

GIAN CARLO PEROSINO*

ELEMENTI CLIMATICI ED IDROLOGICI DEL BACINO DELL'ORCO

SUMMARY - *Climatic and hydrological elements of the Orco basin.*

The Orco stream is an important right affluent of the Po river, into which it flows near Chivasso (183 m a.s.l.), in the area surrounding Turin (North Western Piedmont - North Western Italy). Its catchment area has a development of 915 km² and it lies basically on highlands. Half of it extends above 1.533 m a.s.l. and it is bounded by a watershed passing at 3.894 m a.s.l. as maximum altitude. The main topic of this survey consists of the analysis of the climate and hydrology of the Orco basin. The criteria used, mainly referred to yearly and monthly time ranges, are: air temperature (related to different areas situated at different altitudes), rainfall (either related to each village or referred to portions of area), snow (even though it has been connected to the village of Ceresole Reale) and water-flows (measured at the hydrometric point at Pont Canavese). A particularly detailed report has the minimum values of waterflow, very relevant for the quality of water. The aim of this survey consists in working out a mathematical model, easily applied, which permits to obtain reliable values concerning the water supplies for any portion of the area included in the basin which has been here considered.

RIASSUNTO - Il torrente Orco è un importante affluente di sinistra del fiume Po, nel quale sfocia presso Chivasso (183 m s.l.m.), in Provincia di Torino (Piemonte Nord Ovest - Italia nordoccidentale). Il suo bacino imbrifero ha una superficie pari a 915 km² ed è prevalentemente montano; infatti la sua metà è disposta sopra l'altitudine di 1.535 m s.l.m. ed è delimitato da uno spartiacque che passa per la quota massima di 3.894 m. Il clima e l'idrologia del bacino dell'Orco costituiscono i principali argomenti di questo studio. I parametri utilizzati, essenzialmente su scale di tempo mensile ed annua, sono stati: la temperatura dell'aria (in rapporto con le porzioni di territorio disposte alle diverse altitudini), le precipitazioni (sia in corrispondenza di singole località, sia rappresentative di intere zone del territo-

* C.R.E.S.T. - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio, via Caprera 30 - 10136 Torino

rio), la neve (anche se riferita all'unica stazione di Ceresole Reale) e le portate idriche (rilevate presso la stazione idrometrica di Pont Canavese). Un approfondimento particolare ha riguardato l'analisi dei valori minimi di portata, molto importanti per la qualità delle acque. L'obiettivo dello studio è consistito nell'individuare un modello matematico, di facile applicazione, in grado di fornire valori attendibili sulla disponibilità delle risorse idriche per qualunque frazione di territorio nell'ambito del bacino considerato.

1 - INTRODUZIONE

Il bacino dell'Orco (915 km²) è stato codificato, nell'ambito della *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991), come il decimo importante tributario della sinistra orografica del fiume Po. Esso fa parte della porzione nordoccidentale del bacino del Po, delimitato a Nord e a Nord/Est dal bacino della Dora Baltea, a Sud/Est dal bacino del Malone, a Sud dal bacino dello Stura di Lanzo e a Ovest dai bacini dell'Arc Riv e dell'Isère in territorio francese. La sua testata si trova entro i confini del Parco Nazionale del Gran Paradiso e gli spartiacque che lo separano dal bacino della Dora Baltea passano per i picchi dell'omonimo massiccio, a quote che sfiorano i 3.900 m s.l.m. La porzione montana, con orientamento Ovest - Est, fa parte delle Alpi Graie a Nord della Provincia di Torino; la porzione di pianura, con orientamento Nord/Ovest - Sud/Est, costituisce gran parte del Canavesano, lambisce l'anfiteatro morenico di Ivrea, attraversa la piana di Caluso e sfocia nel Po a Chivasso, presso Torino. Il bacino dell'Orco interessa quindi i settori geografici codificati da De Biaggi *et al.* (1990) con: 1090 (Valli Orco e Soana), 2110 (Prealpi Canavesane) e 5351 (Alluvioni dell'Orco e Piana di Chivasso e Caluso). Da un punto di vista morfometrico il bacino dell'Orco può essere suddiviso in tre porzioni principali:

- parte alta: fino alla diga di Ceresole (sezione 1 della fig. 1); il bacino si trova interamente sopra l'altitudine di 1.500 m s.l.m., con una altitudine mediana pari a 2.370 m s.l.m. e con pendenza media del corso principale intorno al 10 %; si tratta di un ambiente tipicamente montano (simile a quello delle testate dei maggiori tributari dell'Orco), caratterizzato da versanti molto ripidi e dominato, al di sotto del limite altitudinale degli alberi, da una copertura forestale costituita prevalentemente da conifere;
- parte media: fino a Castellamonte (circa 400 m s.l.m., sezione 7 della fig. 1); l'altitudine mediana del bacino sotteso è pari a 1.840 m s.l.m., di poco superiore al limite climatico dello zero termico del trimestre invernale; le

