

CONSIDERAZIONI SU VARIAZIONI CLIMATICHE E DISPONIBILITA' IDRICHE IN ALCUNE LOCALITA' DELL' ITALIA CENTRALE (*)

A.M. De Felice - W. Dragoni

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia e C.I.P.L.A., Università di Perugia, LUISS

RIASSUNTO - *Considerazioni su variazioni climatiche e disponibilità idriche in alcune località dell'Italia centrale* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 357-364 - I dati misurati di pioggia e temperatura disponibili per questo secolo a Cortona, Terni e Perugia indicano una tendenza regionale ad un aumento della temperatura e ad una diminuzione delle precipitazioni. L'estrapolazione degli attuali trend pluviometrici e termometrici ha permesso di eseguire, per queste località, una prima stima delle eccedenze idriche medie mensili nei periodi 2020-2030 e 2040-2050. Per gli stessi periodi, inoltre, è stata eseguita, tramite modello, una stima delle portate medie mensili di un bacino campione (Rio Acquina, ubicato nei pressi di Perugia). Gli incrementi di evaporazione prevedibili dalle superfici libere sono piuttosto contenuti, con valori di qualche unità percentuale. Nonostante ciò, trascurando i risultati più pessimistici, il lavoro svolto indica che nei prossimi decenni ci si deve aspettare, rispetto alle attuali disponibilità, una diminuzione delle risorse idriche valutabile in prima approssimazione attorno al 30%. Tale previsione si basa sull'ipotesi di permanenza dell'attuale tendenza all' inaridimento del clima tra Cortona e Terni, e ne riflette tutte le incertezze: è opportuno sottolineare che gran parte dei Modelli Climatici Globali concordano, almeno in via qualitativa, con il trend rilevato ed estrapolato. Data l'importanza dell'argomento è auspicabile che vengano portate avanti ulteriori ricerche.

ABSTRACT - *On climatic changes and water availability in some sites of central Italy* - Il Quaternario, 7(1b), 1994, 357-364 - Twentieth century rainfall and temperature data from Cortona, Terni and Perugia (central Italy) indicate a regional tendency to an increase in temperature and a decrease of rainfall. By extrapolating present pluviometric and thermic trends the mean monthly water excess in these sites for the years 2020+2030 and 2040+2050 has been estimated. The mean monthly flow of the Acquina river (near Perugia), taken as a sample basin, is estimated by means of a model. Increase in evaporation from free surfaces is modest, reaching values of a few percent. Despite this result, the study forecasts a 30% decrease in water availability for the next decades. This result is based on the hypothesis that current dry climatic condition in the area between Cortona and Terni continues. Although this conclusion is uncertain, it is worth mentioning that most Global Climatic Models are in agreement — qualitatively, at least — with the above result. Further studies on the subject are needed to obtain improved forecasts.

Parole chiave: Clima, idrologia, Italia centrale

Key words: Climate, hydrology, central Italy

1. INTRODUZIONE

Vari autori si sono occupati del problema delle variazioni climatiche nell'area italiana, riconoscendo in genere, per le regioni centro-meridionali, una tendenza ad un incremento delle temperature e ad una diminuzione della piovosità: a titolo di esempio, e facendo riferimento ai lavori di sintesi più recenti, basterà citare Giuffrida & Conte (1991), Pinna (1991). Per il bacino del Tevere in particolare,

Tabella 1 - Gradienti medi mensili ed annui di temperatura (T) e pioggia (P) a Perugia (1900-92).
Mean monthly and annual temperature (T) and rainfall (P) gradients in Perugia (1900-92).

Mese	T °C / anno	P mm / anno	Mese	T °C / anno	P mm / anno
gen	0.015	-0.058	lug	0.008	-0.11
feb	0.017	-0.104	ago	0.005	0.226
mar	0.012	-0.282	set	0.013	-0.119
apr	0.007	-0.242	ott	0.013	-0.306
mag	0.001	-0.140	nov	0.011	-0.226
giu	-0.002	-0.215	dic	0.005	-0.152
Medio annuo	+0.01	-2			

Melicchia (1942) è stato uno dei primi autori a segnalare una diminuzione di pioggia annua ed un aumento delle temperature medie annue. Per la pioggia lo stesso andamento è riportato per la Toscana da Rapetti & Vittorini (1991). Vale la pena di rimarcare che l'incremento complessivo delle temperature in Italia, pur con alcune località con andamento opposto (Rapetti & Vittorini, 1988; Giuffrida & Conte, 1991; Gandolfo & Sulli, 1991), è coerente con l'innalzamento della temperatura media dell'atmosfera nell'emisfero Nord stimato da vari autori per l'ultimo secolo (cfr. per esempio Budyko, 1982; Jones & Bradley, 1992). Va sottolineato che un riscaldamento generalizzato dell'atmosfera del pianeta (come previsto dall'effetto serra) implica una maggiore evaporazione e quindi un incremento complessivo della piovosità: localmente però sono previste sensibili diminuzioni delle precipitazioni (Pinna, 1991).

