti solo per cicli stagionali.

Nella Sardegna settentrionale le piogge utili risultano, per la «coltura standard», pari al 50% delle precipitazioni totali; in particolare, le precipitazioni totali medie di nove anni sono state pari a 490 mm contro 243 mm di piogge utili, valore che pone questo ordinamento colturale al secondo posto, dopo la medica, sotto il profilo dell'utilizzazione delle precipitazioni naturali. Per il pesco (grado di copertura al 50%), il pomodoro e il mais, ad esempio, le piogge utili sono state rispettivamente pari a 163, 79, 41 mm/anno (tab. 5c).

Tab. 5a - Valori delle piogge utili medie mensili e annue nella Sardegna Meridionale.
Values of average monthly and yearly effective rainfall in Southern Sardinia.

	Melo e Ciliegio												Pesco Alb. Pero Sus.		
	Agrumi														
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	18.0	16.7	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	25.7	23.3	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	32.2	29.1	25.9	25.9	27.5	27.5	27.5	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9
APR	27.2	25.7	23.3	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
MAG	22.9	21.9	20.8	24.1	23.5	22.6	23.6	23.1	23.1	23.1	23.1	21.9	21.9	21.9	21.9
GIU	6.5	6.3	6.2	7.2	6.9	6.6	6.9	6.7	6.9	6.9	6.7	6.5	6.5	6.5	6.5
LUG	1.5	1.5	1.5	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
AGO	5.3	5.1	5.0	5.7	5.5	5.3	5.6	5.4	5.6	5.6	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2
SET	28.1	26.6	24.9	30.9	30.0	27.8	30.1	28.8	30.1	28.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
OTT	31.7	28.3	25.1	33.8	32.3	29.7	32.4	31.0	32.4	31.0	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7
NOV	22.2	19.8	17.3	22.2	20.0	17.0	21.0	19.0	21.0	19.0	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
DIC	19.4	17.3	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	240.8	221.7	199.9	179.5	175.3	166.0	174.6	168.9	174.6	168.9	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2

	Melo e Ciliegio												Pesco Alb. Pero Sus.		
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	19.9	0.0	0.0	0.0	20.5	20.5	20.5	20.5
FEB	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.3	30.3	0.0	0.0	0.0	31.4	31.4	31.4	31.4
MAR	27.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.8	37.8	21.9	21.9	0.0	38.6	38.6	38.6	38.6
APR	24.6	22.0	22.0	0.0	0.0	0.0	29.8	29.8	26.9	26.9	19.4	30.3	30.3	30.3	30.3
MAG	21.4	21.9	23.1	19.0	19.0	24.1	24.1	24.1	27.2	27.2	20.1	24.3	24.3	24.3	24.3
GIU	6.3	6.6	7.4	6.6	6.6	7.1	7.1	7.1	8.8	8.8	6.6	7.2	7.2	7.2	7.2
LUG	1.5	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8
AGO	5.1	5.3	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8
SET	25.8	28.8	27.4	0.0	0.0	0.0	31.2	31.2	0.0	0.0	27.4	31.6	31.6	31.6	31.6
OTT	26.7	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	35.1	0.0	0.0	0.0	35.7	35.7	35.7	35.7
NOV	18.5	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	28.1	28.1	0.0	0.0	0.0	29.2	29.2	29.2	29.2
DIC	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4	22.4	0.0	0.0	0.0	23.2	23.2	23.2	23.2
ANNO	211.3	130.0	87.4	33.2	273.4	86.7	81.1	81.1	86.7	86.7	81.1	279.8	279.8	279.8	279.8

segue Tab. 5a

Tab. 5b - Valori delle piogge utili medie mensili e annue nella Sardegna Centro-Occidentale.
Values of average monthly and yearly effective rainfall in Central-West Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.			
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	17.9	15.6	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	21.3	20.0	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	23.0	21.4	19.9	19.9	20.7	20.7	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
APR	24.8	23.0	21.0	25.4	25.4	25.4	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
MAG	21.5	19.8	17.8	23.5	22.7	21.1	22.9	22.0	19.8	22.0	22.0	19.8
GIU	11.4	11.1	10.7	12.5	12.0	11.5	12.1	11.7	11.3	11.7	11.7	11.3
LUG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AGO	2.4	2.4	2.3	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4
SET	19.4	18.8	18.0	20.4	20.0	19.3	20.1	19.7	18.9	19.7	19.7	18.9
OTT	34.9	30.1	26.3	38.1	35.9	32.0	36.1	33.9	29.3	36.1	33.9	29.3
NOV	22.9	20.5	17.6	22.9	20.8	17.3	22.0	19.7	16.5	22.0	19.7	16.5
DIC	17.2	15.2	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	216.9	198.1	177.0	165.4	160.1	149.8	160.4	154.2	143.0	160.4	154.2	143.0

