

DANIELA VALIGI

INFLUENZA DELLE VARIAZIONI CLIMATICHE SUL CICLO IDROLOGICO NELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE (*)

Inquadramento del problema. – La maggior parte degli autori che nell'ultimo decennio si sono occupati di variazioni climatiche concordano sul fatto che dalla metà del secolo scorso è in atto un riscaldamento globale dell'atmosfera (IPCC, 1996). E' inevitabile che il riscaldamento influenzi il ciclo dell'acqua e quindi le risorse idriche.

In questa nota si intende riportare lo stato delle conoscenze sul problema delle variazioni climatiche in Italia e dei loro effetti sulle risorse idriche rinnovabili, dando particolare spazio ai risultati degli studi in corso presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Perugia, dove un gruppo di lavoro ha condotto le ricerche utilizzando principalmente l'approccio analogico (Arnell, 1995). Con questo metodo si assume che se in futuro si dovessero avere condizioni di temperatura diverse dalle attuali, ma che si sono già verificate in precedenza, le conseguenze sul ciclo idrologico dovrebbero essere analoghe a quelle osservate in passato.

L'obiettivo specifico di queste ricerche è essenzialmente quello di definire i possibili scenari derivanti dagli effetti che le variazioni climatiche, in corso o ipotizzate, avranno a breve termine (25/50 anni) sulle risorse idriche di sistemi idrologici e idrogeologici rappresentativi nella regione italiana.

La situazione negli ultimi 3000 anni. – Per definire i possibili scenari futuri e quanto le variazioni climatiche del passato abbiano influito sul ciclo dell'acqua, sono state analizzate le variazioni di livello dei laghi dell'Italia Centrale. I risultati dello studio dei livelli lacustri sono stati, poi, confrontati con tutta una serie di informazioni di altro tipo, quali dati di paleo-temperature ricostruite dai contenuti isotopici di carote di ghiaccio, dati sedimentologici e storici, dati palinologici. L'assemblaggio delle informazioni così ottenute, assieme ad un vasto insieme di notizie provenienti da altre fonti (Lamb, 1985; Bell e Walker, 1992; Goudie, 1994; Whyte, 1995; Pinna, 1996;

(*) Il lavoro è stato eseguito nell'ambito del Progetto Strategico del CNR «Ambiente e Territorio», U.O. n. 13 (responsabile W. Dragoni). Si ringraziano l'Aeronautica Militare Italiana (CNMCA), il Servizio Idrografico Italiano (Sezione di Roma), l'IRPI-CNR di Perugia e l'Istituto di Ecologia Agraria di Perugia per avere messo a disposizione le serie storiche di temperatura e pioggia in loro possesso.

Tab. 1 – *Sintesi delle informazioni climatiche fornite dai laghi dell'Italia Centrale negli ultimi 3000 anni*

Intervallo	Livelli lacustri	Clima
1400-1850 d.C.	In media alto	Freddo/umido
1000-1250 d.C.	Basso	Caldo
700-800 d.C.	Alto	Freddo/umido
50-500 d.C.	Basso	Caldo/arido
100 a.C.-50 d.C.	Alto	Transizione
500-400 a. C.	Alto	Freddo/umido
1000-800 a.C.	Basso	Caldo/arido

Tab. 2 – *Serie storiche climatiche italiane analizzate tramite regressione lineare*
(T = temperatura media annua, P = pioggia media annua; Grad. = gradiente medio annuo)

Stazione	Intervallo di T	Intervallo di P	T (°C)	P (mm)	Grad. di T (°C/anno)	Grad. di P (mm/anno)
Arezzo	1894-1993	1921-95	13,97	829	+ 0,0054	senza <i>trend</i>
Cortona	1940-92	1925-95	14,94	811	senza <i>trend</i>	-3,48
Perugia	1910-95	1910-95	13,50	868	+ 0,012	-2,46
Terni	1951-95	1951-95	15,47	932	+ 0,015	-5,97
I. Gran Sasso	1925-94	1919-94	12,84	1279	-0,017	senza <i>trend</i>
L'Aquila	1926-94	1920-94	11,98	702	senza <i>trend</i>	senza <i>trend</i>
Civitavecchia	1859-1994	1887-1994	16,56	728	+ 0,045	-2,07
Roma	1880-1995	1880-1995	16,30	784	+ 0,0084	-2,67
Locorotondo	1826-1992	1880-1992	14,51	727	senza <i>trend</i>	-2,07
Potenza	1926-96	1921-96	12,49	778	senza <i>trend</i>	-2,81
Palermo	1926-92	1936-92	18,38	597	senza <i>trend</i>	-1,83

Tab. 3 – *Relazione fra temperatura media annua (T) e pioggia annua (P) nell'Italia Centro-meridionale*