In questa nota, che di proposito non prende in considerazione le cause delle variazioni climatiche, sono stati analizzati i dati termici e pluviometrici di alcune stazioni (Perugia, Terni e Cortona, Fig. 1) per cui si disponeva di serie continue di dati di almeno 40 anni.

(*) Lavoro eseguito con contributo CNR n° 91.00071.13/115.23232 e con il supporto del C.I.P.L.A..

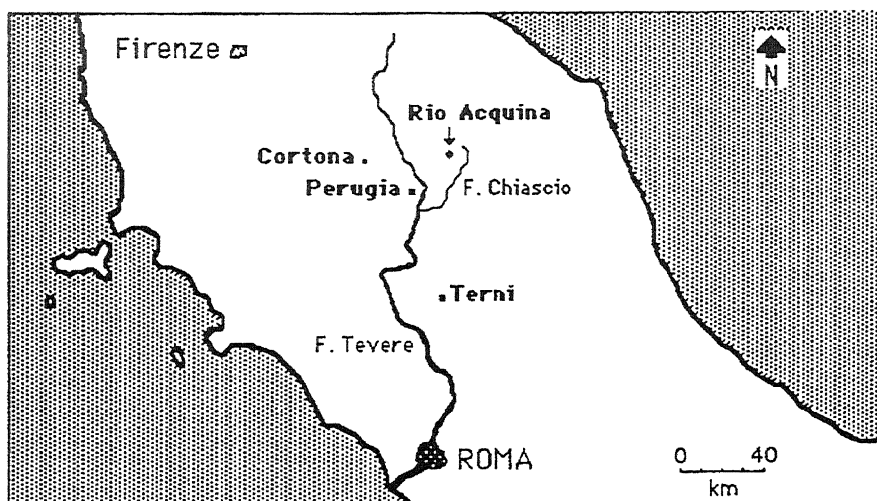


Fig. 1 - Inquadramento geografico della zona presa in esame.
Geographical location of the studied area.

Non risulta che i dati di Cortona e Terni siano stati considerati da altri autori per studi di questo tipo. Le Figure. 2 e 3 riportano l'andamento della temperatura e della piovosità annuali per le stazioni considerate. I dati confermano che nella zona considerata vi è una tendenza a un progressivo aumento della temperatura media e ad una diminuzione delle precipitazioni annue.

A titolo di esempio la Tabella 1 riporta i gradienti medi mensili ed annui di temperatura e pioggia per la stazione di Perugia. I dati mostrano la tendenza ad un minore contrasto termico tra l'inverno e l'estate e ad una attenuazione dei massimi pluviometrici primaverili ed autunnali. Vale la pena di sottolineare che i gradienti medi della pioggia annua sono molto simili a quelli riportati recentemente da Rapetti & Vittorini (1991) per un insieme di stazioni toscane.

La Tabella 2 riporta le temperature e le piogge medie annue delle stazioni considerate per i periodi 1980-1990, 2020-2030 e 2040-2050. Tutti i dati sono stati ottenuti dalle rette di regressione, assumendo che i gradienti attuali non varino nei prossimi 50 anni.

Tabella 2 - Temperature e piogge medie annue a Perugia, Cortona e Terni per i periodi 1980-1990, 2020-2030 e 2040-2050, ottenute dalle rette di regressione.
Mean annual temperature (T) and rainfall (P) in Perugia, Cortona and Terni in the periods 1980-1990, 2020-2030 and 2040-2050 from regression lines.

