

STUDIO AGRO-CLIMATICO DELL'AREA METAPONTINA

Rita Leogrande, Ornella Lopedota, Nicola Losavio¹

Introduzione

L'agricoltura è la più importante tra le attività economiche svolte nel mondo ed è fortemente influenzata dalle due componenti ambientali: clima e suolo. La prima viene considerata variabile mentre la seconda costante: entrambe sarebbero i principali controllori della crescita e dello sviluppo delle piante. Il clima ha una particolare rilevanza agronomica in quanto determina le condizioni di regime termico, di insolazione, di "domanda" e "offerta" atmosferica dell'acqua, a cui le specie agrarie sono esposte. Ciò a sua volta influenza la diffusione ed estensione delle specie e varietà di interesse agrario e naturalmente la loro produttività (Rubino et al., 2003).

Per programmare piani colturali, non solo per le zone non ancora integralmente e razionalmente sfruttate dal punto di vista agricolo, ma anche in quelle aree dove l'agricoltura praticata da tempo ha raggiunto un elevato grado di specializzazione, è necessario comprendere in modo accurato l'ambiente in cui si opera. La tempestiva conoscenza di alcuni parametri climatici potrebbe consentire ad esperti agrometeorologici di formulare fondate previsioni sul verificarsi a breve o medio termine di eventi climatici che potrebbero risultare nocivi alle colture (ad esempio, grandine o gelata), considerate avversità di natura non parassitaria, ma anche quelle di natura parassitaria, in quanto il clima influenza notevolmente lo sviluppo di alcune crittogame e pertanto approntare in tempo utile adeguate difese e una migliore gestione dei fattori della produzione. Conoscere, ad esempio, i fattori climatici che influenzano l'evapotraspirazione della coltura in particolari momenti del proprio ciclo biologico permetterebbe di colmare il deficit idrico con opportune e dosate irrigazioni, evitando interventi inutili e tardivi magari anche antieconomici e dannosi.

Il clima è definito come l'insieme di diversi parametri (radiazione solare, temperatura dell'aria, eliofanìa, umidità dell'aria, pressione atmosferica, ventosità, precipitazione,

¹ rispettivamente, borsista, collaboratrice e direttore della Sezione di Metaponto del CRA-Istituto Sperimentale Agronomico.

evaporazione) che caratterizzano le condizioni atmosferiche di una regione geografica per lunghi periodi di tempo e ne determinano il tipo di vegetazione, la flora e la fauna.

Per la caratterizzazione climatica di un territorio è necessario disporre di serie storiche più o meno ampie di dati climatici rilevati presso stazioni meteorologiche o agrometeorologiche distribuite irregolarmente sul territorio. Il clima della terra viene ripartito in fasce che seguono grosso modo i paralleli e la distribuzione dei vegetali in quanto le piante si sviluppano in un dato luogo solo se sono perfettamente adattate alle sue condizioni climatiche.

Il clima del nostro pianeta, comunque, è dinamico ed è ancora in fase di modificazione da quando la Terra si è formata. Le fluttuazioni periodiche nei valori di temperatura e nelle modalità di precipitazione sono conseguenze naturali di questa variabilità.

L'esistenza di tali cambiamenti può essere verificata con un monitoraggio più accurato dei principali parametri del clima mediante sensori sensibili e sottoposti periodicamente a taratura.

Nel presente lavoro si intende studiare l'andamento climatico rilevato nella stazione agrometeorologica presente nell'area metapontina, per il quale si dispone di un periodo di osservazioni pari a 26 anni.

Materiali e metodi

I parametri climatici utilizzati per le elaborazioni statistiche sono stati rilevati presso l'azienda agraria "Campo 7" dell'Istituto, ubicata al centro dell'arco jonico metapontino (lat. N 40° 24'; long. E 16° 48'; alt. 10 m s.l.m.) e relativi al periodo 1981-2006.

Il terreno risulta essere pianeggiante, profondo, molto compatto e tenace (classificato come Typic Epiaquerts secondo la Soil Taxonomy), dotato di elevata ritenzione idrica (umidità alla capacità idrica di campo e al punto di appassimento rispettivamente pari a 34.5 e 20.1% del peso secco del terreno) ma bassa conducibilità idraulica.

Per questa indagine sono stati utilizzati i dati giornalieri (orari solo per effettuare alcune particolari elaborazioni negli ultimi quattro anni) registrati presso la stazione agrometeorologica realizzata secondo le norme suggerite dalla "World Meteorological Organization" (W.M.O.) (Doorenbos, 1976), installata in un sito rappresentativo delle condizioni ambientali dell'area, di dimensioni pari a 1600 m² (40 x 40 m), coperto da un prato costituito da specie tipiche del luogo. Il prato, durante il periodo di crescita, viene

falciato continuamente (ogni settimana) per mantenere l'altezza compresa tra 0.08 e 0.15 m, e irrigato periodicamente per evitare stress idrici. L'appezzamento è recintato da una rete a maglie larghe, verniciata e alta 1.2 m. La stazione agrometeorologica (fig. 1) è completamente automatica, dotata di data-logger (CR10x) collegato ai vari sensori per l'acquisizione dei principali parametri climatici, ad intervalli di tempo stabilito (ogni 10"), ed in seguito mediati e archiviati, a livello orario; successivamente, utilizzando un cellulare per acquisizione dati e modem, sono convogliati direttamente su computer ed elaborati con programmi statistici.

Le apparecchiature della stazione agrometeorologica sono costituite da un pluviometro a vaschetta posto a 0.7 m di altezza, per la misura della pioggia; termistore, posto a 2 m di altezza dalla vegetazione, per la misura della temperatura; igrometro di tipo capacitivo, per la misura dell'umidità relativa dell'aria; una vasca evaporimetrica di classe "A" (fig. 2), dotata di sensore con trasduttore di pressione, per la misura dell'evaporato; un piranometro, per la misura della radiazione globale e un net-radiometro (fig. 3) per l'acquisizione della radiazione netta; un eliofanometro per misurare la durata dell'insolazione; anemometro e gonioanemometro, posti a circa 2 m dalla superficie vegetale, per la misura, rispettivamente, della velocità e della direzione del vento.

