

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE A
VOL. LXXIX - ANNO 1972

PROCESSI VERBALI 1972

I N D I C E

DALLAN NARDI L., NARDI R. - Particolari strutture sedimentarie da «slumping» nel macigno della Val di Lima (Appennino pistoiese)	Pag. 1
FRANZINI M., LEONI L. - A full matrix correction in X-ray fluorescence analysis of rock samples	» 7
GALLI E. - La pumpellyite di Tiso-Theis (Bolzano)	» 23
GALLI E. - Nuovi dati sulla pumpellyite di Hicks Ranch (California)	» 29
MENESINI E. - Balani (cirripedia) miocenici dell'Ungheria	» 36
GIANNELLI L., SALVATORINI G. - I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago maltese. I. Biostratigrafia del «Globigerina Limestone»	» 49
MENESINI E. - Resti di vertebrati raccolti in sedimenti miocenici dell'Arcipelago maltese	» 77
BOSSIO A. - Alcune specie di Aturia (Nautiloidea) della Puglia e dell'Arcipelago di Malta	» 87
ORLANDI P. - Note di mineralogia toscana - 1. I minerali dei Monti Livornesi	» 95
ROSSI R. - Ring-opening reactions of strained alicyclic molecules by transition metal compounds of group VIII	» 101
VITTORINI S. - Il bilancio idrico secondo Thornthwaite in alcuni bacini della Toscana	» 138
RAPETTI F., VITTORINI S. - I venti piovosi a Legoli (Toscana) in relazione ai processi di erosione del suolo	» 150
GIANNINI E., LAZZAROTTO A. - Significato paleotettonico e paleoambientale della Formazione di Lanciaia (Toscana meridionale) nel quadro dei corrugamenti verificatisi nelle aree di sedimentazione dei complessi liguri nel Cretaceo superiore e all'inizio del Terziario	» 176
RADI G. - Tracce di un insediamento neolitico nell'isola di Lampedusa	» 197
FANCELLI GALLETTI M. L. - I carboni della grotta delle Arene Candide e l'evoluzione forestale in Liguria dopo l'ultima glaciazione	» 206
CAPEDRI S., RIVALENTI G. - First results of an investigation on plastic deformations in the Ivrea-Verbanò zone in an area between Val Sesera and Val Sesia (Vercelli)	» 213
CORADOSSI N. - Nuovi ritrovamenti di composti di ammonio in zone geotermiche	» 223
GRASSELLINI TROYSI M., ORLANDI P. - Sulla melanoflogite del Fortullino (Livorno)	» 245

LAZZAROTTO A. - Caratteri strutturali dei nuclei mesozoici di Montalceto, Trequanda e Piazza di Siena (Prov. di Siena)	» 251
RICCI C. A. - Geo-petrological features of the metamorphic formations of Tuscany	» 267
FRANZINI M., RICCI C. A., SABATINI G. - Note di mineralogia toscana: ritrovamento di chapmanite alla miniera del Tafone (Manciano, Grosseto)	» 280
CAPEDRI S. - On the presence of graphite and its bearing on the migmatitic environmental conditions of the dioritic gneisses («diorites»), basic formation Ivrea-Verbanò (Italy)	» 286

PROCESSI VERBALI

Adunanza del 10 Febbraio 1972	Pag. 295
Adunanza dell'8 Giugno 1972	» 296
Adunanza straordinaria del 24 luglio 1972	» 296
Assemblea straordinaria del 14 Settembre 1972.	» 297
Assemblea ordinaria del 14 Dicembre 1972	» 298
<i>Elenco dei soci per l'anno 1972</i>	» 301
<i>Norme per la stampa di note e memorie sugli Atti della Società Toscana di Scienze Naturali</i>	» 307

S. VITTORINI *

IL BILANCIO IDRICO SECONDO THORNTHWAITTE
IN ALCUNI BACINI DELLA TOSCANA **

Riassunto — Tramite il bilancio idrico eseguito secondo il metodo Thornthwaite, si sono calcolati i deflussi liquidi di diciassette bacini toscani sottesi da un idrometrografo. E' stato così possibile eseguire un confronto tra i deflussi calcolati e quelli misurati.