segue Tab. 5b

	Olivo	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
FEB	18.8	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0	24.9
MAR	20.7	0.0	0.0	0.0	26.2	17.0	0.0	26.8
APR	22.0	19.9	19.9	0.0	27.4	24.4	17.8	27.8
MAG	18.9	19.8	22.1	15.5	23.5	26.3	16.6	23.7
GIU	10.9	11.5	12.7	11.6	12.3	15.6	11.6	12.5
LUG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AGO	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	0.0	2.5	2.6
SET	18.4	19.7	19.2	0.0	20.6	0.0	19.2	20.7
OTT	28.2	32.0	0.0	0.0	40.1	0.0	0.0	40.9
NOV	19.1	13.1	0.0	0.0	29.4	0.0	0.0	30.7
DIC	13.9	0.0	0.0	0.0	21.7	0.0	0.0	22.4
ANNO	187.8	118.5	76.4	29.6	248.2	83.4	67.8	253.9

Tab. 5c - Valori delle piogge utili medie mensili e annue nella Sardegna Nord-Occidentale.
 Values of average monthly and yearly effective rainfall in North-West Sardinia.

	Agrumi			Melo e Ciliegio			Pesco Alb. Pero Sus.			Olivo	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
	70%	50%	25%	70%	50%	25%	70%	50%	25%								
GEN	15.0	13.2	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	16.7
FEB	14.7	13.4	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	17.8	0.0	0.0	17.3
MAR	22.5	20.9	19.2	19.2	19.5	15.8	19.2	19.5	15.8	20.9	0.0	0.0	0.0	27.5	16.3	0.0	27.0
APR	23.6	22.3	20.9	24.6	23.6	21.7	24.1	23.2	21.2	21.6	20.2	20.2	0.0	26.1	23.3	19.0	25.9
MAG	18.2	17.0	15.7	21.4	20.1	18.2	20.4	19.2	17.4	15.7	17.6	18.7	13.8	21.7	24.8	14.7	21.4
GIU	10.4	10.2	9.9	11.7	11.2	10.6	11.3	10.9	10.4	10.1	10.6	11.7	10.6	11.7	14.3	10.6	11.5
LUG	1.5	1.4	1.4	1.7	1.6	1.5	1.7	1.6	1.5	1.4	1.5	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.7
AGO	13.9	13.6	13.2	15.2	14.7	14.1	15.0	14.5	14.0	13.4	14.2	14.8	14.5	15.4	0.0	14.8	15.2
SET	18.8	18.2	17.2	19.9	19.5	18.8	19.6	19.2	18.4	18.2	0.0	18.5	0.0	20.1	0.0	18.5	20.0
OTT	37.0	31.2	27.1	42.2	39.7	34.4	39.9	37.0	31.6	31.2	0.0	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0	44.2
NOV	18.8	17.0	14.2	20.0	18.7	14.7	18.8	17.6	13.9	17.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	24.2
DIC	12.5	10.7	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0	17.9
ANNO	206.8	189.0	170.9	175.8	168.7	149.8	169.9	162.6	144.1	184.8	64.1	85.5	40.7	247.9	80.3	79.3	242.8

3.4. Determinazione del fabbisogno irriguo

L'ultima fase del calcolo prevede la determinazione del fabbisogno irriguo delle principali colture agrarie, valore che si ottiene sottraendo all'ETM gli apporti meteorici utili. I risultati di questa operazione sono riportati nella tabella 6 (a,b,c,) e nella figura 2. L'analisi dei dati evidenzia i maggiori fabbisogni irrigui delle colture erbacee a ciclo poliennale (il prato e la medica nella Sardegna meridionale e centrale, la medica e il prato in quella settentrionale) presumibilmente in relazione non solo alla continua presenza di superfici traspiranti nel corso dell'anno, ma anche all'elevata copertura del terreno da parte della vegetazione. Seguono alcuni fruttiferi (melo e ciliegio) caratterizzati da un modesto controllo stomatico della traspirazione e dalla possibilità di realizzare impianti fitti (meleto-prato o fusetto nel primo caso, siepe e candelabro nel secondo), le drupacee, le ortive di pieno campo, le colture industriali, gli agrumi, il mais, la vite e l'olivo. I valori calcolati decrescono in misura netta col passare dal topoclima subtropicale della Sardegna meridionale a quello temperato-caldo della Sardegna centrale (il fabbisogno irriguo del prato si riduce del 10%), mentre tra quest'ultimo topoclima e quello della Sardegna settentrionale le differenze sono risultate più contenute anche per la notevole aridità e ventosità della Nurra (il f.i. del prato cala del 5%). I consumi idrici più elevati sono sempre stati osservati nel mese di luglio per tutte e tre le località; in particolare si è registrato un deficit di 233 mm per il mais in condizioni subtropicali, valore che si riduce a 207 e 220 mm per la stessa coltura nella Sardegna centrale e settentrionale nell'ordine.