	1980-90		2020-30			2040-50		
	T	P	T	P	%	T	P	%
Perugia	13.5	810	13.8	740	-9	14.0	706	-13
Cortona	15.0	722	15.9	577	-20	15.4	505	-30
Terni	15.7	868	16.3	646	-26	16.7	535	-38

T = temperature medie annue (°C); P = precipitazioni medie annue (mm)
% = variazione percentuale di P rispetto al periodo 1980-90

Dalla Tabella 2 si rileva che le variazioni maggiori si hanno per Cortona e per Terni, di cui si dispone di serie temporali piuttosto brevi. Probabilmente ciò è dovuto al fatto che i gradienti medi di temperatura e piovosità sono pesantemente influenzati dai dati degli ultimi anni (periodo 1985-1990), eccezionalmente caldi ed aridi. Per questo motivo, se da un lato le stazioni di Terni e Cortona confermano l'esistenza di un *trend*, dall'altro i dati di Perugia (relativi al periodo 1900-1992) devono ritenersi più significativi. Si può rilevare che per ciò che riguarda gli effetti dell'urbanizzazione sui dati di Perugia, essi dovrebbero essere trascurabili: la città è relativamente piccola e la stazione meteorologica è situata in periferia, in località poco urbanizzata e sopraelevata.

A dispetto della loro semplicità, e delle riserve espresse, nel loro insieme le estrapolazioni eseguite

sono congruenti con le proiezioni fornite dai più recenti Modelli Climatici Globali. Secondo tali proiezioni nel periodo 1990-2030 ci si deve aspettare, per l'area mediterranea, un incremento della temperatura di 0.5-1.4°C; per la pioggia, a seconda delle zone e del modello l'incertezza è molto più grande: per il 2050 sono previste variazioni del $\pm 30\%$ (cfr. per esempio Wigley, 1992). Le previsioni della Tabella 2 per Perugia (Lat. 43°N) sono peraltro coerenti, anche se meno accentuate, con le previsioni sulla diminuzione della piovosità fornite dal modello climatico del *British Meteorological Office* (Conte, 1991).

A prescindere da eventuali fenomeni di cui per il momento non sembra vi siano tracce evidenti (per esempio un aumento o una diminuzione sensibile della nuvolosità media) il quadro complessivo della situazione ora delineata suggerisce che nell'Italia Centrale è in atto una tendenza ad un aumento dell'evaporazione e dell'evapotraspirazione. Ciò, accoppiato alla diminuzione delle precipitazioni, implica inevitabilmente una riduzione delle risorse idriche. Scopo di questo lavoro è tentare di fornire una prima indicazione sulla possibile entità di tale diminuzione, nel caso che il *trend* pluviometrico e termometrico riscontrato persista.

2. VARIAZIONI DELL'ECCEDEZZA IDRICA E DELL'EVAPORAZIONE

Sulla base dell'andamento tendenziale delineato precedentemente è stata calcolata per i decenni 2020-2030 e 2040-2050 l'eccezzenza idrica alla stazione di Perugia. Sono state privilegiate le serie di Perugia, rispetto a quelle di Cortona e Terni, perché sono più lunghe, i trend rilevati hanno un grado di significatività superiore e la stazione è geograficamente all'incirca intermedia fra le altre

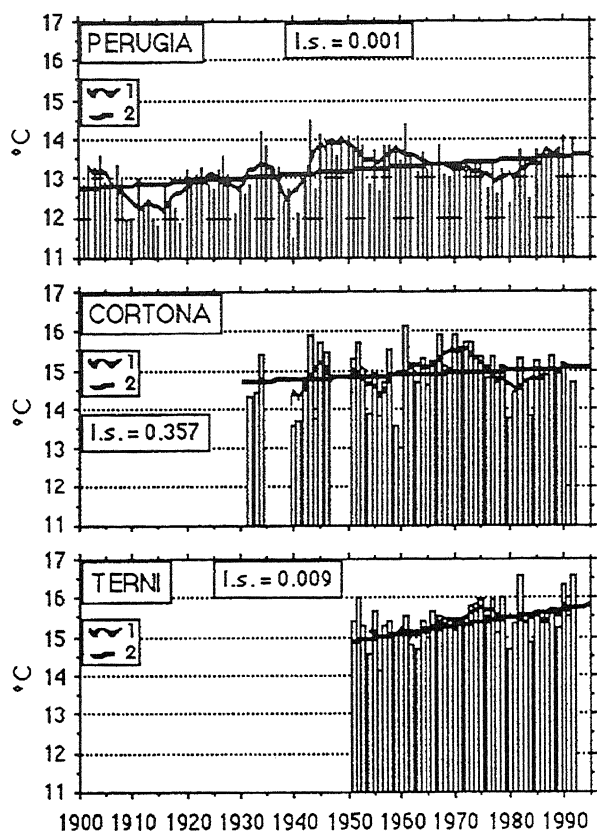


Fig. 2 - Temperatura media annua. 1 = Media mobile di ordine 7; 2 = retta di regressione temperatura/tempo; I.s. = significatività secondo l'*F*-test.