Da tale controllo è risultato che il metodo Thornthwaite, anche per il calcolo del deflusso, risulta eccellente allorquando non si posseggono che due elementi soltanto (precipitazioni ed evapotraspirazione) sui quattro elementi necessari per calcolare il bilancio idrico di una regione.

Summary — Through the water balance calculated according to the method of Thornthwaite, we have calculated the runoff of 17 Tuscan drainage basins subtended by a water-level recorder. So it has been possible to compare the calculated and the known runoff.

This comparison has shown that the Thornthwaite's method is very efficient when are available only two elements (rainfall and evapotranspiration) of the four elements necessary to calculate the water balance.

PREMESSA

E' nota l'importanza del metodo Thornthwaite per la determinazione dell'evapotraspirazione potenziale, ma è altrettanto nota per la possibilità di poter calcolare il bilancio idrico delle località prese in esame. Si tratta tuttavia di calcoli che riguardano singole stazioni per cui, per poter conoscere il bilancio idrico di una regione, è necessario estrapolare i dati dalle singole stazioni che vi si trovano.

Scopo della presente ricerca è quello di calcolare, con il metodo Thornthwaite, i deflussi di 17 bacini della Toscana, sottesi da

* Istituto di Scienze Geografiche dell'Università di Pisa.

** La presente ricerca è stata eseguita col contributo del C.N.R..

una stazione idrometrografica, e di confrontarli con quelli misurati dall'Ufficio Idrografico.

Il bilancio idrico di una regione è rappresentato dalla seguente equazione idrologica fondamentale:

$$D = P - (E \pm \Delta R)$$

in cui D è il deflusso, P le precipitazioni, E l'evapotraspirazione, cioè l'evaporazione del suolo e la traspirazione delle piante, e ΔR le variazioni della riserva idrica del suolo.

Per un bacino sotteso da una stazione idrometrografica e fornito di una conveniente rete di pluviografi è abbastanza semplice calcolare il bilancio idrico in quanto il deflusso D è misurato direttamente come pure le precipitazioni, mentre gli altri parametri sono conseguentemente ricavabili.

Non altrettanto semplice è calcolare il bilancio idrico di un bacino non fornito di stazione idrometrografica, anche se provvisto di stazioni pluviometriche. Bisogna risalire allora al deflusso D partendo dagli altri elementi e in primo luogo dall'evapotraspirazione E .

EVAPOTRASPIRAZIONE

Bisogna tuttavia distinguere tra evapotraspirazione reale E e evapotraspirazione potenziale E_p che è definita come la quantità d'acqua che evaporerrebbe o verrebbe traspirata in condizioni di costante umidità del terreno ed è pertanto una grandezza climatica che dipende esclusivamente dall'energia disponibile per far evaporare l'acqua.

Ma durante il periodo estivo, a causa della povertà di umidità del suolo, l'evapotraspirazione reale è inferiore a quella potenziale in quanto le piante non possono disporre di tutta l'acqua necessaria. Per questo motivo E_p e non E rappresenta realmente il *bilancio idrico* della vegetazione e pertanto per calcolare il bilancio idrico è necessario considerare E_p per conoscere le reali condizioni di sufficienza e di scarsità di acqua. D'altro canto però non esiste nella nostra regione, come nel resto d'Italia, una rete di strumenti atti a misurare E_p , per cui è necessario risalire a questo elemento partendo dai dati meteorologici più noti e pubblicati dal Servizio Idrografico o dall'ISTAT.

Esistono diversi metodi per calcolare E_p , tra cui cito quelli del

Penman, del Turc e del Thornthwaite che sono i più noti (H.L. PENMAN [1948]; L. TURC [1955]; C. W. THORNTWHAITE [1948]; C. W. THORNTWHAITE - J. R. MATHER [1957]).