Particolare interesse riveste sul piano operativo la determinazione del fabbisogno irriguo stagionale, anche se la relativa aridità dei tre topoclimi e l'irregolare distribuzione delle piogge ha comportato per molte colture il rilevamento di deficit idrici anche nella stagione invernale. Pertanto si è ritenuto opportuno far coincidere l'inizio della stagione irrigua con un deficit (inteso sempre come differenza tra ETM e piogge utili) pari a 30 mm, e il termine con un surplus di identico valore. L'analisi della tabella 6 (a,b,c,) rileva che il fabbisogno stagionale non differisce sostanzialmente da quello annuo, con riduzioni del 8%-14% per le specie poliennali e valori pressoché coincidenti per quelle stagionali. In definitiva il fabbisogno irriguo stagionale è risultato compreso tra gli 840 mm del prato e i 314 mm dell'agrumeto col minor indice di copertura nella Sardegna meridionale, tra gli 822 mm del prato e i 287 mm dell'agrumeto con copertura al 25% nella Sardegna centrale, e tra i 745 mm della medica e i 277 mm dell'agrumeto col più ridotto indice di copertura nella Sardegna settentrionale. Ovviamente il periodo di massima richiesta idrica rimane lo stesso già visto in precedenza.

Tab. 6a - Fabbisogno irriguo delle principali colture agrarie nella Sardegna Meridionale.
Net irrigation requirements of the main crops in Southern Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.			
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	6.3	4.4	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	5.8	4.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	12.8	9.5	6.2	6.2	7.8	7.8	6.2	6.2	7.8	6.2	6.2	6.2
APR	31.0	24.2	18.3	34.6	34.6	34.6	31.0	31.0	34.6	31.0	31.0	31.0
MAG	65.0	53.4	42.0	95.1	80.6	61.5	83.1	69.8	83.1	69.8	53.4	53.4
GIU	107.9	90.4	73.0	168.7	147.9	116.6	151.4	132.3	116.6	151.4	132.3	104.4
LUG	131.6	111.1	90.7	203.0	178.5	141.8	182.6	160.1	141.8	182.6	160.1	127.5
AGO	112.4	94.5	76.5	166.3	144.8	116.0	157.3	137.6	116.0	157.3	137.6	108.8
SET	53.4	42.4	31.5	82.0	69.1	51.2	70.2	59.0	51.2	70.2	59.0	43.4
OTT	25.2	16.4	11.6	35.3	27.9	19.1	28.6	22.7	19.1	28.6	22.7	15.4
NOV	10.7	8.4	6.2	10.7	8.7	6.0	9.6	7.8	6.0	9.6	7.8	5.3
DIC	2.3	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	564.4	459.9	362.5	801.9	699.9	554.6	719.8	626.4	554.6	719.8	626.4	495.4
ST.I	501.3	391.7	313.7	785.0	655.5	521.7	675.5	589.8	521.7	675.5	589.8	468.5

segue Tab. 6a

	Olivo	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
FEB	3.2	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	10.6
MAR	7.8	0.0	0.0	0.0	23.2	1.2	0.0	25.6
APR	21.2	15.5	15.6	0.0	49.2	28.9	9.7	52.9
MAG	47.7	53.4	71.0	31.3	95.1	161.0	36.3	101.2
GIU	81.7	116.6	177.3	125.3	160.1	286.8	125.3	168.7
LUG	100.9	141.8	213.1	233.5	192.8	203.0	223.3	203.0
AGO	85.5	121.5	157.3	148.4	166.3	0.0	157.3	175.3
SET	36.9	59.0	47.9	0.0	87.9	0.0	47.9	93.8
OTT	14.0	19.1	0.0	0.0	42.1	0.0	0.0	45.6
NOV	7.3	2.3	0.0	0.0	16.6	0.0	0.0	17.7
DIC	1.2	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	7.7
ANNO	410.8	529.0	682.1	538.5	860.7	680.8	599.9	914.0
ST.I	352.7	492.2	666.7	538.5	793.5	650.7	590.2	840.5