Stazione	Gradiente P/T (mm/°C)
Cortona	-130
Perugia	-103
Terni	-123
Isola del Gran Sasso	-51
L'Aquila	-44
Civitavecchia	-94
Roma	-99
Potenza	-74

Ortolani e Pagliuca, 1996) ha permesso di ricostruire con approssimazione discreta, seppur non interamente soddisfacente, le variazioni climatiche della Penisola Italiana negli ultimi 3000 anni (Dragoni, 1996; Dragoni, in corso di stampa). La tabella 1 riporta una sintesi delle variazioni climatiche dedotte dallo studio dei laghi dell'Italia Centrale (Cambi, Dragoni e Valigi, in corso di stampa). In particolare, è stato osservato che negli ultimi 3000 anni il clima ha più volte oscillato fra periodi caldi e freddi, della durata di alcune centinaia di anni ognuno e, in particolare, i periodi caldi hanno corrisposto a periodi poco piovosi e i periodi freddi a periodi più piovosi. In quest'ottica e nell'ipotesi che il riscaldamento in atto continui, c'è da aspettarsi in Italia Centrale un periodo siccitoso, come è già avvenuto in passato.

La situazione attuale. – La ricerca di eventuali tendenze oggi in atto è stata eseguita tramite l'analisi delle serie strumentali di temperatura e di pioggia più lunghe e affidabili fino ad ora disponibili. Le serie sono state scelte secondo i seguenti criteri: intervalli temporali di almeno 40 anni di dati; serie che arrivano almeno fino al 1985; serie a cui non mancano più del 5% dei dati complessivi.

La ricerca del *trend* è stata eseguita semplicemente tramite regressione lineare, con significatività maggiore del 90%, secondo l'F test (Makridakis, Wheelwright e McGee, 1982).

I risultati sono sintetizzati nella tabella 2, da cui si evince che non tutte le serie hanno *trend*, e che quasi tutte le serie con un *trend* mostrano un aumento della temperatura media annua e una diminuzione della pioggia annua.

La tabella 3 mostra i risultati delle regressioni lineari significative fra temperatura media annua e pioggia annua. Tutte le serie con *trend* significativo mostrano una relazione inversa fra temperatura e piovosità: all'aumentare della temperatura la pioggia diminuisce, con gradienti compresi tra -44 e -130 mm/°C. Non sono state ritrovate serie con relazioni significative dirette tra temperatura e piovosità (Cambi, Dragoni e Valigi).

Le figure 1, 2 e 3 mostrano a titolo di esempio la relazione fra temperatura media annua e pioggia annua delle stazioni di Perugia, Roma e Potenza.

Diminuzione di piovosità e aumento della temperatura, a meno di variazioni drastiche dell'attuale distribuzione stagionale, implicano una diminuzione delle portate medie dei sistemi idrologici e idrogeologici. Per verificare questa ipotesi sono stati studiati sistemi strumentati le cui portate non fossero alterate da attività antropiche

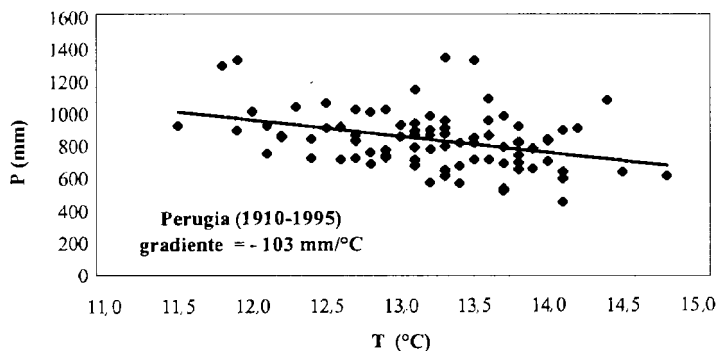


Fig. 1 – *Relazione fra temperatura media annua (T) e pioggia annua (P) a Perugia*