La mia scelta è caduta sul metodo Thornthwaite perché, a differenza degli altri due, che richiedono dati meteorologici non facilmente reperibili in Italia, necessita soltanto dei dati della temperatura e della latitudine di una località.

DEFLUSSO ANNUO

Una volta conosciuta l'evapotraspirazione potenziale E_p , si può ricostruire il bilancio idrico e risalire al deflusso utilizzando integralmente il metodo Thornthwaite per mezzo del quale si possono ottenere, con una certa approssimazione, non solo i deflussi annui, ma anche quelli mensili, partendo solo dalla E_p e dalle precipitazioni.

Per il calcolo del deflusso dei diciassette bacini toscani ho utilizzato i dati di 216 stazioni il cui deflusso era stato calcolato in precedenza per un'altra ricerca (S. VITTORINI [1972]). Data l'imprecisione del metodo basato sulla planimetrazione degli spazi interlineari, ho ritenuto opportuno ricorrere ad un sistema di calcolo diretto.

Come ho già detto, per calcolare il bilancio idrico è necessario conoscere l'evapotraspirazione potenziale E_p , le precipitazioni mensili P e la capacità di immagazzinamento R dell'acqua nel suolo. Per quanto riguarda quest'ultima, per il metodo Thornthwaite vi sono delle tabelle che permettono di risalire ad essa in base ad alcune caratteristiche di suolo e di vegetazione facilmente ricavabili (C. W. THORNTWHAITE - J. R. MATHER [1957]); i dati delle precipitazioni relative ad ogni bacino sotteso da una stazione idrometrografica sono pubblicati nella seconda parte degli *Annali Idrologici* ⁽¹⁾. In questo modo è possibile conoscere l'altezza delle precipitazioni distribuite uniformemente su tutto un bacino idrografico. Purtroppo però le medie degli afflussi meteorici dei bacini in esame non si riferiscono allo stesso periodo di osservazione; accanto a sette stazioni con più di 30 anni di osservazioni ve ne sono infatti cinque

⁽¹⁾ Nei fascicoli degli *Annali Idrologici*, oltre agli elementi caratteristici dei corsi d'acqua dell'ultimo anno di osservazione, vi sono anche quelli relativi alle medie del periodo precedente.

con menî di quindici anni e altre cinque con meno di dieci anni di osservazioni.

Per attribuire ad ogni bacino idrografico un valore medio dell'Ep, scartando il metodo delle isolinee, ho utilizzato il principio secondo il quale il valore dell'Ep decresce con l'altitudine secondo una correlazione lineare per cui esiste pertanto un gradiente altimetrico dell'Ep. Nel precedente lavoro citato (S. VITTORINI [1972]) avevo trovato per la Toscana il gradiente altimetrico dell'Ep, suddividendo questa regione in cinque zone omogenee onde eliminare l'influenza della latitudine⁽²⁾. La tabella seguente riporta i valori mensili ed annui del gradiente altimetrico dell'Ep, relativamente a tre delle cinque zone, espresso in millimetri di riduzione per ogni 100 m di altitudine.

TABELLA N. 1

Gradiente altimetrico dell'evapotraspirazione potenziale mensile ed annua espresso in mm di decremento per ogni 100 m di altitudine.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
I	0,1	0,3	0,7	1,1	1,1	1,5	1,8	0,8	0,7	0,3	0,5	0,1	9,3
II	0,5	0,8	0,8	1,8	1,2	1,2	2,2	1,3	1,6	0,8	1,4	0,4	14,5
III	1,2	1,5	1,0	1,2	1,5	1,2	2,4	1,7	2,5	2,2	1,7	1,0	19,5

I: bacino dell'Arno; II bacini compresi tra l'Arno escluso e il Pecora incluso; III: bacini compresi tra il Pecora escluso ed il Fiora.