Tab. 6b - Fabbisogno irriguo delle principali colture agrarie nella Sardegna Centro-Occidentale.
Net irrigation requirements of the main crops in Central-West Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.			
	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	1.8	1.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FEB	5.1	2.9	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAR	17.3	13.1	8.9	8.9	8.9	11.0	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
APR	31.4	25.1	19.1	34.7	34.7	34.7	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
MAG	59.7	49.8	40.2	86.7	73.5	56.6	75.7	63.8	49.8	63.8	49.8	49.8
GIU	89.5	74.2	59.2	142.7	124.6	97.2	127.6	110.9	86.5	110.9	86.5	86.5
LUG	117.0	99.0	81.0	180.1	158.4	126.0	162.0	142.2	113.4	142.2	113.4	113.4
AGO	104.5	88.1	71.7	153.7	134.1	107.8	145.5	127.5	101.2	145.5	101.2	101.2
SET	56.4	45.3	34.5	84.6	72.1	54.2	73.2	62.0	46.4	73.2	46.4	46.4
OTT	19.0	12.3	8.4	27.3	21.2	14.3	21.7	17.0	11.5	21.7	17.0	11.5
NOV	6.9	5.1	3.7	6.9	5.2	3.6	5.7	4.7	3.1	5.7	4.7	3.1
DIC	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	509.1	416.3	330.0	725.7	634.8	505.4	651.8	568.3	452.2	651.8	568.3	452.2
ST.1	458.5	356.5	286.7	682.5	597.4	476.5	615.4	537.8	428.6	615.4	537.8	428.6

	Vite				Mais				Medica				Peperone				Pomodoro				Prato							
	Olivo	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Bietola	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Mais	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Medica	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Peperone	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Pomodoro	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%	Prato	C.V.70%	C.V.50%	C.V.25%
GEN	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0
FEB	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0
MAR	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.5	3.7	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.7	0.0	0.0	0.0
APR	22.1	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	29.3	10.3	0.0	29.3	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.3	0.0	0.0	0.0
MAG	44.9	49.8	64.9	64.9	64.9	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	86.7	147.7	35.6	0.0	147.7	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.3	0.0	0.0	0.0
GIU	66.7	97.2	150.3	150.3	150.3	104.8	104.8	104.8	104.8	104.8	104.8	104.8	135.2	245.1	104.8	0.0	245.1	104.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.7	0.0	0.0	0.0
LUG	90.0	126.0	189.1	189.1	189.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	171.0	180.1	198.1	0.0	180.1	198.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.1	0.0	0.0	0.0
AGO	79.9	112.7	145.5	145.5	145.5	137.3	137.3	137.3	137.3	137.3	137.3	137.3	153.7	153.7	145.5	0.0	153.7	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.9	0.0	0.0	0.0
SET	39.9	62.0	50.8	50.8	50.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.3	0.0	50.8	0.0	0.0	50.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	0.0	0.0	0.0
OTT	10.3	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.1	0.0	0.0	0.0
NOV	4.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0
DIC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	373.0	479.9	616.8	616.8	616.8	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	774.8	605.9	545.0	0.0	605.9	545.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	822.8	0.0	0.0	0.0
ST.1	321.5	447.6	600.6	600.6	600.6	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	480.1	718.8	572.9	534.8	0.0	572.9	534.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	792.1	0.0	0.0	0.0

segue Tab. 6b

Tab. 6c - Fabbisogno irriguo delle principali colture agrarie nella Sardegna Nord-Occidentale.
 Net irrigation requirements of the main crops in North-West Sardinia.

	Agrumi				Melo e Ciliegio				Pesco Alb. Pero Sus.				Olivio	Vite	Bietola	Mais	Medica	Peperone	Pomodoro	Prato
	70%		25%		70%		25%		70%		25%									
	70%	25%	70%	25%	70%	25%	70%	25%	70%	25%	70%	25%								
GEN	3.2	2.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	7.6
FEB	6.7	5.1	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	12.1	0.0	0.0	11.2
MAR	13.5	9.9	6.5	6.5	3.1	2.2	6.7	3.1	2.2	9.9	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	26.5	2.3	0.0	24.5
APR	26.7	20.8	15.0	32.8	26.7	18.5	29.8	24.2	16.2	17.9	12.1	0.0	40.2	12.1	12.1	0.0	49.2	24.8	6.2	45.9
MAG	60.1	50.1	40.2	90.5	78.2	60.1	80.3	69.2	53.1	40.2	55.1	65.1	31.0	95.7	142.9	35.6	90.5	142.9	35.6	90.5
GIU	94.5	78.6	62.8	157.9	137.3	107.3	142.1	124.7	96.2	70.7	110.5	157.9	110.5	157.9	256.9	110.5	157.9	256.9	110.5	150.0
LUG	123.4	104.2	85.1	200.0	175.1	138.8	180.9	159.8	125.3	94.6	142.6	200.0	219.1	200.0	190.4	209.6	190.4	190.4	209.6	190.4
AGO	88.0	72.6	57.4	141.6	123.3	95.7	134.0	117.2	89.5	65.0	103.4	126.3	118.7	149.2	0.0	126.3	149.2	0.0	126.3	141.6
SET	51.0	40.9	31.1	82.1	70.6	52.0	71.7	61.3	44.9	40.9	0.0	45.9	0.0	92.6	0.0	45.9	92.6	0.0	45.9	87.3
OTT	10.5	6.1	3.4	18.8	13.8	8.3	14.3	10.5	6.4	6.1	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	23.6
NOV	3.0	1.7	1.4	3.4	1.9	1.5	3.0	1.8	1.4	1.7	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	7.0
DIC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANNO	480.5	392.7	308.5	733.5	630.2	484.3	662.4	571.7	435.1	345.0	423.6	607.4	479.3	825.5	617.4	534.1	825.5	617.4	534.1	779.5
ST.I.	417.1	346.4	276.5	704.9	584.6	453.8	608.9	532.2	409.0	311.3	411.5	595.3	479.3	744.6	590.3	527.9	744.6	590.3	527.9	705.7