L'archivio dei singoli dati meteorologici (1981-2006) è stato elaborato per l'ottenimento dei dati medi mensili (cumulati solo per la pioggia e l'evaporato) ed i relativi valori dei coefficienti di variabilità e di deviazione standard. L'elaborazione dei dati è servita anche per lo studio delle frequenze o incidenze percentuali, evidenziare i valori estremi, la massima pioggia verificatasi nel mese e la direzione più frequente del vento.

Per la gestione e l'analisi statistica dei dati meteorologici, sono state utilizzate alcune procedure del SAS (Statistical Analysis System, 1987).

Risultati e discussione

Eliofania

L'eliofania, espressa come numero di ore di sole al giorno, cioè come tempo di permanenza del sole libero da nubi durante le ore diurne, consente di calcolare con una certa approssimazione, mediante formule empiriche, la radiazione globale.

Nella tabella 1 si riportano i valori medi mensili del numero di ore di sole al giorno con i rispettivi valori di deviazione standard e coefficiente di variabilità. Come si può notare dalla tabella, i valori minimi si sono avuti durante i mesi invernali (dicembre, seguito da novembre e da gennaio) e quelli più alti (10.1 ore d⁻¹) nel mese di luglio.

Radiazione netta

La radiazione solare è la più grande fonte di energia naturale; da essa dipende l'andamento termometrico di un ambiente ed influenza tutti gli aspetti biologici sia per effetto diretto che indiretto. La quantità potenziale di radiazione che può raggiungere la superficie terrestre è determinata dalla posizione del sole e dal periodo dell'anno considerato. Pertanto, la radiazione potenziale si differenzia con la latitudine e le stagioni. L'effettiva radiazione solare che raggiunge la superficie della terra dipende dalla densità dell'atmosfera e dalla presenza di nuvole che riflettono e/o assorbono la maggior parte delle radiazioni.

I valori medi mensili della radiazione netta, cioè la frazione di radiazione globale disponibile per le specie vegetali (tab. 2), indicano che l'energia solare raggiunge i valori massimi nel mese di Luglio (15.2 MJ m⁻² d⁻¹) e comunque durante tutto il periodo estivo. I valori minimi, al contrario, sono stati rilevati a dicembre (3.2 MJ m⁻² d⁻¹) e gennaio (3.7 MJ m⁻² d⁻¹).

Temperatura

La temperatura dell'aria, "sottoprodotto" della radiazione solare in quanto varia in relazione all'andamento dell'energia solare, è uno dei parametri climatici più importanti che determina la distribuzione delle specie vegetali sulla superficie terrestre e che influisce sull'ambiente fisico e sugli organismi viventi; il suo andamento diurno, stagionale e annuale, i suoi valori normali ed estremi, infatti, determinano i bioritmi del mondo animale e vegetale. Essa varia da zona a zona in funzione dell'altitudine, longitudine ed esposizione.

Il valore della temperatura media dell'aria è risultato pari a 15.8°C (valore medio annuale) (tab. 3); i valori medi annuali della temperatura minima e massima, invece, sono stati rispettivamente 10.2 e 21.4°C, indice che la località considerata è caratterizzata da clima mite. Il mese più freddo è risultato febbraio con un valore medio delle minime pari a

3.1°C, mentre a luglio e agosto si sono riscontrati i valori medi delle temperature massime più alti (31.5°C).

E' stato calcolato anche il numero di ore di freddo (cioè il numero di ore giornaliere in cui la temperatura scende al di sotto di 7°C), importante ai fini pratici in quanto molte colture (in particolare le specie fruttifere diffuse nella zona) hanno uno specifico fabbisogno di freddo e permette loro di passare dalla fase vegetativa a quella riproduttiva.

Il numero di ore di freddo medio mensile cumulato è risultato più alto nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre con 302, 288 e 236 ore, rispettivamente (tab. 3).

Precipitazioni

L'idrometeora più importante è la pioggia, ma l'apporto di acqua può essere dovuto anche ad altri eventi come neve, rugiada, brina, nebbia, ecc.. Le precipitazioni meteoriche in generale dipendono dalla evaporazione e dalla umidità dell'aria.

La pioggia, quale fonte idrica naturale, è uno dei fattori climatici più importanti per i vegetali ed è anche uno dei più variabili sia a livello mensile che annuo, per cui in una determinata zona climatica possono verificarsi nel tempo eccessi o deficit idrici.

Il valore annuale medio cumulato di pioggia nella località considerata è risultato pari a 493 mm caduti mediamente in 89 giorni (tab. 4): le piogge, come succede in tutte le aree dell'ambiente mediterraneo, sono concentrate nei mesi invernali (a novembre e dicembre cadono mediamente 73 mm) mentre risultano quasi nulle durante il periodo estivo (13, 26 e 18 mm, rispettivamente a giugno, luglio ed agosto).

Il valore annuale delle precipitazioni è molto variabile e oscilla intorno alla media, tanto da poter definire il fenomeno fortemente instabile (fig. 4). Negli anni 1984, 1996 e 1997 il valore annuale delle piogge (rispettivamente 765, 782 e 694 mm) è stato notevolmente superiore a quello medio dell'intero periodo considerato (+58, +60 e +43%).

Contrariamente a quello risultante da varie ricerche sui cambiamenti climatici, nella stazione agrometeorologica di Metaponto i valori annuali delle piogge rilevate nel quinquennio 2002-2006 si sono mantenuti sempre sopra la media. In particolare, nel mese di novembre del 2004 (evento eccezionale) è stata registrata una quantità di pioggia pari a 256,2 mm caduti in 9 giornate con una intensità media di 28.5 mm d⁻¹.

Nella figura 5 si riportano per il periodo di ventisei anni studiato i valori medi mensili della pioggia e dell'evapotraspirazione di riferimento calcolata con la formula di Hargreaves (1985). Dalla figura si evince che da marzo a ottobre i valori mensili degli

apporti idrici naturali sono sempre inferiori a quelli dell'evapotraspirazione calcolata e solo nel breve periodo invernale (novembre-febbraio) le piogge riescono a soddisfare la domanda evapotraspirativa dell'ambiente.