Questi valori sono stati ricavati dalla correlazione tra Ep e altitudine; i coefficienti di correlazione trovati sono elevati per quanto riguarda le medie annue, oscillando tra $r = -0,99$ e $r = -0,90$, mentre sono alquanto pi bassi per le medie mensili. Per queste ultime tuttavia il valore del coefficiente di correlazione oscilla intorno a $r = 0,75$ e i valori pi bassi si raggiungono a gennaio e a dicembre in cui evidentemente l'indeterminazione è pi grande. Noto il gradiente altimetrico dell'Ep è possibile trovare il valore dell'Ep di qualsiasi punto di altitudine nota; pertanto, conosciuta l'altitudine media di ciascun bacino idrografico⁽³⁾ si è attribuito ad ogni bacino il valore dell'Ep relativo alla sua altitudine media.

(2) L'Ep varia con la latitudine, diminuendo di un certo gradiente procedendo dall'Equatore verso i Poli; per la Toscana è stato calcolato un gradiente di circa 42 mm per grado di latitudine (VITTORINI S. [1972]).

(3) Nella parte seconda degli *Annali Idrologici*, tra le caratteristiche di ogni bacino, sotteso da una stazione idrometrografica, vi è riportata anche l'altitudine media.

Sono state scelte tre situazioni caratteristiche: la prima con deflusso calcolato minore di quello misurato (bacino della Lima), la seconda con deflusso calcolato uguale a quello misurato (bacino dell'Arno a S. Giovanni alla Vena) e la terza con deflusso calcolato maggiore di quello misurato (bacino dell'Orcia a M. Amiata).

Dai bilanci idrici rappresentati nella tab. 2 possiamo constatare che l'annata idrologica è suddivisa in due periodi, di durata variabile da luogo a luogo, di cui il primo, che va grosso modo, da ottobre ad aprile, che possiamo chiamare l'inverno idrologico, è caratterizzato da precipitazioni maggiori dell'evapotraspirazione potenziale ($P > E_p$) e il secondo, l'estate idrologica, con precipitazioni inferiori all' E_p . ($P < E_p$).

Di conseguenza durante l'estate le piante utilizzano la totalità delle precipitazioni e il deflusso deve essere assicurato, durante tutto l'anno, dalle precipitazioni invernali.

Queste alimenteranno dunque le piante durante l'inverno, il deflusso durante tutto l'anno e la riserva idrica del suolo R che servirà durante l'estate ad alimentare l'evaporazione.

L'eccedenza di ciascun mese ($P - E_p$), a partire da settembre o addirittura solo da dicembre, a seconda dei casi, va ad alimentare le falde freatiche più profonde e il deflusso superficiale. La quantità costante di acqua ritenuta dal suolo in periodo di eccedenza dipende naturalmente dalla natura del suolo stesso. Questi risultati sono espressi graficamente dalla fig. 1.

I risultati completi del calcolo del deflusso dei 17 bacini toscani sottesi da un idrometrografo sono riportati nella tab. 3. In essa compaiono i deflussi misurati e quelli calcolati per poter stabilire un confronto fra i due valori e stimare la validità del metodo Thornthwaite per il calcolo dei deflussi. Appare subito evidente che nella maggior parte dei casi i deflussi calcolati sono inferiori a quelli misurati e ciò può essere imputabile ad alcune cause:

1) gli afflussi meteorici misurati sono inferiori agli afflussi reali ($P < P_r$) perché la quantità d'acqua misurata dai pluviometri a bocca orizzontale è inferiore in molti casi a quella ricevuta dai versanti che sono variamente inclinati rispetto alla direzione di provenienza della pioggia (M. PANICUCCI [1966]).