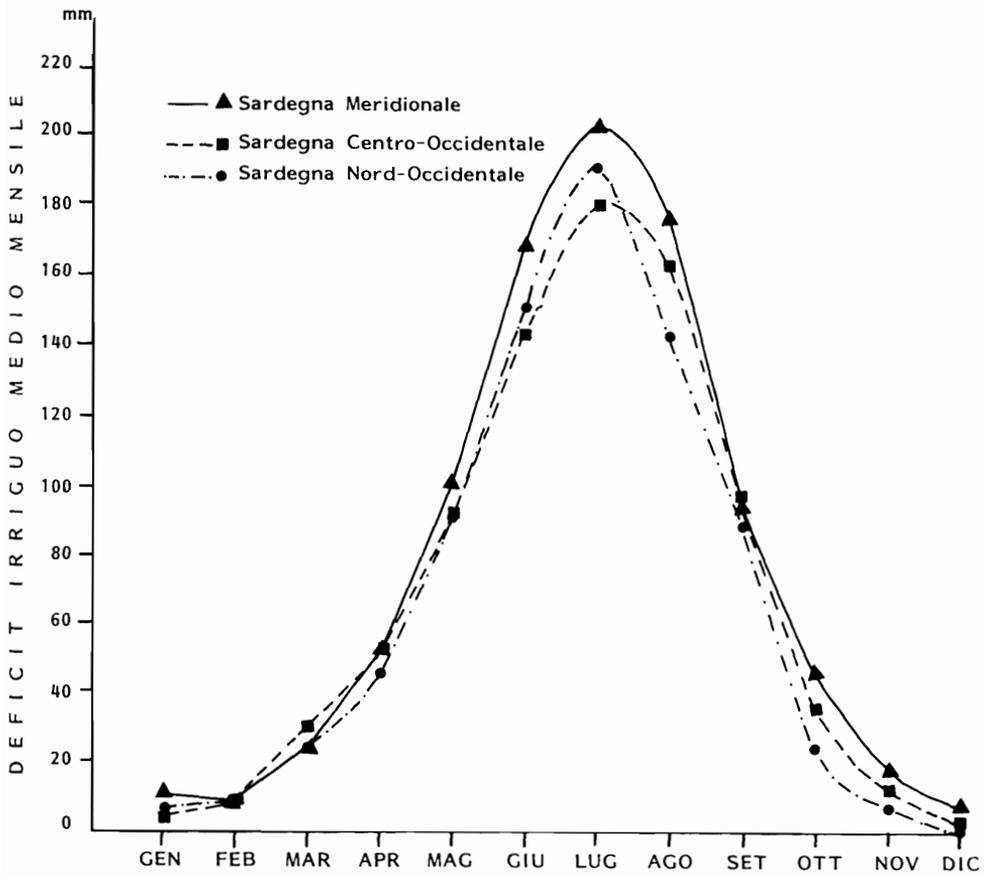


Fig. 2 - Andamento annuo del deficit irriguo medio mensile della coltura standard nei tre ambienti considerati.
Annual changes of mean monthly net irrigation requirements for the reference crop under three environmental conditions.

3. DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

L'applicazione del software F.A.O. (Gupta e coll., l.c.) a tre topoclimi della Sardegna interessati da estesi comprensori irrigui conferma in primo luogo la notevole sovrastima dell'ETP derivante dall'utilizzo della Blaney-Criddle originale (Castrignanò e coll., l.c.), equazione che pertanto è opportuno impiegare solo su scala mensile per il periodo estivo; inoltre si rileva che l'equazione di Penman nella versione originale fornisce valori di ETP di poco inferiori a quelli ottenibili con la Penman F.A.O. (0,5%, 3% e 4% in meno rispettivamente nella Sardegna meridionale, centrale e settentrionale) mentre le differenze negative nei confronti della B.-C. originale oscillano tra il 21% del topoclima subtropicale, il 37% di quello temperato-caldo della Sardegna centrale e il 36% nel caso della Nurra. Il metodo della radiazione solare fornisce valori di ETP ancora più bassi, poiché inferiori di circa il 32%, 39% e 29% rispetto alla B.-C. originale rispettivamente per la Sardegna meridionale, centrale e settentrionale. L'equazione di B.-C. F.A.O. fornisce l'ETP più modesta e i valori che più si approssimano a quanto preliminarmente rilevato a Oristano mediante lisimetri investiti con prato di graminacee; infatti le differenze rispetto alla B.-C. originale risultano nell'ordine del 33%, 46% e 52% per i tre topoclimi già richiamati. In definitiva l'adozione di questo metodo come il più rispondente darebbe luogo a una ETP media annua di 1194 mm, 1077 mm e 1022 mm nell'ordine per la Sardegna meridionale, centrale e settentrionale (con un errore di $\pm 50 \div 80$ mm). La domanda evapotraspirativa risulta minima in dicembre, con valori particolarmente bassi (17 mm/mese) nella Sardegna settentrionale, e progressivamente crescente sino al mese di luglio quando si osservano punte di 6,6 mm d⁻¹, 5,8 mm d⁻¹ e 6,2 mm d⁻¹ rispettivamente per la Sardegna meridionale, centrale e settentrionale; i valori decrescono, poi, nei mesi successivi sino al minimo invernale. Pertanto la pianura settentrionale della Nurra, pur registrando l'ETP annua più bassa, presenta nei mesi di giugno e luglio delle domande evapotraspirative superiori a quelle osservate nella Sardegna centrale.