Mean annual temperature. 1 = 7-order mobile mean; 2 = temperature/time regression line; I.s. = significance of the *F*-test.

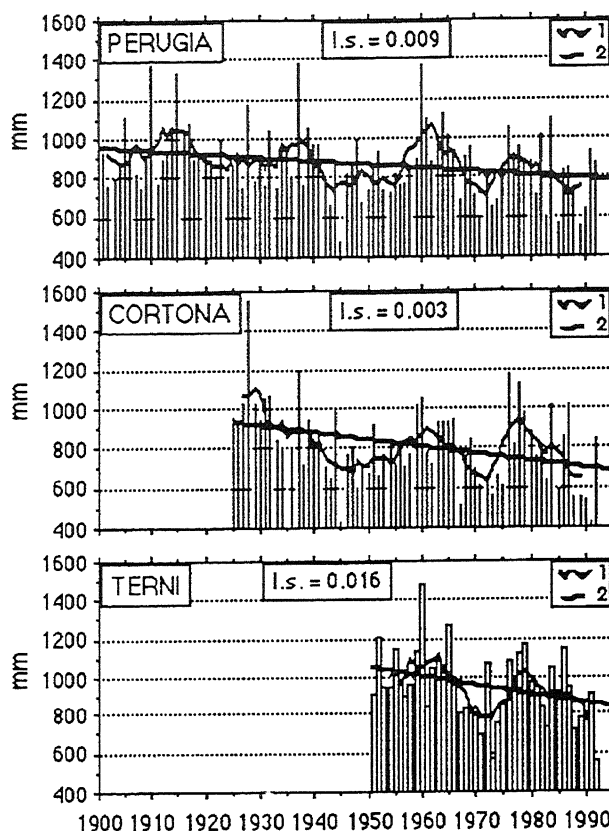


Fig. 3 - Pioggia media annua. 1 = Media mobile di ordine 7; 2 = re-gressione temperatura/tempo; I.s. = significatività secondo l'*F*-test.

Mean annual rainfall. 1 = 7-order mobile mean; 2 = temperature/time regression line; I.s. = significance of the *F*-test.

due. Il calcolo è stato fatto su base mensile secondo il metodo di Thornthwaite-Mather (1957), assumendo una capacità di immagazzinamento del suolo convenzionale di 100 mm, e su base annua con la formula di Turc, quale differenza fra pioggia ed evapotraspirazione reale. I risultati sono riportati in Tabella 3 ed in Figura 4: indipendentemente dal metodo usato, le cifre indicano decrementi non trascurabili dell'eccedenza e quindi delle risorse idriche globali.

Tabella 3 - Eccedenza idrica media annua a Perugia, calcolata nel periodo 1980-1990 ed estrapolata nei periodi 2020-2030 e 2040-2050.
Mean annual water excess in Perugia, calculated for the periods 1980-1990 and extrapolated to the periods 2020-2030 and 2040-2050.

	1980-90		2020-30				2040-50			
	ECTh	ECT	ECTh	%	ECT	%	ECTh	%	ECT	%
Perugia	215	242	153	-29	190	-21	122	-43	165	-32

ECTh = Eccedenza idrica media annua con il metodo di Thornthwaite-Mather (mm)
ECT = Eccedenza idrica media annua con la formula di Turc (mm)
% = variazione percentuale di ECTh ed ECT rispetto al periodo 1980-90

I dati termometrici misurati e stimati della stazione di Perugia sono stati usati anche per avere indicazioni sull'evaporazione dalle superfici liquide. A tale scopo sono state usate la classica formula di Visentini ed una formula proposta recentemente da Dragoni e Valigi (1992), ricavata dalla elaborazione di dati misurati in 3 stazioni evaporimetriche dell'Italia Centrale. Entrambe le formule descrivono l'evaporazione in funzione della temperatura media dell'aria. La Tabella 4 riporta i risultati: da questi appare che con entrambe le formule l'incremento prevedibile dell'evaporazione dalle superfici liquide è piuttosto modesto.