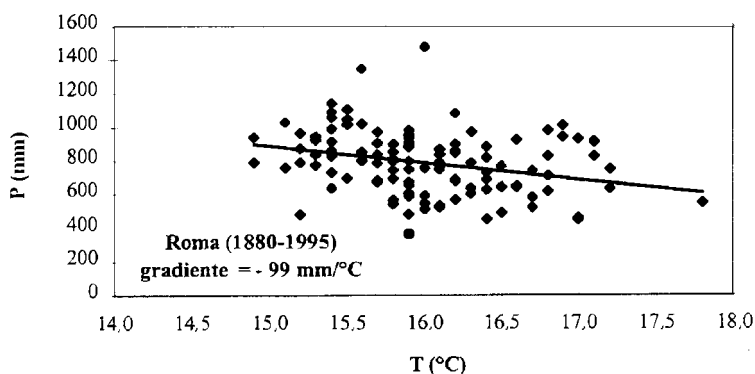


Fig. 2 – *Relazione fra temperatura media annua (T) e pioggia annua (P) a Roma*

(prelievi, irrigazione, ecc.). Sfortunatamente, in Italia, a causa del pesante sfruttamento delle risorse idriche e/o per la scarsità di misure, sono pochi i sistemi che possono essere utilizzati per tentare di definire la risposta del ciclo dell'acqua alle variazioni climatiche. Tuttavia, è stato possibile analizzare sistemi idrogeologici, situati principalmente in Umbria (ad esempio, la sorgente di Bagnara, la sorgente Scirca), che solo in minima parte sembrano essere influenzati dall'attività umana. Questi sistemi mostrano una chiara diminuzione della produzione idrica media annua (ibid., 1997). Si riporta qui, come esempio, l'andamento delle portate della sorgente di Bagnara e il gradiente riscontrato nel periodo tra il gennaio 1974 e l'aprile 1996 (fig. 4).

Peraltro è stata riscontrata una diminuzione significativa delle portate medie annue del F. Tevere a Roma (-1,64 mm/anno per il periodo 1921-55 e -4,38 mm/anno per il periodo 1955-95). Tali diminuzioni sembrano in parte imputabili ai *trends* climatici (Cambi, Dragoni e Giuffrida, 1998).

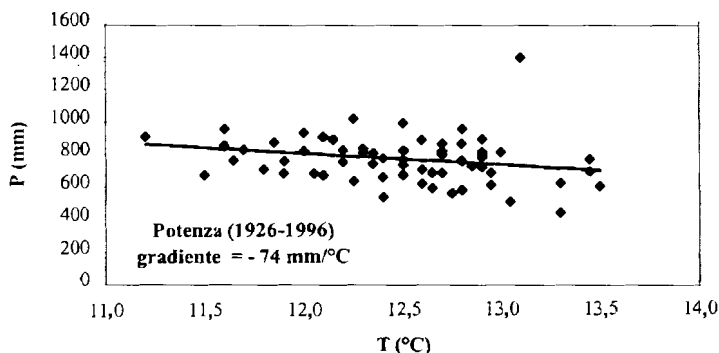


Fig. 3 – Relazione fra temperatura media annua (T) e pioggia annua (P) a Potenza

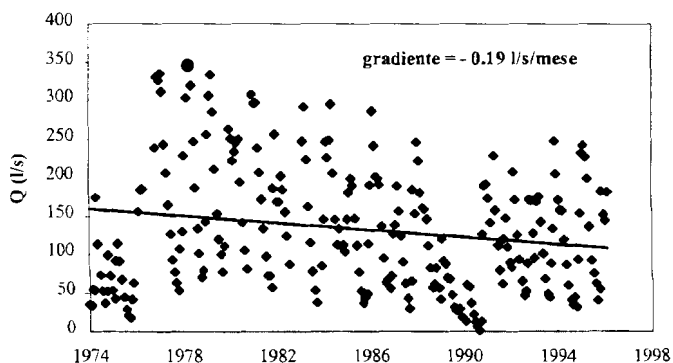


Fig. 4 – Andamento delle portate medie mensili (Q) della sorgente di Bagnara

Probabili scenari futuri. – I dati di alcuni dei sistemi studiati sono stati utilizzati per la calibrazione di modelli idrologici e idrogeologici; questi, una volta calibrati, hanno permesso di simulare le portate sotto diverse condizioni climatiche, definite in base ai *trends* rilevati e agli scenari forniti dai Modelli di Circolazione Globale (GCM). Per le zone dove non erano disponibili dati affidabili di sistemi reali, sono state eseguite stime delle risorse idriche a scala regionale sotto diverse condizioni climatiche (Cambi, Dragoni e Valigi, in corso di stampa).

Su scala media annua, le risorse idriche rinnovabili (superficiali e sotterranee) di una certa regione possono essere definite come differenza fra le precipitazioni e l'evapotraspirazione (qui calcolata con la nota formula di Turc):

$$S = P - ETR$$

dove: S = surplus idrico o risorsa idrica rinnovabile media annua; P = precipitazione media annua; ETR = evapotraspirazione reale media annua.