L'introduzione dei kc F.A.O., integrati sulla base delle esperienze realizzate in ambiente mediterraneo, porta a valori medi annui di ETM di poco inferiori all'ETP per le colture erbacee poliennali (prato e medica), seguite con riduzioni di circa il 10-20% dagli impianti fitti di fruttiferi con ridotto controllo stomatico della traspirazione, dagli agrumi col maggior indice di copertura del terreno, e da colture erbacee industriali e ortive particolarmente esigenti (peperone), dalla vite, dall'olivo e dalle foraggere stagionali (mais). Questi fabbisogni idrici, sempre superiori alle precipitazioni totali (comprese tra i 490 e i 520 mm in tutti i topoclimi), sono soddisfatti in minima parte da apporti idrici naturali sia per l'assenza di falde superficiali o comunque di interesse agrario che per il concentrarsi delle piogge nei mesi autunno-

vernini (la massima piovosità è stata registrata in febbraio, novembre e dicembre rispettivamente per la Sardegna meridionale, centrale e settentrionale). Inoltre l'analisi della quota utile delle piogge totali dimostra che solo il 50% (pur con alcune variazioni in funzione delle diverse colture) risulta agronomicamente efficace, e, in particolare per il prato, il 54%, 51% e 50% rispettivamente nella Sardegna meridionale, centrale e settentrionale; pertanto, a fronte di un'ETM di 1000-1200 mm/anno, il contributo delle piogge alle esigenze idriche del prato risulta pari a 250-280 mm/anno. L'apporto idrico da piogge risulta ancora più scarso per le colture poliennali con modesta intensità evapotraspirativa (olivo: 211 mm, 188 mm e 185 mm pari nell'ordine al 40%, 38% e 38% delle piogge totali rispettivamente per il topoclimate subtropicale, e i due temperato-caldi della Sardegna centrale e settentrionale nell'ordine) e per quelle a ciclo stagionale (mais: 33 mm, 30 mm e 41 mm pari nell'ordine al 58%, 47% e 52% delle piogge totali cadute tra maggio e agosto nella Sardegna meridionale, centrale e settentrionale). In definitiva le piogge utili coprono solo il 23-24% della domanda evapotraspirativa, giustificando la necessità di operare la trasformazione irrigua di questi territori anche in relazione alla irregolare distribuzione nel corso dell'anno degli apporti meteorici.

Pertanto l'apporto irriguo risulta determinante e non molto diverso (specie per le colture a ciclo stagionale) dall'ETM; infatti il fabbisogno irriguo del prato risulta di 914 mm, 823 mm e 780 mm rispettivamente a Uta, Oristano e nella Nurra (in quest'ultima località la medica segnala esigenze irrigue superiori a quelle del prato con 826 mm), seguito dalla medica, dagli impianti fitti di drupacee e pomacee, dalle colture industriali e ortive, dalla vite e dall'olivo.

Particolare interesse pratico riveste la determinazione del fabbisogno irriguo stagionale (cioè il volume irriguo), determinato fissando l'inizio e la fine della stagione con un deficit (ovvero un surplus) di 30 mm come risultante dal bilancio tra ETM e piogge utili. I valori appaiono ovviamente inferiori, con una maggiore regressione nel caso delle specie poliennali sempreverdi. Ne deriva che il prato di graminacee richiede da aprile a ottobre 841 mm nella Sardegna meridionale, mentre in quella centrale la stagione irrigua coincide col periodo marzo-ottobre e richiede 791 mm; in quella settentrionale, infine, la stagione irrigua relativa al prato di graminacee è compresa tra aprile e settembre e impegna 706 mm di acqua. D'altra parte i valori più bassi sono forniti dall'olivo (fatta eccezione per l'agrumeto col più ridotto indice di copertura del terreno) che segnala esigenze comprese tra i 353 mm di Uta, i 322 di Oristano e i 311 della Nurra.