3. VARIAZIONI DELLE PORTATE

3.1. Introduzione

Si è tentato di avere delle indicazioni riguardo le variazioni prevedibili delle portate medie mensili dei corsi d'acqua della zona, almeno nel caso idrologicamente più semplice, *i.e.* nel caso di piccoli bacini impostati su tipi litologici a bassa permeabilità.

La stima è stata eseguita utilizzando un modello concettuale per la simulazione dei deflussi mensili di un bacino idrografico a partire dai dati di pioggia e temperatura.

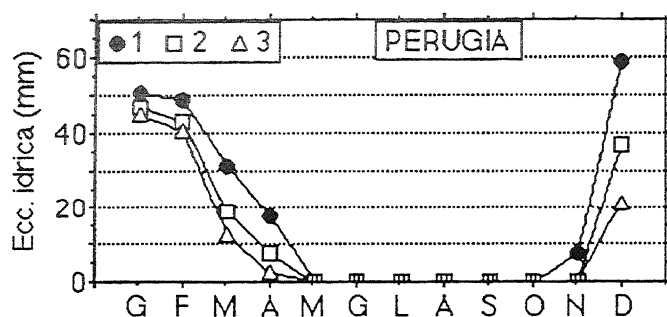


Fig. 4 - Eccedenza idrica media mensile attuale ed estrapolata a Perugia. 1 = 1980-1990; 2 = 2020-2030; 3 = 2040-2050.
Present and extrapolated mean monthly water excess in Perugia. 1 = 1980-1990; 2 = 2020-2030; 3 = 2040-2050.

voli riserve sotterranee potrebbe, almeno in parte, mascherare anche per lunghi periodi l'effetto del progressivo inaridirsi del clima.

3.2. Descrizione del modello

Il modello usato per la stima delle portate (De Felice *et al.*, 1992) è una variazione del ben noto metodo di Thornthwaite-Mather per il bilancio idrologico. Il modello, in pratica, assimila il bacino a due serbatoi in serie. Il primo serbatoio, che rappresenta il suolo e la vegetazione, governa la relazione tra precipitazione ed evapotraspirazione ed è completamente descritto da due parametri SM e Mex. SM è la capacità di immagazzinamento del suolo come definita da Thornthwaite. Mex è una variabile che definisce la funzione che controlla l'essiccamento del suolo in funzione della richiesta piante-atmosfera e dell'acqua immagazzinata nel suolo stesso. Nel metodo originario di Thornthwaite-Mather viene imposto Mex = 1, mentre nel modello Mex può assumere un qualsiasi valore maggiore di 0.01.

Il secondo serbatoio, alimentato dal primo, rappresenta sinteticamente l'insieme delle "caratteristiche invarianti" del bacino (in pratica caratteristiche geologiche e morfologiche) e controlla il rilascio in alveo. Il secondo serbatoio del modello è caratterizzato dal coefficiente adimensionale β . Si ha:

$$Q_{(i)} = \beta (W_{(i-1)} + C \times S_{(i)}) \quad (1)$$

$$W_{(i)} = (1 - \beta) (W_{(i-1)} + C \times S_{(i)}) \quad (2)$$

dove: $Q_{(i)}$ = deflusso calcolato nel mese (i) (mm/mese);
 $W_{(i)}, W_{(i-1)}$ = riserve disponibili nel secondo serbatoio nel mese (i) e (i-1) (mm/mese); il modello impone $W_{(0)} = W_{(12)}$;
 $S_{(i)}$ = eccedenza idrica nel mese (i) (mm/mese);
 C = coefficiente di scambio (adimensionale).

Il coefficiente C è un parametro che controlla i rapporti del bacino modellato con i bacini al contorno. È stato introdotto nel modello considerando che il calcolo della evapotraspirazione reale (basato solo sul valore della temperatura) è sempre molto approssimato e che — specialmente per piccoli bacini in aree con rocce molto permeabili — gli scambi sotterranei con i sistemi adiacenti spesso possono non essere trascurabili. Il coefficiente C è stato assunto costante per tutti i mesi e, durante la calibrazione, fa sì che il calcolo del deflusso totale annuo del bacino, coincida sempre con il deflusso misurato. Quindi abbiamo:

$$\sum_{i=1}^{i=12} Q_{(i)} = \sum_{i=1}^{i=12} \beta (W_{(i-1)} + C \times S_{(i)}) = \sum_{i=1}^{i=12} F_{(i)} \quad (3)$$

con $Q_{(i)}, F_{(i)}$ = deflusso calcolato e misurato nel mese (i) (mm/mese).