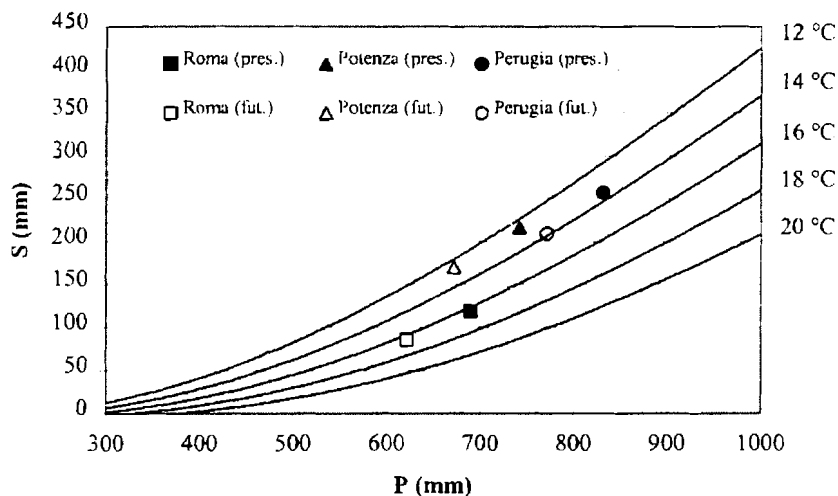


Fig. 5 – Situazione attuale delle stazioni di Perugia, Roma e Potenza ed estrapolazione ai valori medi per i prossimi cinquanta anni, nell'ipotesi che le tendenze rilevate di temperatura e di pioggia continuino linearmente anche per il futuro

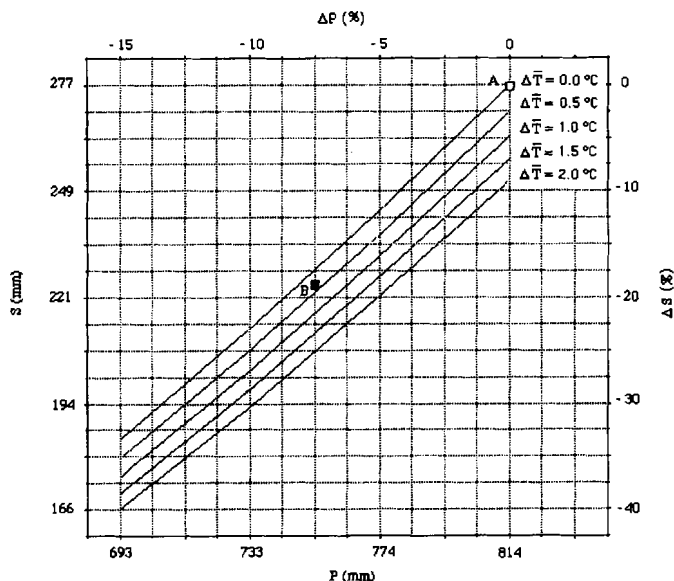


Fig. 6 – Stima della riduzione del deflusso medio annuo del F. Nestore a Pietrafita per il 2050, tramite il modello T5-S (Dragoni, Valigi e Mastroillo, 1997), nell'ipotesi che i trends rilevati continuino linearmente anche per il futuro.

A = situazione attuale; B = situazione futura; ΔT = variazione della temperatura media annua nel 2050; S = deflusso medio annuo; P = pioggia media annua

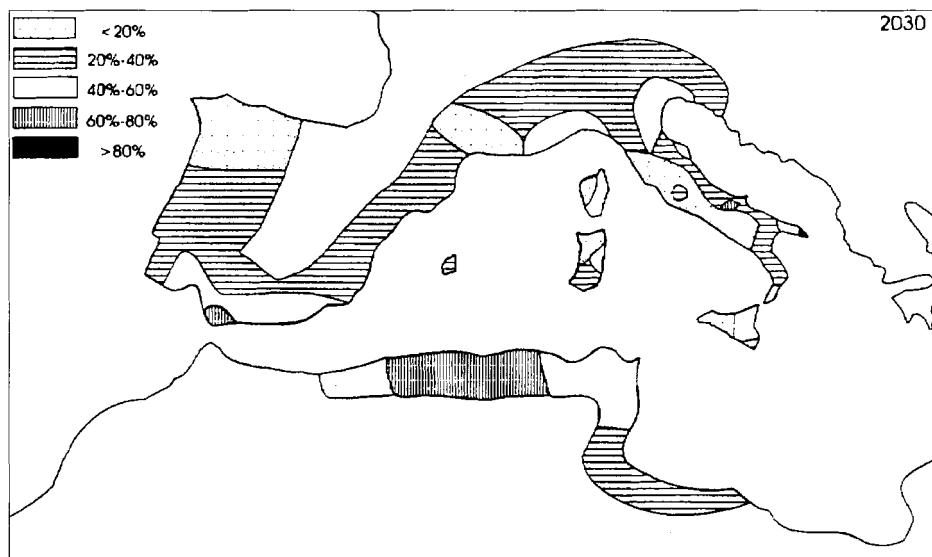


Fig. 7 – *Previsione della riduzione delle precipitazioni nel Mediterraneo occidentale per il 2030, tramite l'analisi dei trends* (da Piervitali, Colacino e Conte, 1997)