Evaporato

L'evaporazione è il processo fisico mediante il quale l'acqua passa dallo stato liquido a quello gassoso. Questo processo in natura si può verificare da una superficie idrica libera, direttamente dalla superficie del suolo e dalla superficie delle foglie (in seguito al processo fisiologico della traspirazione che tramite gli stomi emettono acqua sulla superficie della foglia); questo passaggio di stato richiede energia che viene fornita principalmente dal sole.

I fattori che regolano l'evaporazione principalmente sono:

- la quantità di vapor d'acqua presente nell'atmosfera;
- la temperatura dell'aria che regola la tensione di saturazione del vapore;
- la velocità del vento che favorisce la rimozione delle molecole di vapore;
- la pressione atmosferica;
- la natura della superficie evaporante.

La domanda evaporativa è risultata bassa nei mesi invernali (tab. 5): infatti, a dicembre e gennaio i valori cumulati risultano essere mediamente pari a 43 mm, mentre nella stagione estiva, ed a luglio in particolare, si raggiunge il valore cumulato di 262 mm.

Come conseguenza di questo elevato valore cumulato mensile di evaporato, e quindi di evapotraspirazione di riferimento calcolata, il mese di luglio ha fornito un deficit idrico pari a 183.5 mm (fig. 5).

Umidità dell'aria

L'effettiva concentrazione di vapore acqueo nell'atmosfera, espressa in g m^{-3} , è detta umidità assoluta dell'aria. Questo parametro però è poco utilizzato per la misura del contenuto di umidità perché non rende bene l'idea di quello che è il contenuto di acqua allo stato di vapore rispetto ad una condizione di saturazione, cioè la quantità massima di vapore che un volume di aria può contenere ad una certa temperatura oltre la quale si avrebbe condensazione.

Per questo motivo si preferisce fare riferimento all'umidità relativa dell'aria cioè la quantità di vapor d'acqua contenuta nell'atmosfera rispetto a quella che vi sarebbe contenuta alla stessa temperatura se l'atmosfera fosse satura (espressa in %). L'umidità

relativa varia tra un valore massimo (generalmente non superiore al 95% altrimenti è indice di pioggia), raggiunto normalmente all'alba, e un valore minimo (generalmente non inferiore al 15%), raggiunto quasi sempre nelle prime ore del pomeriggio (quaderno 56 della FAO).

Nell'arco dell'anno l'umidità relativa dell'aria è risultata più bassa nei mesi di giugno, luglio e agosto, con valori medi rispettivamente di 61.1, 56.9 e 59.6 % e più elevata nei mesi di novembre, dicembre e gennaio (76.4, 77.0 e 75.7 %, rispettivamente) (tab. 6).

Vento

La conversione dell'energia termica (dovuta alla differenza di temperatura tra i poli e l'equatore) in energia cinetica produce i movimenti di massa d'aria in senso verticale e in senso orizzontale; sono questi ultimi movimenti che interessano l'agrometeorologia in quanto partecipano attivamente ai fenomeni di evaporazione e traspirazione.

La velocità e la direzione di provenienza sono i requisiti principali per definire il vento.

Gli effetti sull'ambiente e in particolare sulle colture sono diversi a seconda del vento dominante tipico di una zona, cioè della direzione del vento che si verifica con maggiore frequenza.

La velocità media annuale del vento è risultata di 8.2 km h⁻¹ (tab. 7) con una oscillazione compresa tra 7.0 km h⁻¹ del mese di ottobre e 9.3 km h⁻¹ circa dei mesi di febbraio e marzo.

La direzione prevalente del vento a livello annuale è da NW con il 69% (tab. 8) segue quello proveniente da SE con il 14.7 %. Analizzando l'incidenza stagionale della direzione del vento, si evidenzia come la frequenza da NW è ancora più accentuata sia in inverno che in autunno; in primavera, invece, predomina sempre la direzione proveniente dal settore NW ma aumenta notevolmente, rispetto alla media annuale, quella proveniente da SE (26.7 %) (tab. 8).

Analisi statistica

Dopo aver elaborato il periodo di ventisei anni dei dati meteorologici a livello mensile ed annuale, con i dati giornalieri del quadriennio 2003-2006 si è dapprima calcolato il VPD (vapour pressure deficit, cioè il deficit di saturazione dell'aria)* e quindi sono state calcolate le correlazioni semplici tra i principali parametri agrometeorologici.

$$* VPD = \exp \left[54.878919 - \left(\frac{6790.4985}{T_{aria} \text{ } ^\circ K} \right) - 5.02808 \cdot \ln T_{aria} \text{ } ^\circ K \right] \cdot \left(1 - \frac{U.R.}{100} \right)$$

Nella tabella 9 sono riportati i coefficienti di correlazione tra i vari parametri climatici a livello giornaliero (1461 dati) e si evidenzia come l'evaporazione sia correlata, e quindi influenzata, prevalentemente dalla radiazione, dal VPD e dalla temperatura media dell'aria, mentre la correlazione con il vento risulta essere bassa.

Successivamente si sono calcolate le correlazioni esistenti tra le stesse variabili a livello stagionale.

Dalle tabelle 10, 11, 12 e 13 si evince che nell'autunno e nella primavera l'evaporato è altamente correlato con la radiazione, con il VPD e con la temperatura media. In estate, invece, sembrerebbe che i valori evaporimetrici siano più influenzati dal VPD e meno dalla radiazione. La correlazione tra la velocità del vento e l'evaporazione risulta inesistente in inverno e molto bassa in autunno mentre assume una certa rilevanza solamente nella stagione estiva.