La scelta del bacino tipo è stata fatta, oltre che in base alla disponibilità dei dati, secondo i seguenti due criteri:

1) Durante il periodo prescelto per la calibrazione del modello il bacino non deve essere sottoposto ad una rilevante pressione antropica, *i.e.* le portate misurate devono rappresentare essenzialmente le portate naturali.

2) I deflussi sotterranei fra il sistema in esame e i sistemi contigui debbono essere nulli o molto bassi, in modo che le portate medie annue misurate corrispondano con buona approssimazione all'eccedenza idrica: in generale questa condizione è assicurata da una scarsa permeabilità dei litotipi presenti nel bacino. Questa seconda condizione permette peraltro di trascurare nel modello l'influenza sulle portate delle riserve immagazzinate nel periodo precedente a quello simulato: l'esistenza di notevoli riserve sotterranee potrebbe, almeno in parte, mascherare anche per lunghi periodi l'effetto del progressivo inaridirsi del clima.

Tabella 4 - Evaporazione media annua da superfici libere a Perugia.
Mean annual evaporation from free surfaces in Perugia.

	1980-90	2020-30	2040-50
T	13.5	13.8	14.0
E (Visentini)	1213	1244 (+2.6 %)	1259 (+3.8 %)
E (Dragoni-Valigi)	1055	1065 (+1.0 %)	1070 (+1.5 %)
T = temperatura media annua (°C); E = evaporazione media annua (mm)			

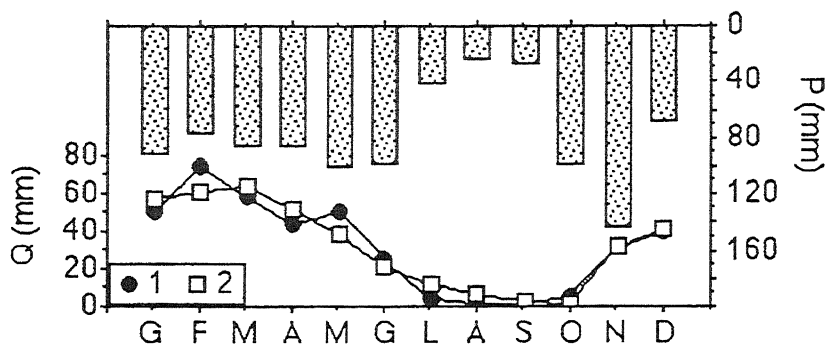


Fig. 5 - Rio Acquina: calibrazione del modello. 1 = deflussi misurati; 2 = deflussi simulati.

Acquina River: calibration of the model. Measured (1) and simulated water flows (2).

Il modello si calibra automaticamente dando ai coefficienti C , β , SM , Mex i valori che minimizzano l'errore quadratico medio tra deflussi misurati e deflussi calcolati. Per il significato dei parametri caratteristici del modello si rimanda a De Felice *et al.*, (1992).

3.3. Bacino prescelto e risultati dell'applicazione del modello

Un bacino che soddisfa i criteri sopra indicati è quello del Rio Acquina, le cui caratteristiche salienti sono elencate in Tabella 5 e la cui ubicazione è riportata in Figura 1.

Vale la pena di rimarcare che formazioni simili alla "Marnoso-arenacea" affiorano su vaste aree dell'Italia Centrale e quindi il Rio Acquina si può considerare come rappresentativo di un gran numero di altri bacini. Il modello è stato calibrato sui dati medi mensili del periodo pluriennale per cui sono disponibili piogge, temperature e portate. La Figura 5 riporta i risultati della calibratura, che ha permesso la definizione dei parametri caratteristici del modello per il Rio Acquina. I dati medi mensili di pioggia e temperatura per il periodo 1980-1990 sono stati ricostruiti usando i dati effettivamente misurati, e tramite correlazione con i dati delle stazioni limitrofe. I dati relativi agli altri due periodi sono stati estrapolati applicando, ai dati del Rio Acquina, i gradienti mensili dei dati di Perugia. La Figura 6 riporta gli idrogrammi medi annui simulati per i periodi 1980-1990, 2020-2030, 2040-2050. La Tabella 6 riassume i risultati numerici. I risultati della simulazione indicano una generale diminuzione delle portate ed un allargamento della stagione secca: in particolare, dopo l'estate, ci si devono aspettare deflussi consistenti non in novembre ma in dicembre.