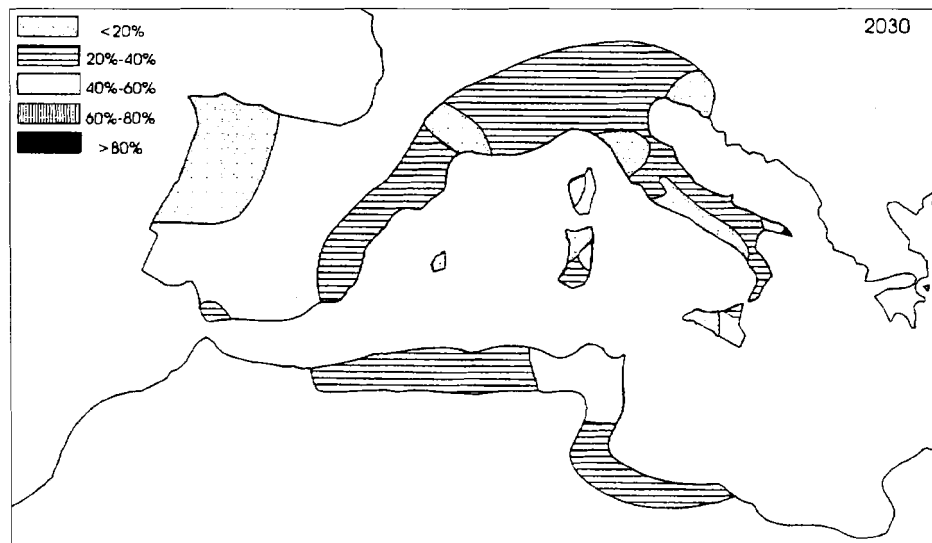


Fig. 8 – *Previsione della riduzione delle precipitazioni nel Mediterraneo occidentale per il 2030, tramite il modello di Winters* (da Piervitali, Colacino e Conte, 1997)

L'estrapolazione ai prossimi 50 anni delle tendenze rilevate indica diminuzioni delle risorse idriche in media attorno al 15-20% rispetto a quelle degli ultimi 50 anni. Diminuzioni fino al 30% si avrebbero se si dovessero verificare gli scenari estremi previsti dai GCM.

Questi risultati sono stati ottenuti sia a scala regionale, in base alla sola stima dell'evapotraspirazione reale (Dragoni, 1996; Cambi, Dragoni e Valigi, in corso di stampa) (fig. 5), sia usando modelli di trasformazione afflussi/deflussi a scala mensile su sistemi particolari (Dragoni, Valigi e Mastrolillo, 1997) (fig. 6).

La Fig. 5 riporta a titolo d'esempio il surplus idrico (S) per i dati di Perugia, Roma e Potenza nelle condizioni medie degli ultimi 50 anni e, estrapolando i *trends* rilevati di pioggia e temperatura, nei prossimi 50: appare chiaro che riduzioni di S fino al 20-30% non sono affatto irragionevoli. Si noti che secondo alcuni GCM le variazioni di pioggia e temperatura saranno superiori ai *trends* qui considerati.

La fig. 6 mostra la variazione di S del F. Nestore a Pietrafitta (Perugia) nei prossimi sessanta anni rispetto al valore medio attuale, stimata tramite il modello a scala mensile T5-S (Dragoni e Valigi, 1996, in corso di stampa).

Per questo sistema, nell'ipotesi che le tendenze rilevate continuino anche in futuro, è stata stimata una riduzione del surplus idrico di circa il 20%. In questo caso, S si può assimilare al deflusso superficiale medio annuo in quanto il bacino è impostato essenzialmente su formazioni a medio-bassa permeabilità (Valigi, 1995). Sempre nella fig. 6 sono riportati anche incrementi medi annui per la temperatura fino a 2 °C e diminuzioni di pioggia fino al 15%, possibili situazioni «estreme» secondo alcuni autori e GCM. E' chiaro che se ciò si dovesse verificare gli effetti sulle risorse idriche rinnovabili sarebbero pesanti.