Conclusioni

Lo studio agroclimatico condotto nell'azienda agraria "Campo 7" dell'Istituto, ubicata al centro dell'arco jonico metapontino e relativo al periodo 1981-2006, ha messo in evidenza che:

- l'area esaminata è caratterizzata da un lungo periodo caldo-arido (maggio - settembre) (fig. 6) con precipitazioni concentrate solo nei mesi invernali (clima identificato come "Termomediterraneo accentuato" secondo la classificazione FAO-UNESCO);
- l'andamento delle temperature medie annuali mostra un incremento temporale dovuto principalmente ad un innalzamento dei valori massimi; le temperature minime, invece, sono rimaste inalterate rispetto alla media dell'intero periodo (fig. 7) contrariamente a quanto riportato in bibliografia;
- i valori annuali di pioggia cumulata oscillano intorno alla media del periodo considerato, alternandosi cicli annuali molto piovosi ad altri caratterizzati da scarsità di pioggia (fig. 4);
- il flusso evaporativo misurato con la vasca evaporimetrica di classe "A" sembra essere influenzato essenzialmente da due fattori: radiazione e deficit di saturazione dell'aria. In primavera e autunno i due fattori contribuiscono in ugual misura, mentre in estate c'è una prevalenza del VPD rispetto alla radiazione ed in inverno la situazione si inverte. Il vento, invece, è poco influente sull'evaporazione: risulta correlato significativamente ($P < 0.0001$) in estate e non significativamente sia in inverno che in

autunno. La velocità del vento sembrerebbe, quindi, avere una certa influenza sulla domanda evapotraspirativa dell'ambiente solo nei periodi dell'anno più siccitosi come confermato da Tarantino e Onofrii (1988).

Bibliografia

- Crisci A., Gozzini B., Meneguzzo F., Pagliara S., Maracchi G., 2002. Extreme rainfall in a changing climate: regional analysis and hydrological implications in Tuscany. *Hydrological Processes*, 16:1261-1274.
- Doorenbos J., 1976. Agro-meteorological field station. Paper n. 27 FAO, Roma.
- Hargreaves, G.H., and Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engrg. In Agric.*, 1(2): 113-124.
- Houghton J.T., Jenkins G.J., Ephraums J.J., 1990. *The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University, UK, 365 pp.
- Moonen A.C., Ercoli L., Mariotti M., Masoni A., 2002. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111:13-27.
- Rubino P., Stelluti M., Stellacci A.M., Steduto P., Caliandro A., 2003. Confronto tra tecniche di interpolazione spaziale per la zonizzazione climatica della Puglia. *Riv. di Ing. Agr.*, 2:19-30.
- SAS Institute, 1987. *SAS/STAT Guide for Personal Computer, Version 6*. SAS Institute, Cary, NC, USA. Edition.
- Smit B., Ludlow L., Brklacich M., 1988. Implications of a global climatic warming for agriculture: a review and appraisal. *Journal of Environmental Quality*, 17:519-527.
- Tarantino E., Onofrii M., 1988. Determinazione dei coefficienti culturali mediante lisimetri. *Atti del Convegno Irrigazione e Ricerca*, Bologna 1988, pp. 119-136.

TABELLE

Tabella 1. Eliofania assoluta mensile: valori medi e relative deviazioni standard (DS) e coefficienti di variabilità (CV)

Mesi	Ore di sole d ⁻¹ (n)	DS	CV
Gennaio	4.30	0.74	0.17
Febbraio	5.03	1.38	0.27
Marzo	5.87	1.39	0.24
Aprile	6.57	1.14	0.17
Maggio	8.06	1.14	0.14
Giugno	9.53	1.03	0.11
Luglio	10.07	0.96	0.09
Agosto	9.14	1.07	0.12
Settembre	7.56	0.93	0.12
Ottobre	6.12	1.00	0.16
Novembre	4.40	0.92	0.21
Dicembre	3.78	0.86	0.23
Media	6.70		

Tabella 2. Radiazione netta (Rn) mensile: valori medi e relative deviazioni standard (DS), coefficienti di variabilità (CV) e valori estremi minimi e massimi

Mesi	Rn (MJ m ⁻² d ⁻¹)	DS	CV	Estremi (MJ m ⁻² d ⁻¹)	
				min	max
Gennaio	3.72	0.47	0.13	3.03	4.76
Febbraio	5.40	0.82	0.15	3.58	7.28
Marzo	7.70	1.03	0.13	5.50	10.35
Aprile	10.13	0.98	0.10	8.29	12.33
Maggio	12.82	1.42	0.11	10.29	15.41
Giugno	14.73	1.45	0.10	12.14	17.40
Luglio	15.17	1.11	0.07	12.88	16.87
Agosto	13.33	1.13	0.09	10.88	15.08
Settembre	9.98	0.96	0.10	6.86	11.87
Ottobre	6.82	0.83	0.12	4.66	8.22
Novembre	4.10	0.46	0.11	3.34	4.97
Dicembre	3.18	0.51	0.16	2.48	4.41
Media	8.92				

Tabella 3. Temperature mensili dell'aria: valori medi e relative deviazioni standard (DS), coefficienti di variabilità (CV), valori estremi minimi e massimi, escursione termica e cumulo delle ore di freddo

Mesi	Temperatura minima (°C)					Temperatura massima (°C)					Temp. media (°C)	Escurs. termica (°C)	Ore di freddo (n.)
	media	DS	CV	Estremi		media	DS	CV	Estremi				
				min	max				min	max			
Gennaio	3.22	1.44	0.45	0.64	5.90	12.83	1.14	0.09	10.03	15.30	7.84	9.64	302.15
Febbraio	3.08	1.50	0.49	0.04	5.93	13.38	1.90	0.14	10.51	17.10	8.11	10.30	288.51
Marzo	5.00	1.71	0.34	2.09	8.32	15.70	2.18	0.14	10.17	20.30	10.33	10.71	177.28
Aprile	7.35	1.58	0.21	3.00	10.02	18.55	1.22	0.07	15.63	20.80	13.14	11.18	59.88
Maggio	11.79	1.38	0.12	8.94	14.00	23.64	1.76	0.07	20.32	27.10	17.88	11.78	2.58
Giugno	15.64	1.27	0.08	13.02	18.80	28.55	1.76	0.06	25.77	32.70	22.31	12.82	0.12
Luglio	18.29	1.36	0.07	15.48	21.39	31.55	1.64	0.05	29.45	35.35	25.06	13.25	0.00
Agosto	18.63	1.18	0.06	15.71	20.87	31.50	1.89	0.06	26.97	34.70	25.09	12.84	0.00
Settembre	15.62	1.29	0.08	13.14	17.83	27.32	1.69	0.06	23.92	31.73	21.46	11.66	0.01
Ottobre	12.20	1.40	0.11	9.44	14.45	22.93	1.55	0.07	19.64	26.60	17.49	10.74	4.44
Novembre	7.54	1.47	0.19	4.60	10.28	17.23	1.67	0.10	13.33	20.50	12.34	9.52	84.72
Dicembre	4.67	1.77	0.38	1.52	8.02	13.79	1.68	0.12	8.98	17.30	9.09	9.07	236.11
Media	10.25					21.41					15.85	11.13	1155.79