Tabella 5 - Principali caratteristiche del Rio Acquina.
Acquina River characteristics.

Stazione di chiusura:	Carestello
Localizzazione: (bacino del Tevere)	Lat. 43°17' N, Long. 12°31' E
Area:	11 km ²
Altitudine media:	652 m s.l.m.
Dati idrometeorologici:	feb.1985 - gen.1989 (De Felice & Dragoni, 1991)
Caratteristiche Lito-geologiche:	flysch, argille, rocce argillose, sabbia fine
La principale formazione rocciosa è la "Marnoso-arenacea" del Miocene inferiore - medio	

4. CONSIDERAZIONI FINALI

Se si trascurano le serie di Terni e Cortona, probabilmente troppo brevi per essere significative, si giunge alle seguenti conclusioni.

– Nonostante le incertezze il lavoro svolto indica che se l'attuale trend climatico dovesse persistere, nei prossimi decenni ci si deve aspettare per l'Italia Centrale (fra Cortona e Terni) una sensibile riduzione delle risorse idriche, valutabile intorno al 30% (cfr. Tab. 3). L'incremento dell'evaporazione dalle superfici liquide dovrebbe invece essere notevolmente più contenuto.

– Avendo trascurato i risultati più pessimistici ed apparentemente meno affidabili, è da ritenere che le "previsioni" riportate in questa nota non siano troppo errate per eccesso e che non si possano trascurare perché incerte e basate su estrapolazioni. In questo lavoro, infatti, si è assunto per le variazioni climatiche un trend temporale lineare. Si è anche ammesso che esso rimanga lineare per i prossimi decenni: al contrario, secondo alcuni Modelli Climatici Globali ed alcuni autori (per es. Zimmermeyer, 1990) la tendenza al riscaldamento, modificata dal

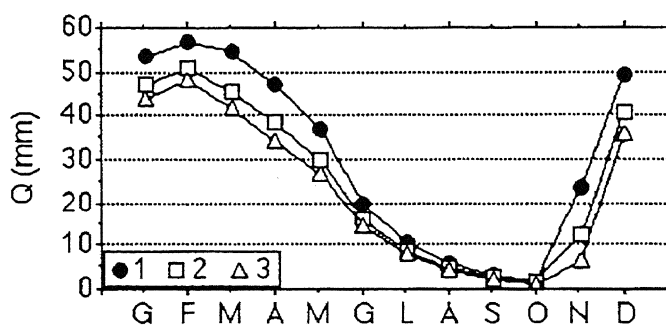


Fig. 6 - Rio Acquina: simulazione dei deflussi medi mensili. 1=1980-1990; 2 = 2020-2030; 3 = 2040-2050.

Acquina River: simulated mean monthly flows. 1 = 1980-1990; 2 = 2020-2030; 3 = 2040-2050.

Tabella 6 - Rio Acquina: risultati delle simulazioni.
Aquina River: results of simulations.

1980-90			2020-30				2040-50			
P	Q	C _d	P	Q	%	C _d	P	Q	%	C _d
986	363	0.37	916	299	-18	0.33	882	267	-26	0.30

P = precipitazioni medie annue (mm);
 Q = deflusso medio annuo (mm);
 % = variazioni percentuali di Q rispetto al periodo 1985-95;
 C_d = Coefficiente di deflusso.

continuo incremento della emissione di gas serra, potrebbe aumentare notevolmente, con una conseguente ulteriore diminuzione delle risorse idriche. Secondo altri modelli, peraltro, già la tendenza al riscaldamento in atto non è lineare, ma esponenziale (cfr. Hasselmann, 1990).

– Va sottolineato che la diminuzione percentuale delle risorse idriche qui calcolata si riferisce ad un valore medio annuo: nei periodi considerati — sempreché persista il *trend* rilevato — si avranno annate con diminuzioni molto più marcate rispetto la media, qualunque essa sia.