Questo tipo di errore tende ad aumentare nel caso in cui il continuo dominio dei venti tende a deviare le precipitazioni dalla verticale (M. GIANDOTTI [1937]; P. PEDELABORDE [1968]);

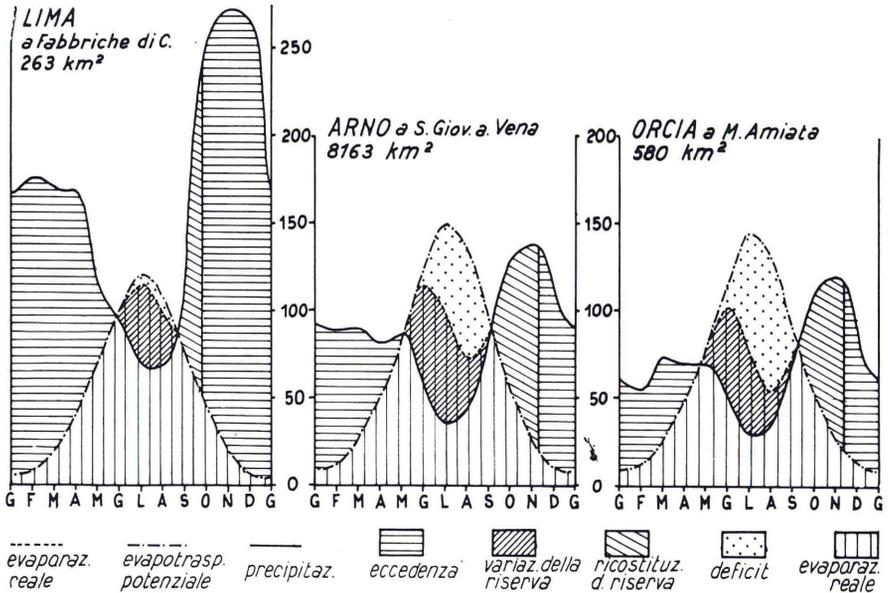


Fig. 1 - Bilancio idrico secondo Thornthwaite in alcuni bacini idrografici della Toscana.

2) gli afflussi meteorici relativi ai bacini idrografici e pubblicati sugli *Annali Idrologi* sono ottenuti mediante estrapolazione dei dati di alcune stazioni situate nei bacini e sono quindi suscettibili di errore di calcolo, errore che può dipendere da molti fattori tra i quali è molto importante l'esposizione dei versanti che difficilmente vien presa in considerazione;

3) il metodo di Thornthwaite conduce paradossalmente ad ammettere che il deflusso superficiale non si verifica nei primi mesi dell'autunno fino a che non si sia ricostituita la riserva idrica del suolo;

4) il metodo Thornthwaite non considera il grado di permeabilità del substrato che è uno tra i fattori più importanti che influiscono sul deflusso, in grandi aree.

Alcune di queste cause non sono eliminabili, come la seconda e la terza, mentre le altre lo possono essere. Infatti, per quanto riguarda la prima, Pedelaborde ha suggerito che è possibile ottenere dei risultati migliori adottando la precauzione di moltiplicare la quantità di piogge del periodo invernale, da ottobre a marzo,

per un fattore correttivo, variabile da 1,1 a 1,2, per compensare gli scarti tra P e Pr poiché, proprio durante il periodo invernale aumenta la frequenza e la velocità dei venti i quali, deviando la pioggia della verticale, tendono a falsare i valori trovati dai pluviometri a bocca orizzontale (P. PEDELABORDE [1968]).

Adottato questo accorgimento per controllarne la validità anche per le regioni italiane, ho provato a moltiplicare la quantità delle piogge registrate da ottobre a marzo per fattori via via crescenti a partire da 1,1. Eseguendo poi il computo del bilancio idrico ho potuto constatare, come appare dalla tabella 3, che pur utilizzando il più basso fattore, anche se il deflusso dei bacini con scarto negativo diveniva sensibilmente più vicino al deflusso misurato, quello degli altri bacini veniva aumentato eccessivamente.

TABELLA N. 3

Tavola riassuntiva del calcolo del deflusso in 17 bacini toscani.