Tabella 4. Precipitazioni mensili (valori medi mensili e relative deviazioni standard, DS, coefficienti di variabilità, CV, valori estremi minimi e massimi e incidenza sul valore annuale), giorni piovosi e intensità di pioggia

Mesi	Pioggia (mm)	DS	CV	Incidenza %	Estremi (mm)		Giorni piovosi (n)	pioggia (mm d ⁻¹)
					min	max		
Gennaio	46.92	42.29	0.90	9.52	1.20	167.70	9.1	4.74
Febbraio	45.40	39.57	0.87	9.21	1.80	140.00	8.6	4.73
Marzo	44.47	31.76	0.71	9.02	0.30	116.50	8.8	4.72
Aprile	32.75	21.36	0.65	6.64	5.90	83.60	8.1	4.57
Maggio	30.05	21.75	0.72	6.09	0.00	79.80	7.5	3.82
Giugno	12.70	12.68	1.00	2.57	0.00	35.30	4.5	2.27
Luglio	26.19	28.67	1.09	5.31	0.00	94.80	3.6	4.98
Agosto	17.79	20.93	1.18	3.61	0.00	94.70	4.2	3.41
Settembre	40.25	31.66	0.79	8.16	0.00	136.60	6.9	6.23
Ottobre	50.33	41.90	0.83	10.21	0.00	164.60	7.1	7.22
Novembre	72.07	69.01	0.96	14.62	5.30	256.16	9.6	7.08
Dicembre	74.12	62.03	0.84	15.03	3.80	259.40	11.1	6.25
Totale	493.04						89.1	

Tabella 5. Evaporato da vasca di classe “A”. Valori cumulati mensili e relative deviazioni standard (DS), coefficienti di variabilità (CV), valori estremi minimi e massimi

Mesi	Evaporato (mm)	DS	CV	Estremi (mm)	
				min	max
Gennaio	43.6	7.6	0.2	30.1	60.0
Febbraio	56.3	7.5	0.1	41.6	70.0
Marzo	91.0	14.3	0.2	60.9	119.5
Aprile	116.1	17.2	0.1	76.1	147.3
Maggio	169.4	23.0	0.1	131.0	217.6
Giugno	222.3	22.6	0.1	174.2	264.4
Luglio	262.2	39.0	0.1	133.3	336.6
Agosto	229.6	26.3	0.1	172.5	289.0
Settembre	160.2	21.1	0.1	113.9	211.5
Ottobre	99.3	16.4	0.2	64.2	128.2
Novembre	56.4	10.0	0.2	34.4	78.0
Dicembre	42.3	9.1	0.2	28.3	64.6
Totale annuo	1548.70				

Tabella 6. Umidità relativa dell’aria: valori minimi e massimi mensili e relative deviazioni standard (DS), coefficienti di variabilità (CV) e valori medi mensili

Mesi	Umidità relativa (%)		DS		CV		Umidità relativa media (%)
	min	max	min	max	min	max	
Gennaio	54.83	91.55	9.29	3.69	0.17	0.04	75.70
Febbraio	49.36	90.40	7.32	3.62	0.15	0.04	72.18
Marzo	48.13	90.71	7.31	3.61	0.15	0.04	71.72
Aprile	46.64	91.75	6.79	3.55	0.15	0.04	71.32
Maggio	42.13	90.13	6.35	3.26	0.15	0.04	67.94
Giugno	34.36	86.21	5.78	4.01	0.17	0.05	61.10
Luglio	30.83	82.57	5.98	4.35	0.19	0.05	56.95
Agosto	32.76	83.86	7.16	5.37	0.22	0.06	59.64
Settembre	38.60	88.75	12.17	5.08	0.32	0.06	66.98
Ottobre	46.60	91.39	11.02	4.22	0.24	0.05	73.03
Novembre	53.30	92.40	11.19	3.57	0.21	0.04	76.44
Dicembre	57.84	91.95	11.87	4.49	0.21	0.05	77.02
Media	44.62	89.31					69.17

Tabella 7. Velocità del vento: valori medi mensili e relative deviazioni standard (DS), coefficienti di variabilità (CV), valori estremi minimi e massimi

Mesi	Valori medi (km h ⁻¹)	DS	CV	Estremi	
				min	max
Gennaio	8.69	2.53	0.29	3.40	16.70
Febbraio	9.35	1.83	0.20	4.40	12.30
Marzo	9.31	2.05	0.22	5.60	12.80
Aprile	8.35	2.21	0.26	2.50	14.20
Maggio	7.73	1.32	0.17	4.70	11.00
Giugno	7.88	1.88	0.24	1.80	11.20
Luglio	8.16	1.51	0.19	1.90	10.60
Agosto	7.77	0.72	0.09	6.40	9.00
Settembre	7.57	1.14	0.15	6.00	11.10
Ottobre	7.01	1.00	0.14	5.35	9.10
Novembre	7.80	1.42	0.18	4.40	10.60
Dicembre	8.32	1.86	0.22	5.20	11.70
Media	8.16				

Tabella 8. Frequenza annuale e incidenza stagionale della direzione del vento

Direzione vento	Frequenza (%)	Incidenza stagionale (%)			
		Inverno	Primavera	Estate	Autunno
N	3.3	6.7	0	4	2.7
NE	2.3	4	0	0	0
E	0.3	1.3	0	0	0
SE	14.7	2.7	26.7	17.6	16
S	4.7	1.3	8	6.8	2.7
SW	2	0	5.3	2.7	1.3
W	3.7	4	1.3	4	6.7
NW	69	80	58.7	64.9	70.6

Tabella 9. Coefficienti di correlazione (R²) tra i principali parametri meteorologici e probabilità con cui si verifica l'ipotesi nulla (quadriennio 2003-2006)