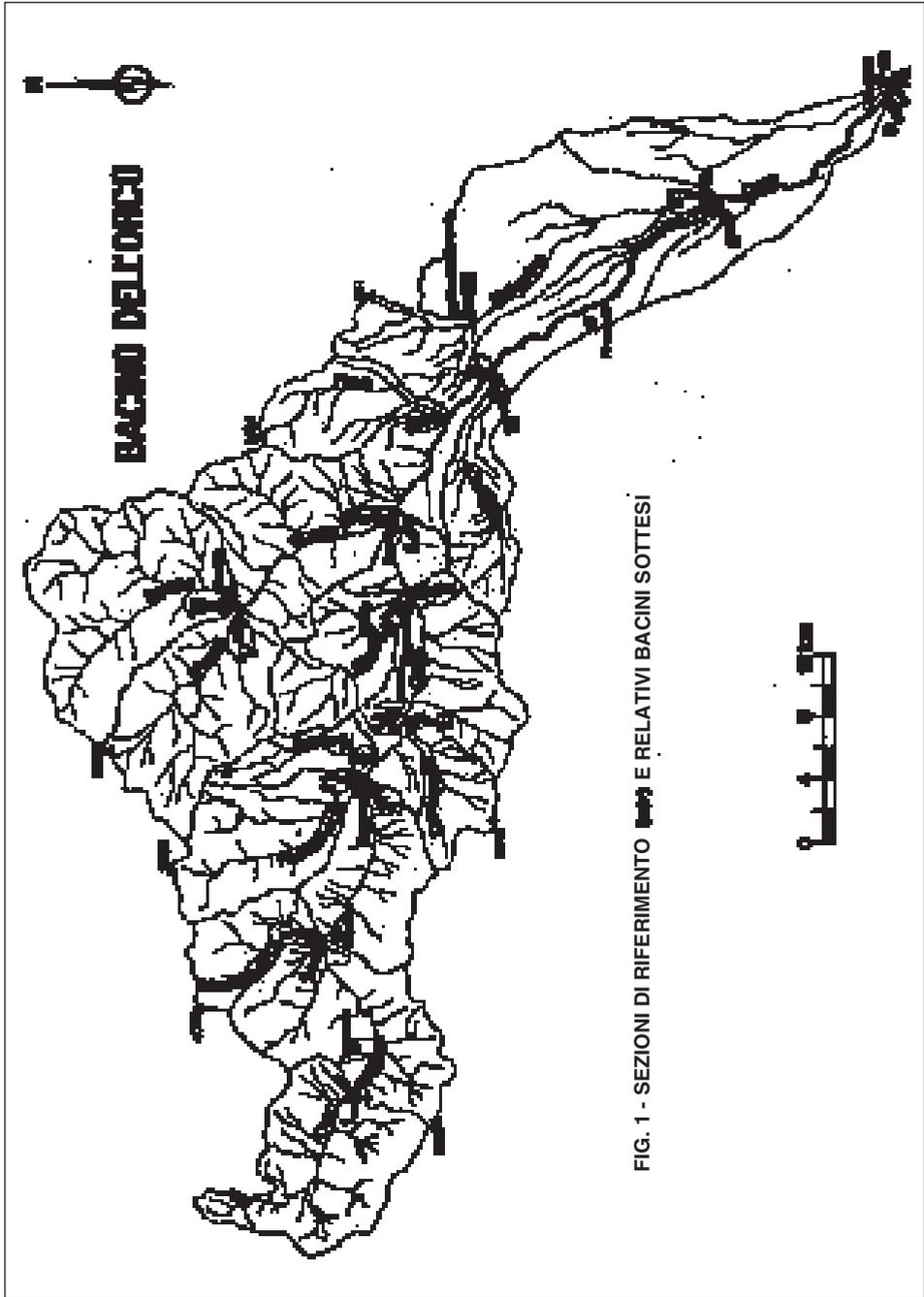


FIG. 1 - SEZIONI DI RIFERIMENTO [symbol] e RELATIVI BACINI SOTTESI

pendenze medie dell'alveo del corso principale variano da un massimo del 5% fino a valori leggermente inferiori all'1%; in questa porzione di bacino si ha il graduale passaggio dai boschi puri di conifere a quelli misti con latifoglie fino a latifoglie prevalenti (essenzialmente faggio più in alto, castagno e roverella nei versanti più esposti);

- parte inferiore: comprende la porzione di pianura del bacino fino alla foce (183 m s.l.m.); l'altitudine mediana del bacino sotteso, dato lo scarso contributo di aree di bassa quota rispetto a quelle montane, si mantiene sopra i 1.500 m s.l.m., con pendenza media dell'alveo principale poco superiore allo 0,3%; l'ambiente circostante è caratterizzato da coltivi e da pioppeti.