Discussione dei risultati. – Si deve rilevare che la possibilità di un aumento della piovosità sull'Italia Centro-meridionale, previsto da qualche GCM che considera gli *aerosols*, sembra non trovare riscontro nei dati fino ad ora analizzati nell'Italia Centro-meridionale. Gli scenari precedentemente descritti sono, invece, coerenti con quelli già suggeriti da altri lavori in base alle simulazioni ottenute dalla maggior parte dei GCM (Cunha, 1989; Gaudioso e altri, 1995). Piervitali, Colacino e Conte (1997 e in corso di stampa), analizzando con diverse tecniche statistiche i dati di varie decine di stazioni termometriche e pluviometriche (periodo 1951-95) sparse sul bacino occidentale del Mediterraneo, hanno ritrovato un generale aumento della temperatura e una diminuzione della piovosità, con *trends* statisticamente significativi (figg. 7 e 8). Anche Buffoni, Maugeri e Nanni (1998), da un'analisi statistica preliminare delle serie storiche pluviometriche italiane, hanno rilevato per le piogge di Roma, Perugia e Palermo un *trend* negativo statisticamente significativo.

Tutte queste indicazioni sono molto preoccupanti, soprattutto se si considera che nell'Italia Centro-meridionale già oggi vi è scarsità d'acqua, e che tale scarsità è spesso accompagnata al problema dell'inquinamento, che riduce ancora le disponibilità di acqua potabile. La gravità della situazione è molto chiara se si considera che all'inizio degli anni '80 le necessità idriche in Italia erano stimate attorno a 41×10^9 m³, mentre per il periodo 2000-15 esse sono stimate attorno a 54×10^9 m³ (Rusconi, 1994). Si ritiene quindi che, nonostante non si possa essere certi dell'evoluzione del clima nel prossimo futuro, sia necessario assumere che nel tempo le risorse idriche rinnovabili probabilmente diminuiranno, aggravando ulteriormente l'attuale situazione.

Al fine di comprendere se le tendenze riscontrate nell'Italia Centro-meridionale sono in atto anche nell'Italia Settentrionale, è stata eseguita un'analisi, del tutto preli-

minare, di alcune serie storiche delle stazioni pluviometriche che ricadono nel bacino del Po e dell'Adige a partire dal 1921. Delle stazioni prese in esame solo sei presentano un *trend* statisticamente significativo e, di queste, cinque mostrano un aumento della pioggia media annua.

D'altra parte i GCM indicano che a latitudini medio-alte si dovrebbe verificare, per un aumento della temperatura, un aumento delle precipitazioni (IPCC, 1996; Pina, 1996). Comunque, per avere indicazioni più precise è necessario raccogliere dati di altre stazioni pluviometriche e analizzare i *trends* delle temperature dell'Italia Settentrionale. E' inoltre necessario estendere la ricerca alle variazioni del regime delle piogge e alla frequenza e intensità degli eventi estremi.

Una variazione della piovosità avrebbe probabilmente effetti non del tutto trascurabili anche sull'erosione del suolo; in quest'ottica è stato eseguito uno studio preliminare sulle possibili relazioni tra le variazioni climatiche e l'erosione del suolo (Dragoni e Valigi, in corso di stampa). Lo studio è stato condotto usando le formule di Fournier (Fournier, 1960) e della USLE (Morgan, 1986) sulle serie di dati mensili di pioggia di Perugia e di Roma, le più lunghe e affidabili dell'Italia Centrale (Dragoni e Valigi, in corso di stampa). L'analisi ha indicato che, per queste due stazioni, i fattori di pioggia di entrambe le formule mostrano un *trend* decrescente, suggerendo che l'erosione specifica, se le altre condizioni dovessero rimanere le stesse, tende a decrescere. Queste indicazioni sono consistenti con quanto è avvenuto negli ultimi 3000 anni nella penisola Italiana, dove la maggiore erosione nelle zone a monte dei bacini, gli alluvionamenti nelle valli e le progradazioni dei delta si sono verificati nei periodi freddi e umidi (Conte e Giuffrida, 1991; Federici e Piacente, 1993; Marabini e Veggiani, 1991; Veggiani, 1982, 1984 e 1994; Giano e Guarino, 1996; Marabini, 1996).

Conclusioni. – 1) Durante gli ultimi 3000 anni, il clima ha più volte oscillato fra periodi caldi e freddi, della durata di alcune centinaia di anni ognuno. Nella Penisola Italiana e in Sicilia, periodi caldi hanno corrisposto a periodi poco piovosi; periodi freddi a periodi più piovosi.

2) Le serie temporali di pioggia e temperatura analizzate per l'Italia Centro-meridionale indicano che non esiste un *trend* significativo ovunque, ma, se vi è un *trend*, esso è nel senso di un aumento della temperatura media annua e di una diminuzione della piovosità. Questo implica che negli ultimi 100-120 anni vi è stato uno spostamento verso condizioni più calde e meno piovose, come già avvenuto negli ultimi 3000 anni.

3) I sistemi idrogeologici analizzati mostrano una diminuzione della produzione idrica media annua.