	Evaporazione	Velocità vento	Temperatura media	VPD
Velocità vento	0.067 ns 0.0273			
Temperatura media	0.817 *** 0.0001	-0.152 *** 0.0001		
VPD	0.88 *** 0.0001	0.084 ** 0.0054	0.785 *** 0.0001	
Rn	0.876 *** 0.0001	-0.061 ns 0.0444	0.744 *** 0.0001	0.743 *** 0.0001

n.s. = non significativo, ** = significativo per P ≤ 0.01, *** = significativo per P ≤ 0.001

Tabella 10. Coefficienti di correlazione (R^2) tra i principali parametri meteorologici e probabilità con cui si verifica l'ipotesi nulla durante il periodo 2003-2006 (stagione invernale)

	Evaporazione	Velocità vento	Temperatura media	VPD
Velocità vento	-0.007 ns 0.9071			
Temperatura media	0.314 *** 0.0001	-0.139 ns 0.0213		
VPD	0.432 *** 0.0001	0.279 *** 0.0001	0.368 *** 0.0001	
Rn	0.680 *** 0.0001	-0.116 ns 0.056	0.160 ** 0.0082	0.393 *** 0.0001

n.s. = non significativo; ** = significativo per $P \leq 0.01$; *** = significativo per $P \leq 0.001$

Tabella 11. Coefficienti di correlazione (R^2) tra i principali parametri meteorologici e probabilità con cui si verifica l'ipotesi nulla durante il periodo 2003-2006 (stagione primaverile)

	Evaporazione	Velocità vento	Temperatura media	VPD
Velocità vento	0.187 ** 0.0018			
Temperatura media	0.680 *** 0.0001	-0.084 ns 0.1639		
VPD	0.781 *** 0.0001	0.175 ** 0.0035	0.769 *** 0.0001	
Rn	0.755 *** 0.0001	-0.006 ns 0.9165	0.547 *** 0.0001	0.609 *** 0.0001

n.s. = non significativo; ** = significativo per $P \leq 0.01$; *** = significativo per $P \leq 0.001$

Tabella 12. Coefficienti di correlazione (R^2) tra i principali parametri meteorologici e probabilità con cui si verifica l'ipotesi nulla durante il periodo 2003-2006 (stagione estiva)

	Evaporazione	Velocità vento	Temperatura media	VPD
Velocità vento	0.467 *** 0.0001			
Temperatura media	0.622 *** 0.0001	-0.030 ns 0.6178		
VPD	0.791 *** 0.0001	0.246 *** 0.0001	0.763 *** 0.0001	
Rn	0.695 *** 0.0001	-0.052 ns 0.3879	0.582 *** 0.0001	0.577 *** 0.0001

n.s. = non significativo; ** = significativo per $P \leq 0.01$; *** = significativo per $P \leq 0.001$

Tabella 13. Coefficienti di correlazione (R^2) tra i principali parametri meteorologici e probabilità con cui si verifica l'ipotesi nulla durante il periodo 2003-2006 (stagione autunnale)

	Evaporazione	Velocità vento	Temperatur a media	VPD
Velocità vento	0.086 ns 0.1546			
Temperatura media	0.635 *** 0.0001	-0.065 ns 0.2822		
VPD	0.756 *** 0.0001	0.250 *** 0.0001	0.500 *** 0.0001	
Rn	0.809 *** 0.0001	-0.150 ns 0.0131	0.590 *** 0.0001	0.635 *** 0.0001

n.s. = non significativo; ** = significativo per $P \leq 0.01$; *** = significativo per $P \leq 0.001$

FIGURE

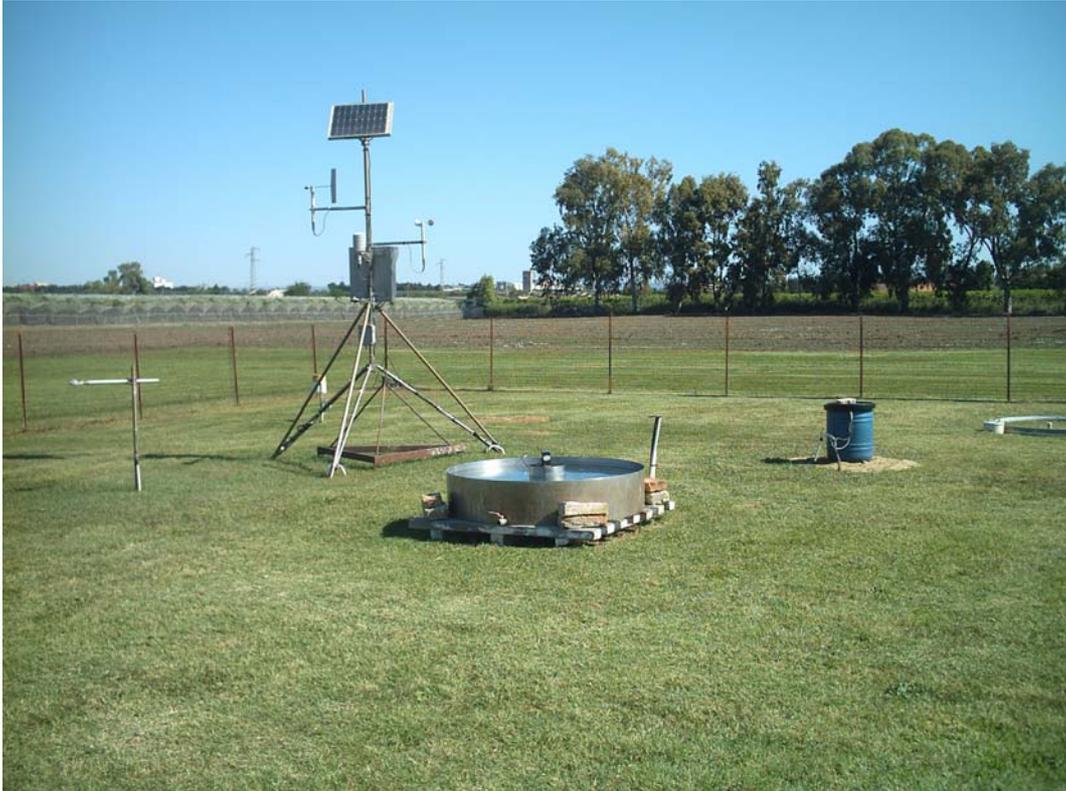


Figura 1. Stazione agrometeorologica.