A prescindere quindi dalla esattezza delle stime si deve concludere che il problema della possibile diminuzione delle risorse idriche esiste. Se le conclusioni elencate vengono accoppiate ai crescenti fabbisogni idrici ed ai problemi di inquinamento, appare evidente la necessità di una ripianificazione dello sfruttamento delle risorse idriche, anche nel caso che le stime qui fornite siano pessimistiche. Tale ripianificazione dovrebbe poggiare su analisi basate su una migliore conoscenza delle cause delle variazioni climatiche in atto e su osservazioni sperimentali. E' fondamentale che queste vengano ricavate in maniera continuativa da sistemi rappresentativi di varie situazioni climatiche ed idrogeologiche.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano la Prof.ssa Pitzalis dell'Istituto di Ecologia Agraria dell'Università di Perugia ed il Preside e il Sig. Giardinieri dell' ITC "F. Cesi" di Terni per avere messo a disposizione i dati di Perugia e Terni.

BIBLIOGRAFIA

- Budyko M.I., 1982 - *The Earth's Climate: Past and Future*. Academic Press Editor New York.
- Conte M., 1991 - *Previsioni climatiche con modelli dinamici*. In: "Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo". Proc. It. Geogr. Soc. Conference, Rome, 5-6 April 1990, Mem. Soc. Geogr. It., Vol. XLVI.
- De Felice A. & Dragoni W., 1991 - *Studio idrogeologico di un bacino sulla "Marnoso-arenacea"*. Atti 1° Conv. Naz. Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Gargnano (Brescia, Italia), 22 - 23 ottobre 1991.
- De Felice A.M., Dragoni W. & Giglio G., 1992 - *Comparison of basin hydrological characteristics using only one lumped parameter: preliminary note*. Proc. of the 1st Conf. on Methods of Hydrologic Basin Comparison, Oxford, UK, 28 Sept.- 2 Oct. 1992 (Ed. by M. Robinson), Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Dragoni W. & Valigi D. (in stampa) - *Contributo alla stima dell' evaporazione dalle superfici liquide nell'Italia Centrale*. 2° Conv. Naz. Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Viterbo, 28 - 31 ottobre 1992 (in stampa).
- Gandolfo C. & Sulli M., 1991 - *Vallombrosa 1872-1989: una serie ultracentenaria di misure di precipitazioni e di temperatura in ambiente forestale*. In: "Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo". Proc. It. Geogr. Soc. Conference, Rome, 5-6 April 1990, Mem. Soc. Geogr. It., Vol. XLVI.
- Giuffrida A. & Conte M., 1991 - *L'evoluzione a lungo termine del clima italiano*. In: "Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo". Proc. It. Geogr. Soc. Conference, Rome, 5-6 April 1990, Mem. Soc. Geogr. It., Vol. XLVI.
- Jones P. D. & Bradley R.S., 1992 - *Climatic variations in the longest climatic records*. In: "Climate since A.D. 1500" (R.S. Bradley & P.D. Jones, Eds.), Routledge.
- Hasselmann K., 1990 - *Climate and Development: Scientific Efforts and Assessment - The State of the Art*. In "Climate and Development" (Karpe H.-J., Otten D. & Trinidade S.C., Eds.), Springer-Verlag, Berlin.
- Melicchia A., 1942 - *Variazioni climatiche nell'Italia centrale e loro rapporto col regime del Tevere*. In: "Ricerche sulle variazioni storiche del clima italiano", 8, C.N.R.- Com. Naz. Geog., Bologna, XX.
- Ministero LL. PP., 1926-1980 - *Annali Idrografici, parte 1a e 2a*. Sezione Idrografica di Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- Pinna M., 1991 - *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo*. In "Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo". Proc. It. Geogr. Soc. Conference, Rome, 5-6 April 1990, Mem. Soc. Geogr. Ital., Vol. XLVI.
- Rapetti F. & Vittorini S., 1991 - *Studio di serie pluviometriche secolari in Toscana*. In: "Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo". Mem. Soc. Geogr. Ital., Vol. XLVI.

- Thornthwaite C. W. & Mather J. R., 1957 - *Introduction and Tables for computing potential evapo-transpiration and the water balance*. Drexel Inst. of Technol. - Lab. of Climatology, Publications in Climatology, Vol. X, 3, Centerton, New Jersey.
- Zimmermeyer G., 1990 - *Climatic Risk and the Role of Energy Use*. In: "Climate and Development" (Karpe H.-J., Otten D. & Trinidad S.C., Eds), Springer-Verlag, Berlin.

Manoscritto ricevuto il 12. 7. 1993
Inviato all'Autore per la revisione il 9. 12. 1993
Testo definitivo ricevuto il 10. 3. 1994