	N. anni di osservaz.	Precipitazioni mm	Sup. del bacino Km ²	Deflusso misurato	DEFUSSO CALCOLATO					
					(P)		(1,1 P)		(1,15 P)	
					mm	%	mm	%	mm	%
LIMA a Fabbr. di C.	15	1960	263	1488	1254	-15,7	1485	-0,2	1550	+4,2
ARNO a Subbiano	31	1306	738	812	640	-20,6	721	-11,2	762	-6,1
CHIANA	32	856	1272	221	224	+1,3	274	+24,0	298	+34,8
SIEVE al Bilancino	3	1483	150	1021	766	-25,0	854	-16,4	1000	-2,1
SIEVE a Fornacina	34	1235	831	609	537	-11,8	613	+0,7	653	+7,2
ARNO a Nave di R.	34	1053	4083	449	398	-11,3	463	+3,1	495	+10,2
BISENZIO a Praticello	8	1866	54	1175	1193	+1,5	1324	+12,7	1389	+18,2
BISENZIO a Gamberame	10	1600	150	934	914	-2,1	1026	+9,8	1082	+15,8
ELSA a Castelfior.	16	889	806	222	229	+3,1	282	+27,0	309	+39,2
NIEVOLE a Colonna	7	1350	32	721	699	-3,1	788	+9,3	833	+15,5
ARNO a S. Giov. alla V.	42	1044	8163	391	390	-0,2	455	+16,4	488	+24,8
CORNIA	16	944	356	310	318	+2,5	378	+21,9	408	+31,6
BRUNA a Lepri	14	912	229	366	318	-13,1	378	+3,3	460	+10,9
MERSE a Ornate	6	1032	483	425	357	-16,0	423	-0,5	455	+7,0
FARMA a Torniella	7	1198	70	610	540	-11,5	621	+1,8	657	+7,7
ORCIA a M. Amiata	30	842	580	226	265	+11,4	316	+39,8	342	+51,3
OMBRONE a Sasso	36	931	2657	333	318	-4,5	375	+12,6	404	+21,3

Nella tabella sono riportati anche i valori del deflusso calcolato con le precipitazioni da ottobre a marzo moltiplicate per un fattore correttivo (1,1 P; 1,15 P). Le percentuali si riferiscono allo scarto tra i deflussi calcolati e quelli misurati,

Lo scarto medio è risultato pertanto inferiore utilizzando i dati grezzi delle precipitazioni, così come risultano dagli *Annali Idrologici*, senza effettuare nessuna correzione, come mostra la seguente tabella.

TABELLA N. 4

Scarto medio tra i deflussi calcolati di tutti i bacini, senza o con fattore correttivo per le piogge, rispetto ai deflussi misurati.

	P	1,1 P	1,15 P
Scarto medio	9,1	12,4	18,1

Se si tien conto invece della causa n. 4, dai risultati di questa ricerca appare evidente che i bacini che hanno il deflusso calcolato più piccolo di quello misurato sono costituiti da rocce permeabili, o meglio penetrabili, per fessurazione, come il macigno e i calcari in genere, nelle quali l'acqua proveniente dalle piogge percola e va ad arricchire le falde più profonde, sfuggendo così all'evaporazione. In questi bacini, a riprova di quanto detto, il coefficiente di deflusso⁽⁴⁾ è molto alto, raggiungendo 0,76 alla Lima il cui bacino è costituito per la quasi totalità da macigno e calcari. Valori elevati del coefficiente di deflusso si registrano anche per l'Arno a Subbiano (0,62) e per la Sieve (0,61) i cui bacini sono costituiti anch'essi in gran parte di arenarie e calcari.

Al contrario, i bacini che risultano avere il deflusso calcolato più elevato di quello misurato sono costituiti da rocce impermeabili, come le argille plioceniche e mioceniche e gli scisti argillosi, sulle quali il deflusso avviene per lo più in superficie o poco al di sotto di essa per cui molta più acqua viene perduta per evaporazione. In tal modo si registra un coefficiente di deflusso molto più basso, come ad esempio per l'Elsa (0,25), La Chiana (0,26), il Cornia (0,32), l'Orcia (0,31) e l'Ombrone (0,35) nei cui bacini, per l'ap-punao, si verifica un deflusso minore di quello calcolato col metodo di Thornthwaite.