Da questa breve descrizione si comprende come il bacino dell'Orco sia caratterizzato da una estrema variabilità climatica in funzione dell'ampia distribuzione delle fasce altimetriche. Si passa infatti da un clima rigido di montagna presso le origini fino ad un clima temperato continentale della pianura presso la foce. Lo studio del clima è molto importante per l'interpretazione dei fenomeni idrologici ed occorre procedere sia ad analisi puntuali, relative a singole stazioni o località per le quali sono disponibili dati, sia ad analisi di tipo territoriale, facendo riferimento al concetto per cui «lo studio del clima di una determinata stazione può essere ritenuto rappresentativo di una porzione di territorio intorno» (Remenieras, 1972). Le elaborazioni sono state effettuate facendo riferimento essenzialmente ai valori medi mensili ed annui della temperatura dell'aria e delle precipitazioni rappresentativi dell'anno medio 1921÷1970, pubblicati dalla Regione Piemonte (1980) nell'ambito del *Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese*.

Per la caratterizzazione idrologica del bacino dell'Orco si è fatto riferimento ai dati relativi alla stazione idrometrica di Pont Canavese (Servizio Idrografico Italiano, 1928÷1976, 1980). Dall'analisi delle caratteristiche idrologiche dell'Orco a Pont Canavese e da quelle climatiche del bacino, si sono calcolati i parametri più significativi relativi alle sezioni di riferimento individuate sul reticolo idrografico (stazioni 1÷21 della fig. 1) in modo da rendere possibile una facile caratterizzazione idrologica di qualsiasi porzione di bacino.

2 - ELEMENTI CLIMATICI

Nell'ambito del *Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese* (Regione Piemonte, 1980), a partire dai dati pubbli-

cati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano, sono stati interpolati i valori medi mensili ed annui della temperatura dell'aria e delle precipitazioni, rispettivamente rappresentativi degli anni medi 1926÷1970 e 1921÷1970, per tutti i comuni del Piemonte. In particolare nel bacino dell'Orco hanno funzionato 13 stazioni meteorologiche, la maggior parte delle quali per un periodo di osservazione significativo; quasi sempre superiore a 25÷30 anni, come normalmente raccomandato per ottenere dalle elaborazioni risultati attendibili (Bruce & Clark, 1966; Sokolov & Chapman, 1974). Con i dati interpolati sopra citati si è fatto riferimento a 35 comuni entro il bacino dell'Orco e a quelli dei bacini adiacenti (4 della Dora Baltea, 3 dello Stura di Val Grande, 7 del Chiusella e 13 del Malone). Si è fatto inoltre uso delle elaborazioni effettuate da Perosino & Scarpinato (1981) in uno studio sul clima del Parco Nazionale del Gran Paradiso. Le stazioni considerate sono elencate in tab. 1.

2.1 - *Temperatura dell'aria*

I valori relativi alla temperatura media annua dell'aria sono riportati in tab. 1 e si riferiscono a tutti i comuni nel bacino dell'Orco (diviso in quattro porzioni: alto, medio, basso Orco e Soana) e a quelli dei bacini limitrofi (Dora Baltea, Chiusella, Stura di Valgrande, Malone). Essi risultano tutti inferiori alla media annua della penisola italiana (13,9 °C; Mennella, 1967), mentre quelli relativi alle località situate ad altitudine inferiore a 400 m s.l.m. sono quasi tutti entro i 12÷13 °C, intervallo rappresentativo della pianura Padana (Mennella, 1967).

La media annua delle temperature relative ai comuni del basso Chiusella, della porzione piemontese della Dora Baltea e del medio Orco è leggermente superiore (1÷2 °C) rispetto a quella delle altre località piemontesi situate nelle aree pedemontane; si tratta di una situazione caratteristica del Canavesano (Perosino, 1991). De Biaggi *et al.* (1990) infatti, nel descrivere il settore geografico delle "Prealpi Canavesane", evidenziano il fatto che sia la particolare esposizione dei territori considerati, sia la frequenza notevole dei venti di caduta della Valle d'Aosta, determinano temperature medie invernali più miti rispetto a quelle della adiacente pianura e delle zone pedemontane in genere e una minore frequenza di valori termici particolarmente rigidi.

Le temperature medie annue più basse si riscontrano ovviamente presso le località di maggiore altitudine. Occorre rilevare tuttavia che, entro il bacino dell'Orco, sono disponibili dati relativi a cinque sole stazioni con alti-

tudine superiore a 1.000 m s.l.m. (Ceresole, Noasca e Ribordone nell'alto Orco; Valprato Soana e Frassinetto nel Soana; tab. 1); un'altra stazione (Groscavallo) si trova immediatamente a Sud, ma nel bacino dello Stura di Valgrande, mentre per le stazioni a Nord, in Valle d'Aosta non sono disponibili valori termici. Correlando le temperature con le altitudini si è ottenuto un gradiente termico verticale medio annuo leggermente inferiore a quello (- 0,51 °C/100 m s.l.m.) ritenuto da Mennella (1967) rappresentativo delle Alpi italiane. Tenuto conto che i comuni del medio Orco fanno parte dell'area canavesana caratterizzata da un clima particolare e che soltanto quelli del basso Orco presentano valori termici compresi entro i limiti considerati tipici della pianura piemontese, si può ritenere che il gradiente termico medio annuo rappresentativo dell'area in oggetto, nonostante possibili errori di sovrastima dovuti alla prevalenza dell'esposizione a Sud della maggior parte dei comuni montani (in particolare quelli del Soana), sia molto vicino a quello (- 0,49 °C/100 m s.l.m.) indicato da Durio *et al.* (1982) per le Alpi occidentali. Questi ultimi autori inoltre hanno individuato particolari limiti altitudinali di significato climatico ed idrologico (già utilizzati nell'ambito della *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991) ed ai quali, nel bacino dell'Orco, corrispondono le seguenti quote e temperature medie annue:

- pianura piemontese (200 300 m s.l.m., temperatura media annua intorno a 12 °C),
- limite climatico dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m., media annua pari a 11 °C),
- limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m., 5 °C),
- limite climatico dello zero termico medio annuo (2.700 m s.l.m., temperatura media annua di 0 °C),
- limite climatico delle nevi persistenti (3.100 m s.l.m., temperatura media annua pari a -1 °C).

Tab. 1 - Altitudini e valori medi annui delle precipitazioni e delle temperature dell'aria relativi ai comuni del bacino dell'Orco e delle porzioni dei bacini adiacenti. Valori calcolati per l'anno medio 1921÷1970 per le precipitazioni e per l'anno medio 1926÷1970 per le temperature, sulla base dell'elaborazione dei dati del Servizio Idrografico (Regione Piemonte, 1980). →

stazione	altitudine media (m s.l.m.)	precipit. media an. (mm)	temper. media an. (gradi C)				
ALTO ORCO				Agliè	315	1.122	12,0
Ceresole	1.612	1.001	4,4	Rivarolo	304	1.122	12,1
Noasca	1.567	1.211	7,5	Ozegna	300	1.131	12,0
Ribordone	1.023	1.225	11,0	S.Giorgio	300	1.064	12,1
Alpette	957	1.233	11,3	CHIUSELLA			
Locana	613	1.216	10,7	Traversella	827	1.116	-
Sparone	552	1.264	11,2	Rueglio	674	1.171	-
Pont Can.ese	451	1.217	11,4	Trausella	654	1.131	-
SOANA				Vidracco	481	1.174	-
Valprato	1.116	1.306	11,3	Issiglio	480	1.204	-
Frassinetto	1.043	1.221	11,5	Torre Can.ese	417	1.149	-
Ronco Can.ese	956	1.276	11,3	Baldissero	390	1.177	12,1
Ingria	816	1.240	11,4	DORA BALTEA			
VALLE D'AOSTA				Barone	325	939	12,1
Valsavaranche	1.545	662	-	Caluso	303	924	12,2
Lillaz	1.600	700	-	Rondisson	211	826	12,3
Rhemes N.Dame	1.731	824	-	Torrazza	197	813	12,4
Champorcher	1.427	1.208	-	MALONE			
STURA DI VALGRANDE				Pratigione	611	1.220	11,3
Groscaivallo	1.106	2.162	6,3	Forno	585	1.220	11,3
Chialamberto	851	1.226	7,6	Rivara	392	1.265	11,5
Cantoira	749	1.280	8,9	Pertusio	364	1.269	11,6
MEDIO ORCO				S. Ponso	347	1.201	11,8
Castelnuovo	828	1.303	11,9	Oglianico	326	1.154	12,0
Chiesanuova	664	1.227	11,7	Busano	317	1.198	11,7
Canischio	659	1.212	11,4	Favria	316	1.143	12,0
Cintano	646	1.278	11,9	Front	270	1.103	11,9
Colleretto	585	1.247	11,8	Lombardore	262	984	12,3
Borgiallo	555	1.240	11,8	Rivarossa	239	1.015	12,2
S.Colombano	550	1.195	11,5	Volpiano	219	914	12,4
Vialfrè	470	1.060	-	S.Benigno	213	938	12,3
Cuornè	414	1.162	11,7	Brandizzo	187	841	12,4
Valperga	385	1.262	11,7	BASSO ORCO			
Cuceglio	376	1.057	12,0	Feletto	275	1.070	12,1
Montalenghe	360	1.011	12,1	S.Giusto	270	1.027	12,1
Bairo	360	1.157	12,0	Lusigliè	268	1.072	12,1
Castellamonte	343	1.231	11,9	Fogliizzo	247	980	12,2
				Bosconero	240	1.010	12,2
				Montanaro	210	907	12,3
				Chivasso	183	826	12,4

Volendo rappresentare con un unico valore termico la media annua di tutto il bacino dell'Orco, occorre considerare che l'altitudine mediana risulta poco inferiore al limite climatico del trimestre invernale e quindi risulterebbe una temperatura intorno a $5\div 6$ °C. Facendo invece riferimento alle diverse porzioni di bacino in funzione delle fasce altitudinali si può esprimere quanto segue:

- temperatura media annua pari a $11\div 12$ °C per la porzione di pianura, con una superficie del 24% del totale al di sotto della quota 600 m;
- temperatura media annua da 6 °C a 10 °C per la porzione media del bacino, con una superficie del 29 % del totale nella fascia altitudinale 600÷1.700 m s.l.m.;
- temperatura media annua inferiore a 5 °C nella porzione del bacino posta al di sopra dell'altitudine 1.700 m s.l.m., fino al limite inferiore di 0 °C presso la quota 2.700 m (38 % del totale);
- temperatura media annua leggermente inferiore allo 0 °C nella fascia altitudinale 2.700÷3.100 m s.l.m., costituente il 6 % della superficie totale del bacino.
- temperatura media annua intorno a -1 °C, fino a -2 °C in corrispondenza delle quote al di sopra di 3.100 m s.l.m. (3 % della superficie dell'intero bacino).

La tab. 2 riporta le temperature medie mensili per quasi tutte le località precedentemente considerate. Si tratta di un insieme di valori molto variabili, da un massimo di 23,5 °C di luglio a Torrazza P.te (197 m), Brandizzo (187 m) e Chivasso (183 m) ad un minimo di -5 °C di gennaio a Ceresole (1.612 m) per ovvi motivi altitudinali e stagionali. Il regime termico assume lo stesso andamento per tutte le località; in particolare un massimo nel mese di luglio ed un minimo nel mese di gennaio; aprile e ottobre sono i mesi che più si avvicinano alla media annua; si tratta di una distribuzione nell'anno simile a quanto avviene per tutte le località italiane ad esclusione di quelle con clima marittimo (Mennella, 1967). Una maggiore variabilità presentano i valori estremi: da un massimo di 26,0 °C del luglio 1968 ad un minimo di -21 °C nel febbraio 1956 a Ceresole Reale (Perosino & Scarpinato, 1981), oppure da un massimo di 40,0 °C nell'agosto 1947 ad un minimo di -17 °C del gennaio 1947 a Castellamonte (Servizio Idrografico Italiano, 1966). Per la porzione di pianura, non esistendo stazioni che abbiano registrato dati giornalieri della temperatura dell'aria nel bacino dell'Orco, si può fare riferimento alla vicina stazione di Torino per la quale sono disponibili osservazioni di oltre un secolo; in particolare è stato registrato un massimo di 42,6 °C nel luglio 1957 ed un minimo di -19,0 °C nel febbraio 1956 (Perosino, 1987).

Tab. 2 - Temperature dell'aria (°C) medie mensili relative ai comuni del bacino dell'Orco e delle porzioni dei bacini adiacenti. Valori calcolati per l'anno medio 1926 ÷ 1970 sulla base dell'elaborazione dei dati pubblicati dal Servizio Idrografico (Regione Piemonte, 1980).

stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ALTO ORCO												
Ceresole	-5,0	-3,7	-0,9	3,6	7,8	11,7	14,2	13,2	9,9	5,1	0,7	-4,2
Noasca	2,2	-0,5	2,7	7,0	11,0	14,9	17,3	16,3	13,1	8,0	3,3	-1,1
Ribord.	1,0	3,1	6,1	10,4	14,8	18,6	20,9	20,0	16,8	11,5	6,1	2,3
Alpette	1,3	3,5	6,0	10,6	15,3	19,1	21,5	20,6	17,4	11,9	6,4	2,6
Locana	0,8	2,8	6,2	10,4	14,5	18,3	20,6	19,6	16,4	11,2	5,9	2,1
Sparone	1,2	3,3	6,0	10,5	15,0	18,8	21,2	20,3	17,1	11,7	6,3	2,5
Pont C.se	1,4	3,6	6,0	10,6	15,4	19,2	21,6	20,8	17,5	12,0	6,5	2,7
SOANA												
V.to Soana	1,2	3,5	6,0	10,5	15,2	19,0	21,4	20,6	17,5	12,1	6,5	2,7
Frassinetto	1,5	3,7	5,9	10,6	15,5	19,3	21,7	20,9	17,7	12,2	6,6	2,8
Ronco C.se	1,2	3,5	6,0	10,5	15,2	19,0	21,4	20,5	17,4	12,0	6,4	2,6
Ingria	1,3	3,5	6,0	10,6	15,3	19,1	21,5	20,7	17,5	12,0	6,5	2,7
STURA DI VALGRANDE												
Groscavallo	-3,1	-1,7	1,4	5,7	9,8	13,6	16,1	15,1	11,8	6,9	2,3	-2,2
Chialamberto	-2,0	-0,4	2,9	7,2	11,2	15,1	17,4	16,4	13,1	8,0	3,3	-1,0
Cantoira	-0,8	0,9	4,4	8,6	12,6	16,4	18,7	17,6	14,3	9,2	4,3	0,3
MEDIO ORCO												
Castelnuovo	1,6	3,9	6,2	11,0	15,9	19,8	22,3	21,4	18,1	12,6	6,8	2,9
Chiesanuova	1,7	3,9	5,9	10,7	15,7	19,6	22,1	21,3	18,0	12,4	6,7	2,9
Canischio	1,4	3,5	6,0	10,6	15,3	19,2	21,6	20,7	17,4	11,9	6,4	2,6
Cintano	1,7	3,9	6,0	10,9	15,9	19,7	22,2	21,4	18,1	12,6	6,8	3,0
Colleretto	1,7	4,0	5,8	10,7	15,8	19,7	22,2	21,4	18,1	12,5	6,8	3,0
Borgiallo	1,7	4,0	5,8	10,7	15,8	19,7	22,2	21,4	18,1	12,5	6,8	3,0
S.Colombano	1,5	3,6	5,9	10,6	15,5	19,3	21,7	20,9	17,6	12,1	6,5	2,7
Cuorgnè	1,6	3,8	5,9	10,7	15,7	19,5	22,0	21,2	17,9	12,3	6,7	2,9
Valperga	1,7	3,8	5,9	10,7	15,7	19,5	22,0	21,2	17,9	12,3	6,7	2,9
Cuceglio	1,6	3,9	6,2	11,1	16,2	20,2	22,7	21,8	18,4	12,7	6,9	2,9
Montalenghe	1,4	3,8	6,4	11,3	16,4	20,3	22,8	21,9	18,5	12,7	6,9	2,8
Bairo	1,8	4,1	6,0	11,0	16,1	20,0	22,5	21,7	18,3	12,7	6,9	3,0
Castellamonte	1,7	4,0	6,1	11,0	16,0	19,9	22,4	21,6	18,2	12,6	6,9	3,0
Agliè	1,7	4,0	6,1	11,0	16,2	20,1	22,6	21,8	18,4	12,7	6,9	3,0
Rivarolo	1,7	3,9	6,3	11,2	16,2	20,2	22,7	21,8	18,4	12,7	6,9	3,0
Ozegna	1,7	4,0	6,2	11,1	16,2	20,1	22,6	21,8	18,4	12,7	6,9	3,0
S.Giorgio	1,5	3,8	6,4	11,3	16,3	20,3	22,7	21,9	18,5	12,7	6,9	2,8
Ciconio	1,6	3,9	6,4	11,3	16,3	20,3	22,7	21,9	18,5	12,7	6,9	2,9