4) Coerentemente con quanto sopra, l'estrapolazione ai prossimi 50 anni delle tendenze rilevate indica diminuzioni delle risorse idriche rinnovabili in media attorno al 15-20% rispetto a quelle degli ultimi 50 anni. Diminuzioni attorno o superiori al 30% si avrebbero se gli scenari estremi delineati da alcuni GCM e da alcuni altri autori dovessero verificarsi.

5) Questi risultati sono stati ottenuti sia a scala regionale, in base alla sola stima dell'evapotraspirazione reale, sia usando modelli di trasformazione afflussi/deflussi a scala mensile su sistemi particolari. Gli scenari definiti sono coerenti con quelli già suggeriti da altri lavori.

6) I risultati ottenuti, pur in larga parte speculativi, sono molto preoccupanti, soprattutto se si considera che nell'Italia Centro-meridionale già oggi vi è scarsità d'ac-

qua, e che tale scarsità è accompagnata al problema dell'inquinamento, che riduce ancora le disponibilità di acqua potabile. Si ritiene quindi che, nonostante non si possa essere certi dell'evoluzione del clima nel prossimo futuro, sia necessario assumere che in futuro le risorse idriche rinnovabili probabilmente diminuiranno, aggravando ulteriormente la situazione presente.

7) E' opportuno estendere tali ricerche anche all'Italia Settentrionale, dove la situazione risulta meno chiara. E' inoltre necessario studiare l'esistenza o meno di variazioni mensili/stagionali delle piogge e della frequenza e intensità degli eventi estremi.

BIBLIOGRAFIA

- ARNELL N.W., *Scenarios for Hydrological Climate Change Impact Studies*, in OLIVER H.R. e OLIVER S. (a cura di), *The Role of Water and the Hydrological Cycle in Global Change*, Berlino-Heidelberg, Springer Verlag, 1995 (coll. «Nato ASI Series», 1, vol. 31), pp. 389-407.
- BELL M. e WALKER M.J.C., *Late Quaternary Environmental Change. Physical and Human Perspectives*, New York, Longman Scientific and Technical, 1992.
- BUFFONI L., MAUGERI M. e NANNI T., *Analysis of Italian Monthly Precipitations Series*, in LEMMELÄ R. e HELENIUS N. (a cura di), «Proc. of the Second Intern. Conf. on Climate and Water» (Espoo, Finlandia, 17-20 agosto 1998), III, pp. 1090-1098.
- CAMBI C., DRAGONI W. e GIUFFRIDA A., *Climatic Changes and Their Influence on Hydrologic and Hydrogeological Systems in Central Italy*, in LEMMELÄ R. e HELENIUS N. (a cura di), «Proc. of the Second Intern. Conf. on Climate and Water» (Espoo, Finlandia, 17-20 agosto 1998), III, pp. 1515-1524.
- CAMBI C., DRAGONI W. e VALIGI D., *How Climatic Changes threaten Water Resources: The Case of the Italian Peninsula (NW Mediterranean)*, in SICCARDI F. (a cura di), «Proc. of the Intern. Conf. on Water in the Mediterranean» (Istanbul, 25-29 novembre 1997), in corso di stampa.
- CONTE M. e GIUFFRIDA A., *L'oscillazione climatica mediterranea: possibili effetti sulle precipitazioni in Italia*, in «Atti della LXI Riunione SIPS» (Catania, 23-26 ottobre 1991), pp. 68-88.
- CUNHA L., *Water Resources and Management in the EEC*, in «Hidrogeology», Orléans, 1989, 2, pp. 57-69.
- DRAGONI W., *Response of Some Hydrogeological Systems in Central Italy to Climatic Variations*, in ANGELAKIS A. e ISSAR A. (a cura di), *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region*, Berlino-Heidelberg, Springer Verlag, 1996 (coll. «Nato ASI Series», 1, vol. 36), pp. 193-229.
- DRAGONI W., *Some Considerations on Climatic Changes, Water Resources and Water Needs in the Italian Region South of the 43° N*, in BROWN N., ISSAR A. e SHILONY Z. (a cura di), *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*, in corso di stampa.