Figura 2. Vasca evaporimetrica di classe "A".



Figura 3. Net-radiometro

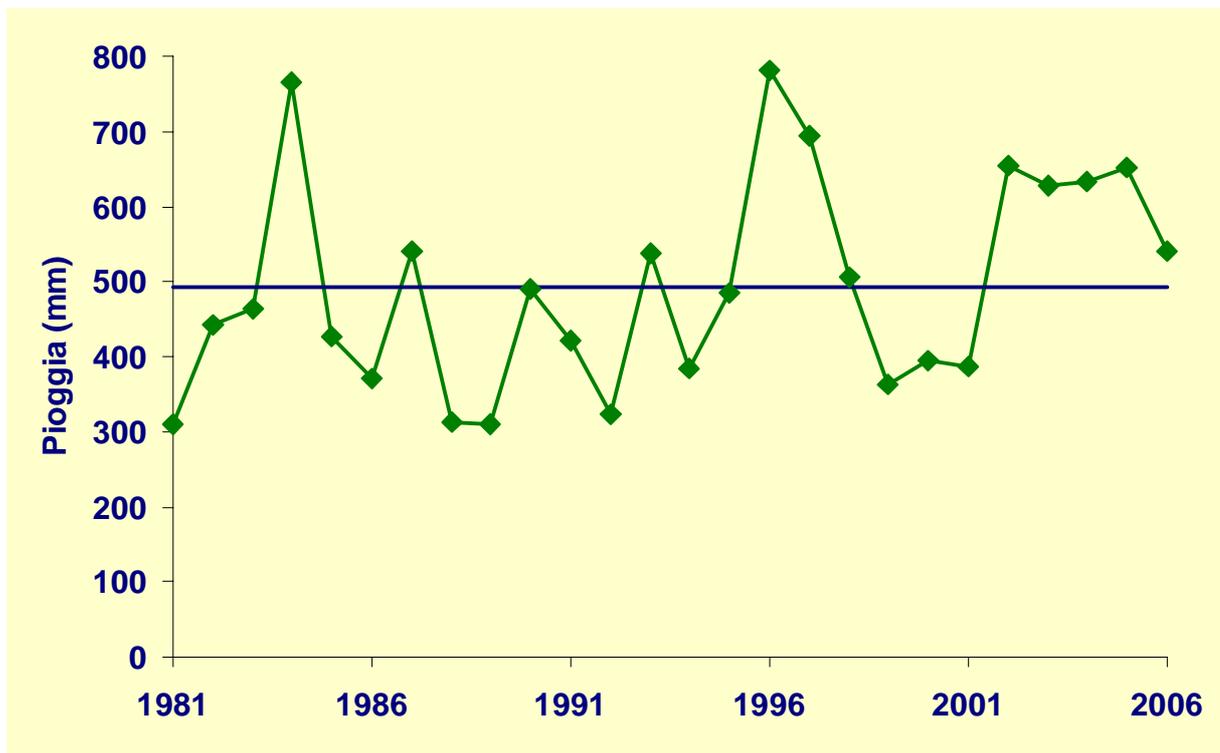


Figura 4. Andamento delle piogge annuali rispetto al valore medio del periodo.

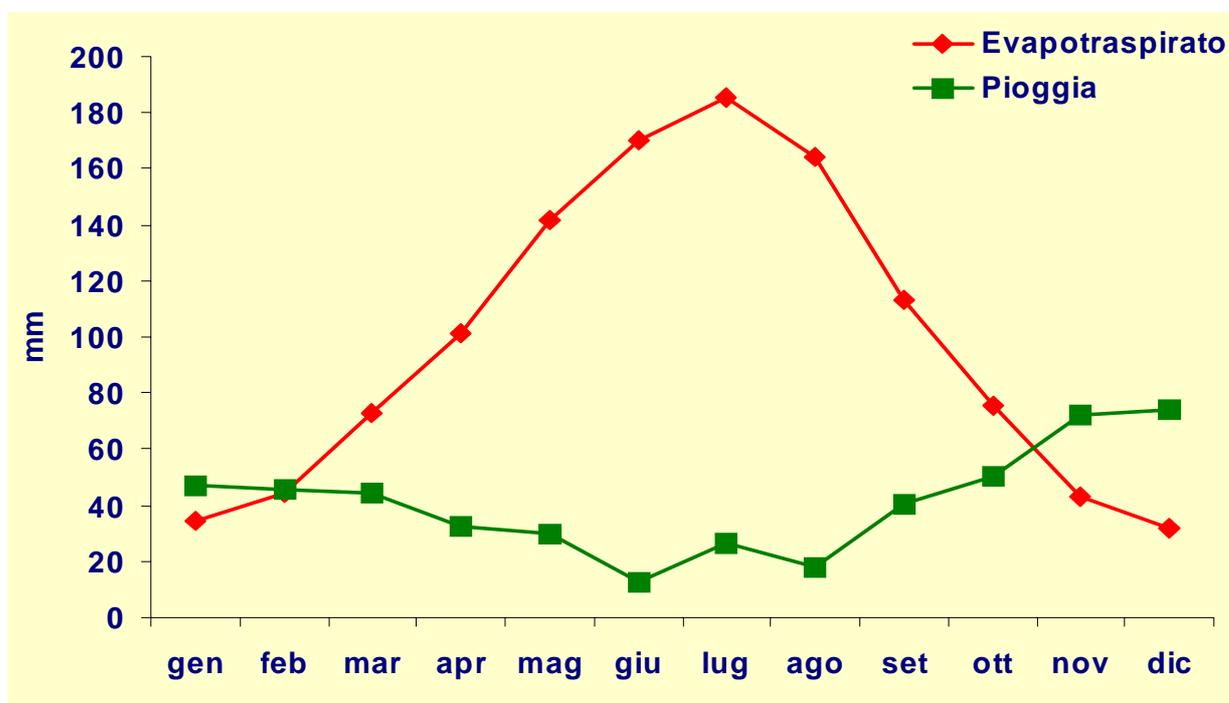


Figura 5. Valori medi mensili della pioggia e dell'evapotraspirazione potenziale calcolata con la formula di Hargreaves.