segue tab. 2

stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
CHIUSELLA												
Baldissero	1,7	4,0	6,3	11,2	16,2	20,1	22,6	21,7	18,3	12,8	6,9	3,0
DORA BALTEA												
Barone C.se	1,3	3,7	6,6	11,5	16,5	20,5	22,9	22,0	18,5	12,7	6,9	2,7
Caluso	1,2	3,6	6,8	11,6	16,5	20,6	23,0	22,1	18,6	12,7	6,8	2,6
Rondissone	0,8	3,2	7,4	12,2	16,8	21,0	23,3	22,3	18,7	12,8	6,9	2,3
Torrazza P.te	0,7	3,1	7,7	12,4	17,0	21,1	23,5	22,5	18,8	12,8	6,9	2,2
MALONE												
Pratiglione	1,4	3,4	6,0	10,6	15,3	10,1	21,5	20,6	17,3	11,8	6,4	2,6
Forno C.se	1,3	3,4	6,0	10,6	15,2	19,1	21,4	20,5	17,2	11,7	6,3	2,4
Rivara	1,5	3,6	6,0	10,7	15,5	19,3	21,8	20,9	17,5	12,0	6,5	2,7
Pertusio	1,6	3,7	5,9	10,7	15,6	19,4	21,8	21,0	17,6	12,1	6,5	2,8
S. Ponso	1,7	3,9	6,0	10,8	15,8	19,7	22,2	21,4	18,0	12,4	6,7	2,9
Oglianico	1,7	3,9	6,1	11,0	16,1	20,0	22,4	21,6	18,3	12,6	6,8	2,9
Busano	1,5	3,7	6,2	10,9	15,8	19,6	22,1	21,3	17,9	12,3	6,6	2,8
Favria	1,7	3,9	6,2	11,1	16,1	20,0	22,5	21,6	18,3	12,6	6,8	2,9
Front	1,4	3,6	6,6	11,3	16,0	20,0	22,4	21,6	18,1	12,4	6,7	2,7
Lombardore	1,3	3,5	7,1	11,9	16,6	20,6	23,1	22,2	18,7	12,8	6,9	2,7
Rivarossa	1,4	3,6	7,0	11,7	16,5	20,5	23,0	22,2	18,7	12,8	7,0	2,7
Volpiano	1,1	3,3	7,5	12,2	16,8	20,9	23,3	22,4	18,8	12,8	6,9	2,5
S.Benigno	1,1	3,4	7,3	12,0	16,7	20,7	23,2	22,3	18,7	12,8	6,9	2,6
Brandizzo	0,8	3,1	7,8	12,4	16,9	21,1	23,5	22,5	18,9	12,8	6,9	2,3
BASSO ORCO												
Feletto	1,5	3,8	6,5	11,4	16,4	20,3	22,8	22,0	18,5	12,7	6,9	2,8
S.Giusto	1,4	3,7	6,6	11,5	16,4	20,4	22,9	22,0	18,5	12,7	6,9	2,8
Lusigliè	1,5	3,8	6,5	11,3	16,3	20,3	22,8	21,9	18,5	12,7	6,9	2,8
Fogizzo	1,2	3,6	6,9	11,7	16,6	20,6	23,0	22,1	18,6	12,8	6,9	2,6
Bosconero	1,3	3,6	6,9	11,7	16,5	20,5	23,0	22,1	18,6	12,8	6,9	2,7
Montanaro	1,0	3,3	7,3	12,1	16,7	20,8	23,3	22,3	18,7	12,8	6,9	2,5
Chivasso	0,8	3,1	7,8	12,4	16,9	21,1	23,5	22,5	18,8	12,8	6,9	2,3