L'entità di questi volumi idrici dipende in larga misura dal valore assegnato al coefficiente colturale che, come già detto, non per tutte le colture è stato verificato in ambiente mediterraneo. Pare quindi opportuno confrontare i fabbisogni idrici qui calcolati con quelli ottenuti sperimentalmente, e in particolare per via lisimetrica,

in condizioni climatiche simili. Pertanto la figura 3 mostra l'andamento del fabbisogno irriguo stagionale relativo a un fruttifero (pesco), a un'ortiva (pomodoro) e a una foraggera (mais), così come calcolato nei tre topoclimi regionali e nel Metapontino (mais e pomodoro; nell'ordine: Tarantino e coll., l.c.; Rubino e Tarantino, 1984) ovvero in Maremma (pesco; Natali e Xiloyannis, 1979). L'analisi dei dati indica che la Sardegna meridionale ha una domanda evapotraspirativa relativa alle due colture erbacee superiore del 10-12% a quella osservata nella Sardegna centrale e settentrionale, e nel Metapontino (che, con 40°17' lat. Nord, risulta esattamente intermedia tra le due stazioni di rilevamento agrometeorologico della Sardegna centrale e settentrionale). L'ottenimento, per via lisimetrica in un topoclimate mediterraneo con analoga latitudine, di consumi idrici pressoché coincidenti conferma indirettamente la validità delle metodiche e, in particolare, dei coefficienti colturali F.A.O.. Per il topoclimate subtropicale, con latitudine inferiore di circa 1°, era logico attendersi dei consumi più elevati; analoga considerazione può essere fatta per il pesco, i cui fabbisogni irrigui risultano assai simili in Maremma e nel Nord-Sardegna, ma decisamente differenti da quanto osservato nel topoclimate subtropicale. Un'ulteriore conferma della rispondenza delle metodiche F.A.O. viene dagli studi di Ciavatta e coll. (1985) che stimano il deficit idrico globale annuo dei suoli della Sardegna pari a 500-700 mm, con valori più elevati in riferimento alle aree meridionali; pertanto anche quest'analisi coincide con quanto rilevato nei tre comprensori irrigui.

In conclusione l'utilizzo della formula evapotraspirativa di Blaney-Criddle corretta F.A.O. quantifica l'ETP di alcuni importanti comprensori irrigui della Sardegna in 1194, 1077 e 1022 mm/anno rispettivamente per le aree meridionale, centrale e settentrionale; questa domanda evapotraspirativa è coperta solo per il 22% dalle piogge utili, rendendo indispensabili consistenti apporti irrigui nel periodo aprile-settembre.