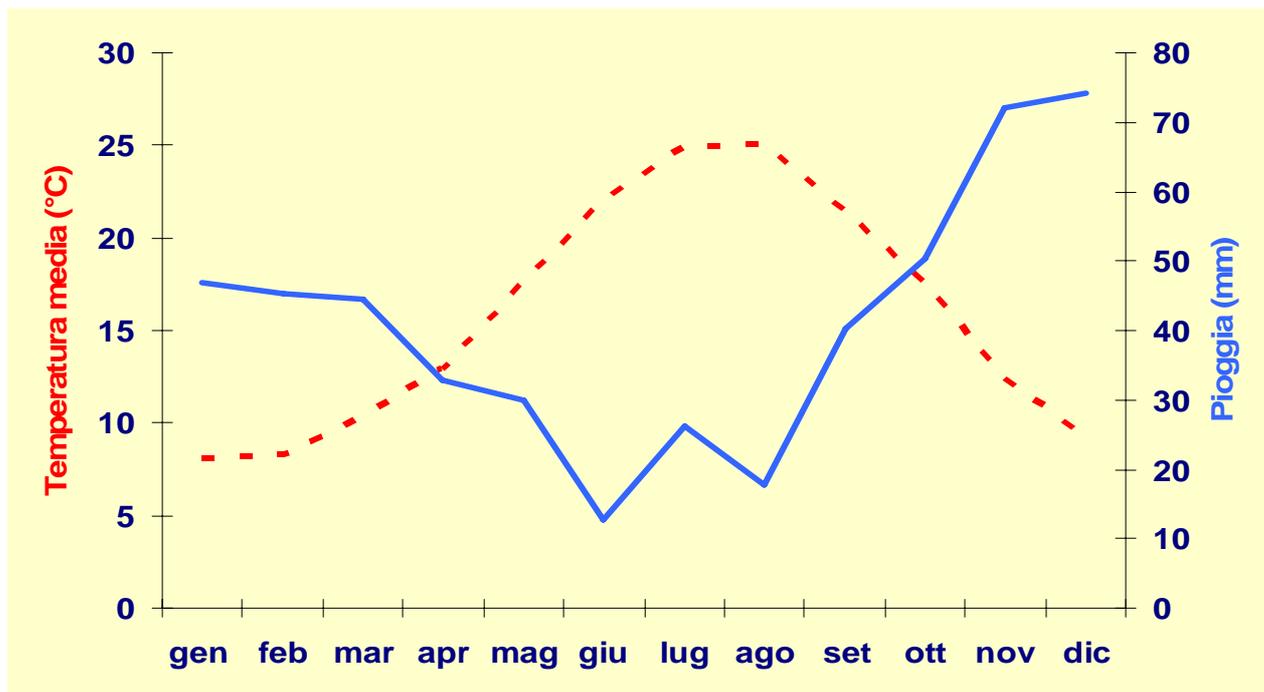


Figura 6. Climatogramma di Metaponto (1981-2006); piovosità (—) e temperatura media (-----).

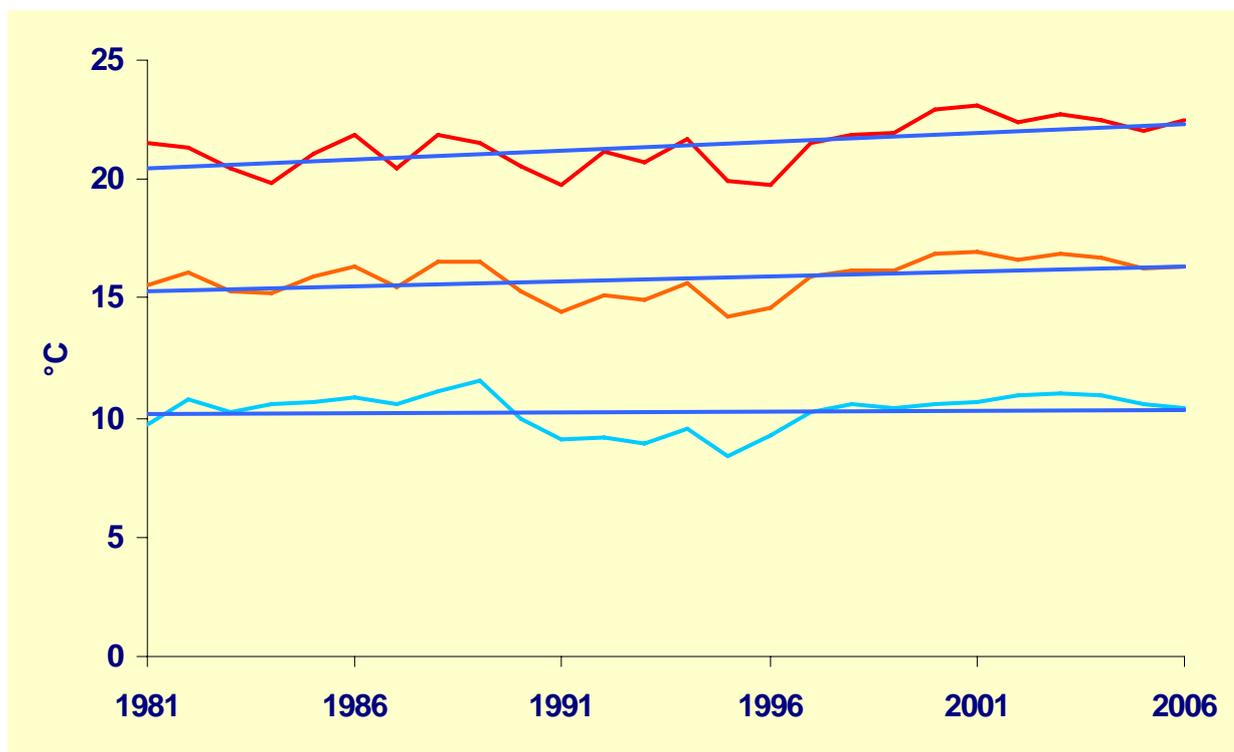


Figura 7. Andamento annuale delle temperature massime, medie e minime e rispettive linee di tendenza