La differenza fra i valori medi mensili della temperatura dell'aria dei mesi più caldo e più freddo esprime l'escursione media annua. Essa è stata calcolata per tutte le località utilizzando i dati riportati in tab. 2 ed è risultata compresa fra il massimo di 22,7 °C di Chivasso ed il minimo di 19,2 °C di Ceresole. Quasi tutti i valori sono superiori a 20 °C, limite al di sopra del quale, secondo Mori (1957), il clima di una stazione può definirsi di tipo continentale; soltanto per tre località nell'alto bacino dell'Orco (Ceresole, Noasca e Ribordone) si registrano escursioni medie annue leg-

germente inferiori al suddetto limite; esse risultano quindi con clima debolmente continentale come è tipico delle stazioni di montagna. Il Menella (1967), sulla base di soli dati termici (valori medi della temperatura annua e dei mesi luglio, ottobre, gennaio, aprile e dell'escursione annua) ha proposto una classificazione dei climi italiani secondo la quale il bacino dell'Orco può essere ripartito nelle seguenti porzioni:

- clima rigido alpino: sopra i 1.700 m,
- clima rigido subalpino: nella fascia altitudinale 1.000÷1.700 m,
- clima freddo montagna: nella fascia altitudinale 600÷1.000 m,
- clima freddo collina: nella fascia altitudinale 300÷600 m,
- clima freddo pianura: sotto i 300 m.

Anche per le temperature medie mensili è possibile stimare i gradienti termici verticali analogamente a quanto effettuato per le temperature medie annue; sono pertanto risultati i valori della tab. 3. Applicando questi ultimi sono stati ricavati le temperature medie mensili rappresentative dei limiti climatici altitudinali sopra indicati e delle corrispondenti quote intermedie (tab. 4).

Tab. 3 - Gradienti termici verticali medi mensili rappresentativi del bacino dell'Orco, espressi in °C/100 m s.l.m.

gennaio:	- 0,35
febbraio:	- 0,41
marzo:	- 0,48
aprile:	- 0,57
maggio:	- 0,58
giugno:	- 0,57
luglio:	- 0,55
agosto:	- 0,53
settembre:	- 0,47
ottobre:	- 0,43
novembre:	- 0,41
dicembre:	- 0,35

Tab. 4 - Temperature medie mensili (°C), valutate con i gradienti termici indicati in tab. 3, rappresentative di alcune fasce altimetriche (m s.l.m.) del bacino dell'Orco.