- DRAGONI W. e VALIGI D., *Contributo alla stima delle portate mensili dei bacini non strumentati: il caso dei bacini in facies di flysch dell'Appennino settentrionale*, in GRUPPO NAZIONALE DI GEOLOGIA APPLICATA, «Atti del V Conv. Naz. dei Giovani Ricercatori» (Cagliari, 8-11 ottobre 1996), in corso di stampa.
- DRAGONI W. e VALIGI D., *Some Considerations regarding Climatic Change and Specific Erosion in Central Italy. Geomorphology and Global Environmental Change*, in corso di stampa.
- DRAGONI W., VALIGI D. e MASTRORILLO L., *Climatic Variations and Water Resources: The Case of the River Nestore (Central Italy)*, in «Annales Geophysicae», 1997, p. 305.
- FEDERICI P.R. e PIACENTE S., *Geografia fisica*, Roma, NIS, 1993.
- FOURNIER F., *Climat et érosion*, Parigi, PUF, 1960.
- GAUDIOSO D. e altri, *First Italian National Communication to the Framework Convention on Climate Change*, Roma, Ministry of Environment-ENEA, 1995.
- GIANO S.I. e GUARINO P.M., *Trasformazioni ambientali in età storica nel territorio di Oria (Brindisi)*, in «Il Quaternario», Verona, 1996, pp. 331-336.
- GOUDIE A., *Environmental Change*, Oxford, Clarendon Press, 1994.
- IPCC, *Technical Summary*, in HOUGHTON J.T. e altri (a cura di), *Climate Change 1995. Contributions of WG1 to the Second Assessment Report of the IPCC*, Cambridge, Univ. Press, 1996, pp. 9-49.
- LAMB H.H., *Climate History and the Modern World*, Londra, Methuen, 1985.
- MAKRIDAKIS S., WEELWRIGHT S.C. e MCGEE V., *Forecasting: Methods and Applications*, New York, Wiley J. and Sons, 1982.
- MARABINI F., *Evoluzione dell'ambiente costiero in tempi storici e le variazioni climatiche*, in «Il Quaternario», Verona, 1996, pp. 201-204.
- MARABINI F. e VEGGIANI A., *Evolutional Trends of the Coastal Zone and the Influence of Climatic Fluctuations*, in GRIFMAN P.M. e FAWCETT J.A. (a cura di), «Proc. from the Second Intern. Symposium on Coastal Ocean Space Utilization, COSU II» (Long Beach, California, 2-4 aprile 1991), pp. 459-474.
- MORGAN R.P.C., *Soil Erosion and Conservation*, New York, Longman, 1986.
- ORTOLANI F. e PAGLIUCA S., *Variazioni climatico-ambientali nell'area mediterranea durante il periodo storico: evidenze geoarcheologiche di cicliche crisi ambientali tipo «effetto serra»*, in «Il Quaternario», Verona, 1996, pp. 209-212.
- PIERVITALI E., COLACINO M. e CONTE M., *Le precipitazioni sul Mediterraneo centro-occidentale nel periodo 1951-1995*, Roma, Istituto di Fisica dell'Atmosfera-CNR, rapporto interno 97-2, gennaio 1997.
- PIERVITALI E., COLACINO M. e CONTE M., *Signals of Climatic Changes in the Central-Western Mediterranean Basin*, in corso di stampa.
- PINNA M., *Le variazioni del clima: dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, Milano, F. Angeli, 1996.
- RUSCONI A., *Acqua: conoscenze ed utilizzo*, Roma, Editoriale Verde Ambiente, 1994.
- VALIGI D., *La simulazione delle portate mensili nei bacini in facies di Flysch dell'Appennino Centro-settentrionale con particolare riguardo al F. Nestore*, Tesi di Dottorato di ricerca, Università degli Studi di Perugia, 1995.

- VEGGIANI A., *Il delta del Po e l'evoluzione della rete idrografica padana in epoca storica*, in «Atti della tavola rotonda su Il Delta del Po» (Bologna, 24 novembre 1982), pp. 39-68.
- VEGGIANI A., *Il deterioramento climatico dei secoli XVI-XVIII e i suoi effetti sulla bassa Romagna*, in «Studi Romagnoli», Bologna, 1984, pp. 109-124.
- VEGGIANI A., *I deterioramenti climatici dell'età del ferro e dell'alto medioevo*, in «Boll. Soc. Torricelliana di Scienze e Lettere», Faenza, 1994, pp. 3-80.
- WHYTE I., *Climatic Change and Human Society*, Londra, Arnold, 1995.

INFLUENCE OF CLIMATIC VARIATIONS ON THE HYDROLOGICAL CYCLE (CENTRAL AND SOUTHERN ITALY). – The historical data series for temperature and rainfall available for the Italian peninsula indicate that over the last one hundred years there has been a tendency towards an increase in temperature and a decrease in average annual rainfall. The flow data for some hydrogeologic systems confirm these trends, which are consistent with the scenarios provided by Global Circulation Models (GCM) and with climatic variations in the past. If one assumes that these trends will persist also in the future, their extrapolation to the next 50 years indicates a considerable decrease in the availability of water resources, with extremes of up to 20-30% compared with the average values for the last 50 years.

Università di Perugia, Dipartimento di Scienze della Terra