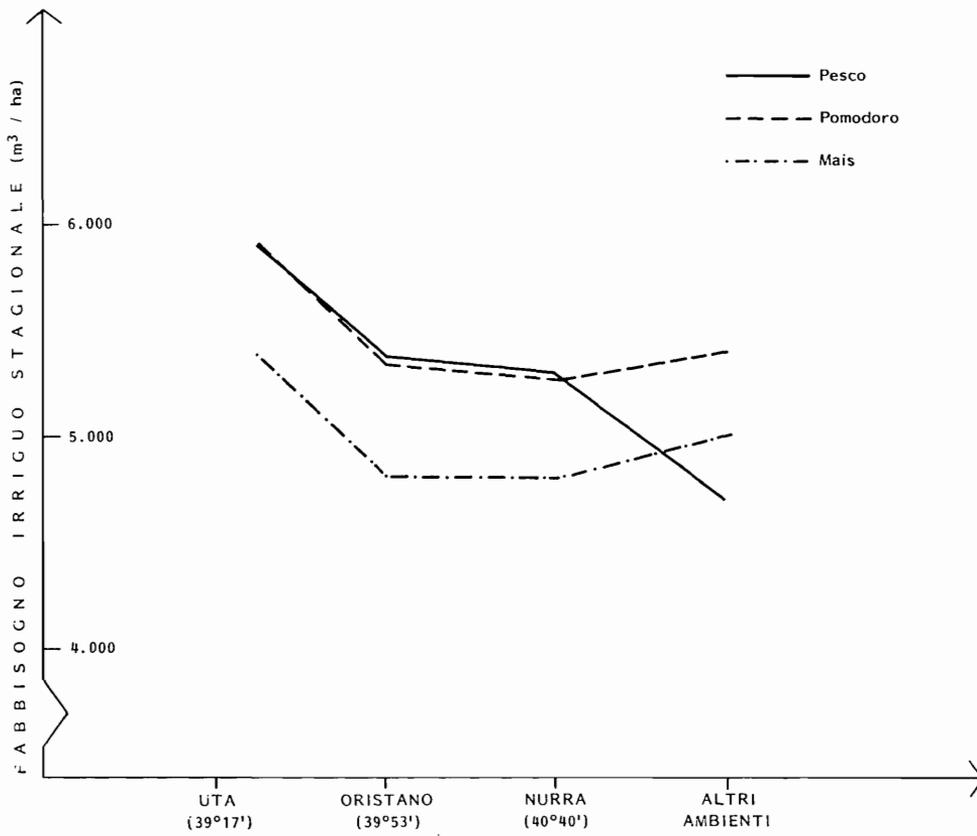


Fig. 3 - Fabbisogno irriguo stagionale delle colture campione nei quattro ambienti considerati.
Seasonal net irrigation requirements for the representative crops in the four areas considered.

BIBLIOGRAFIA

- BERGMANN H., BOUSSARD J., 1976 - Guide de l'évaluation économique des projets d'irrigation. O.C.D.E., Paris.
- BLANEY H.F., CRIDDLE W.D., 1950 - Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data. USDA (SCS) TP-96, 48 p.
- CALIANDRO A., 1979 - Consumi idrici delle colture e fattori climatici. «Agricoltura e Ricerca» 6: 3-26.
- CASTRIGNANO' A., DE CARO A., TARANTINO E., 1985 - Verifica sulla validità di alcuni metodi empirici di stima della evapotraspirazione potenziale nel Metapontino. «L'Irrigazione», 32, 4: 23-27.
- CAVAZZA L., 1981 - L'acqua nel sistema terreno-pianta-atmosfera. «L'Italia Agricola», 118, 1: 76-86.
- CAVAZZA L., RAVELLI F., 1979 - Curve di risposta alla irrigazione per le colture erbacee di maggiore interesse. «Agricoltura e Ricerca», 6: 27-40.
- CIAVATTA C., PICCARI RICCI P., VIANELLO G., 1985 - Carta del Deficit Idrico Globale Annuo dei Suoli della Sardegna. 3° Convegno Internazionale di Studi Geografico-Storici «La Sardegna nel Mondo Mediterraneo», Baja Sardinia, aprile 1985.
- DASTANE N.G., 1974 - Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. «F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 25».
- DETTORI S., 1982 - Programmazione dell'intervento irriguo mediante stima dell'evapotraspirazione potenziale. «Atti dell'Istituto di Geopedologia e Geologia Applicata», Vol. 3: 175-184.
- DOOREMBOS J., PRUITT W.O., 1977 - Crop Water Requirements. «F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 24».
- GUPTA S.K., PRUITT W.O., LONCZAK J., TANJI K.K., 1977 - Computer Programme for Estimation of Reference Crop Evapotranspiration. «F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 24».
- MILELLA A., DEIDDA P., DETTORI S., AZZENA M., 1980-81 - Influenza della posizione degli erogatori sulle componenti dello sviluppo e della produzione nell'arancio 'Valencia'. Risultati preliminari. «Studi Sassaresi Sez. III - Annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari», 28-29: 221-234.
- MILELLA A., DETTORI S., 1986 - Confronto fra tre coefficienti colturali per l'irrigazione dell'olivo da mensa. «Rivista dell'Ortoflorofruitticoltura Italiana», 70, 3: 231-240.
- NATALI S., XILOYANNIS C., 1979 - Influenza dell'epoca di irrigazione e delle distanze fra i gocciolatori sulla quantità e qualità della produzione del pesco. Incontro frutticolo «L'irrigazione delle colture arboree», Bologna.
- PENMAN H.L., 1948 - Natural Evaporation from Open Water, Bar Soil and Grass. «Royal Soc. London Proc. Ser. A, 193: 120-146.
- PHARANDE K.S., DASTANE N.G., 1964 - Effective Rainfall. «New Delhi, Postgraduate School J.», Indian Agri. Res. Inst.
- PINNA M., 1954 - Il clima della Sardegna. Libreria Goliardica, Pisa.
- QUAGLIETTA CHIARANDA E., ZERBI G., MARTORELLA A. 1984, Effetto del regime irriguo sulla produzione e sui consumi idrici del peperone sotto serra. «Colture Protette», 5: 55-59.
- RUBINO P., TARANTINO E., 1984 - Distribuzione dei consumi idrici del pomodoro da industria nel Metapontino. «Riv. Agr.», 18: 21-27.
- TARANTINO E., RUBINO P., CALIANDRO A., 1979 - Distribuzione dei consumi idrici durante il ciclo colturale del mais da granella in ambiente meridionale. Atti 3° Convegno Nazionale A.I.G.R., Catania 16-19 maggio.
- U.S. DEPT. of AGRIC. (Soil Con. Service), 1967 - Irrigation Water Requirements. «Technical Release N° 21», Engineering Div. SCS 83p.