Malgrado l'importanza di queste constatazioni, non ho ritenuto opportuno apportare modifiche ai bilanci calcolati, tenendo conto del diverso grado di permeabilità delle rocce, perché tali modifiche richiederebbero un'analisi più approfondita del problema ed

⁽⁴⁾ Anche il coefficiente di deflusso è riportato nella parte seconda degli *Annali Idrologici*.

allargata ad altre regioni ed inoltre esigerebbero che si potesse realmente tradurre in cifre il termine assai generico di «permeabile» e «impermeabile».

DEFLUSSI MENSILI

Come si è già accennato, con il metodo Thornthwaite si possono ricavare anche i deflussi mensili, oltre che quelli annui, partendo dal principio secondo cui solo il 50% dell'eccedenza idrica è disponibile per il deflusso mentre il resto dell'eccedenza è trattenuta dal bacino e diviene disponibile per il deflusso del mese successivo. Questo processo per metà continua durante l'estate, quando l'eccedenza non esiste, di modo che i mesi estivi hanno un deflusso che è la metà di quello precedente. Si arriva così ai mesi autunnali, in genere settembre-ottobre, con un deflusso molto scarso ed alle volte inesistente perché, secondo Thornthwaite, le precipitazioni che si verificano subito dopo l'estate non andrebbero ad alimentare il deflusso, ma la ricostituzione della riserva idrica del suolo *R* che era servita ad assicurare la evapotraspirazione durante l'estate. Ecco perché nei grafici della fig. 2 la curva del deflusso calcolato si discosta, nei mesi autunnali, più che nei rimanenti mesi, dalla curva dei deflussi calcolati.

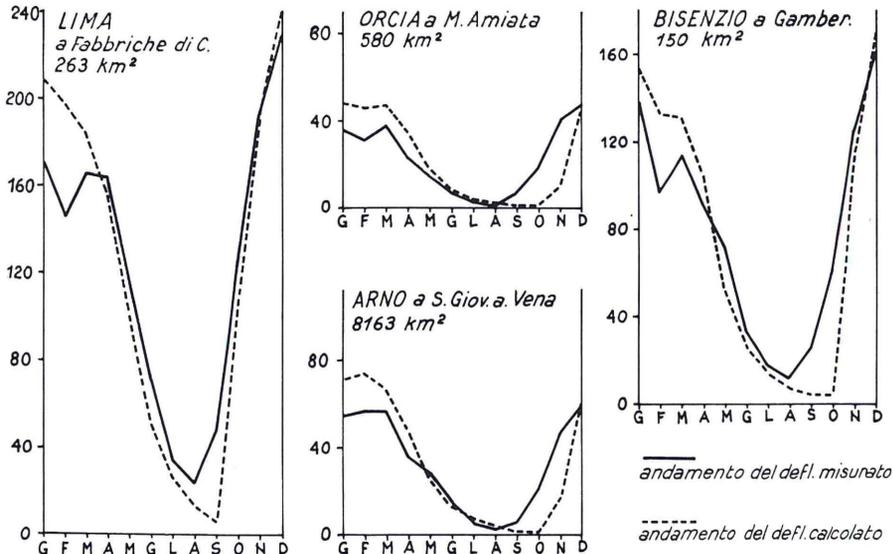


Fig. 2 - Confronto tra l'andamento dei deflussi misurati e quello dei deflussi calcolati in alcuni bacini idrografici della Toscana.

La discordanza tra l'andamento delle due curve è evidente anche nei primi mesi dell'anno in cui i valori calcolati sono più elevati di quelli misurati. Ciò accade perché nel calcolo del bilancio idrico ha notevole incidenza la quantità e il regime delle piogge che, nella nostra regione, è caratterizzato prevalentemente da un massimo principale in autunno e uno secondario in inverno. Per questo le precipitazioni massime, che per altro si verificano tra novembre e dicembre, spostano, a causa del processo per metà prima descritto, il deflusso massimo verso i mesi successivi.

In definitiva la curva del deflusso calcolato avrebbe caratteristiche più esasperate, con massimi e minimi più accentuati e alquanto ritardati rispetto ai massimi e minimi reali.

CONCLUSIONI

Malgrado gli scarti risultati dal confronto tra i deflussi calcolati e quelli misurati e illustrati nella tab. 3, si può concludere che il metodo Thornthwaite si possa applicare laddove non esistono altri mezzi di stima del deflusso, se non quelli indiretti. Infatti, su 17 casi esaminati, in otto bacini lo scarto tra il deflusso calcolato e quello misurato si mantiene entro il 4,5%, in cinque bacini è contenuto entro il 13% e solo in due bacini supera il 20%, nell'Arno a Subbiano (20,6%) e nel Sieve al Bilancino (25%), valori questi abbastanza soddisfacenti se si pensa che il calcolo del deflusso viene fatto in modo indiretto, basandosi quasi esclusivamente su elementi climatici, quali la temperatura e le precipitazioni, mentre, com'è noto, i fattori che influiscono sul deflusso sono molteplici e di natura diversa. Ne consegue che il metodo Thornthwaite, per il calcolo del deflusso, risulta eccellente allorquando non si posseggono che due elementi soltanto sui quattro elementi necessari per calcolo del bilancio idrico.

In ogni caso mi sembra che, nell'eseguire il calcolo del bilancio idrico di una regione, secondo il metodo da me usato, piuttosto che ricorrere all'espedito di moltiplicare per un fattore correttivo il valore delle precipitazioni, sia preferibile tenere in debito conto la natura litologica del substrato, partendo dal presupposto che le rocce permeabili sottraggono acqua all'evaporazione, mentre quelle impermeabili la espongono maggiormente alle radiazioni e ne favoriscono l'evaporazione. Nel primo caso bisognerebbe aumentare il risultato ottenuto mentre nel secondo bisognerebbe diminuirlo.

OPERE CITATE

- GIANDOTTI M. (1937) - Idrologia della bonifica integrale. Parte Prima, Idrologia Generale. Firenze, 1937, p. 21 e segg.
- MINISTERO DEI LL. PP., SERVIZIO IDROGRAFICO, Annali Idrologici, Parte Seconda, Bacini dell'Arno e limitrofi tra il Magra e il Fiora, Roma, 1968.
- PANICUCCI M. (1966) - Sugli errori derivanti dalle registrazioni effettuate mediante comuni pluviometri in zone non pianeggianti. *Pubbl. Istit. Sper. per lo Studio e la Difesa del Suolo*, Firenze, 1966, 1-20.
- PEDELABORDE P. (1968) - Les bilans hydriques. *Cahiers de Geographie de Quebec*, **25**, 1968, 5-17.
- PENMAN H. L. (1968) - Natural Evaporation from Open Bare Soil and Grass. *Proc. Roy. Soc.*, London, A, **193**, 120-145.
- THORNTHWAITE C. W. (1948) - An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Revue*, **38** (1), 55-94.
- THORNTHWAITE C. W., MATHER J. R. (1957) - Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. *Publications in Climatology*, **10**, 183-311.
- TURC L. (1955) - Le bilan d'eau des sols. Relation entre les precipitations, l'evaporation et l'ecoulement. *Annales Agronomiques*, 1954, 491-595; 1955, 5-131.
- VITTORINI S. (1972) - Il clima della Toscana in base all'evapotraspirazione potenziale e al bilancio idrico. *Riv. Geogr. Ital.*, **79**, 1-30.

(ms. pres. il 6 dicembre 1972; ult. bozze il 20 dicembre 1972)