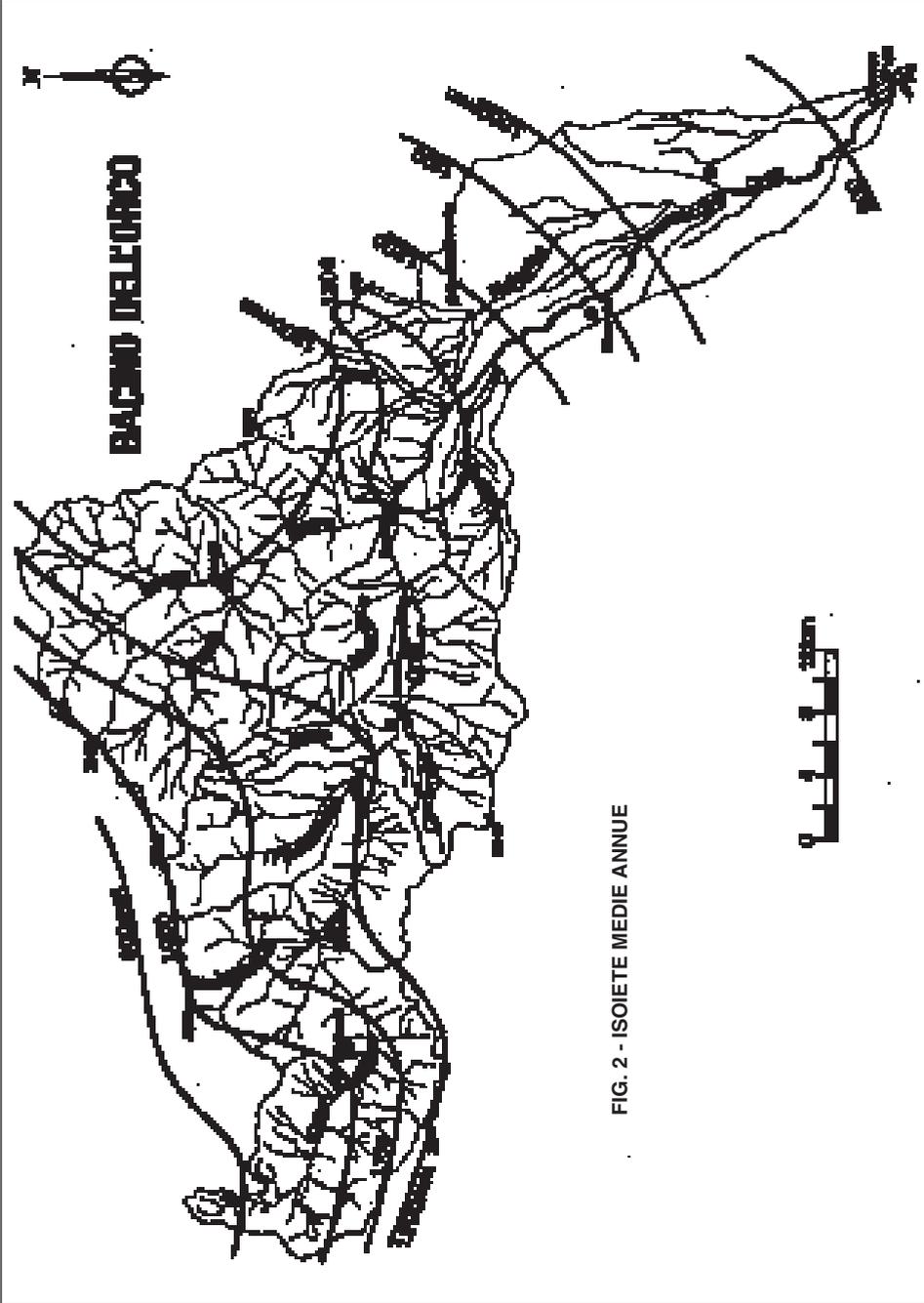
	300	400	600	1.200	1.700	2.200	2.700	2.900	3.100	3.500
gennaio	2	2	1	- 1	- 3	- 4	- 6	- 7	- 8	- 9
febbraio	4	4	3	0	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 8
marzo	7	7	6	3	0	- 2	- 4	- 6	- 6	- 8
aprile	11	10	9	6	3	0	- 3	- 4	- 5	- 7
maggio	16	15	14	11	8	5	2	1	0	- 3
giugno	20	19	18	15	12	9	6	5	4	2
luglio	22	21	20	17	14	12	9	7	6	4
agosto	21	20	19	16	14	11	8	7	6	4
settembre	18	18	17	14	11	9	7	6	5	3
ottobre	13	13	12	9	7	5	3	2	1	- 1
novembre	7	7	6	3	1	- 1	- 3	- 4	- 4	- 6
dicembre	3	3	2	0	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 8

2.2 - Precipitazioni

I valori delle precipitazioni medie annue sono riportati in tab. 1. Essi risultano tutti superiori alla media della penisola Italiana (970 mm: Mennella, 1967) ad esclusione delle località del basso Orco a valle della confluenza con il Malesina (sezioni di riferimento 8 e 21) che presentano comunque precipitazioni medie annue superiori alla media rappresentativa della Pianura Padana (760 mm: Mennella, 1967). Il valore più elevato, di poco superiore a 1.300 mm (Valprato Soana), è comunque inferiore a quello medio calcolato, dal suddetto autore, per la Regione alpina (1.500 mm), mentre quello più basso è stato riscontrato a Chivasso con 826 mm. Il dato più vicino all'insieme di quelli delle località entro il bacino dell'Orco è la media delle precipitazioni annue della Regione piemontese, pari a quasi 1.200 mm.

I dati riportati in tab. 1 sono stati utilizzati per la redazione della "carta delle isoiete medie annue del bacino dell'Orco" (fig. 2) che sono state ricavate sulla base di una equidistanza pari a 50 mm. In linea di massima si può osservare un certo parallelismo delle isoiete indicanti precipitazioni crescenti dal basso Orco verso N/NW, da meno di 850 mm fino a 1.200 mm in corrispondenza dei primi rilievi (sezioni 7, 19 e 20). Il bacino dell'alto Orco è caratterizzato da curve di uguale precipitazione media annua con andamento più o meno disposto lungo i paralleli, ma in modo irregolare per la maggiore abbondanza che caratterizza il versante esposto a Nord e, al contrario, per le minori precipitazioni che caratterizzano la testata del bacino. L'areale contribuente del Soana presenta una situazione particolare; soprattutto i versanti della sinistra orografica sono quelli più direttamente esposti alle correnti sudoccidentali che normalmente precedono le grandi perturbazioni atlantiche; queste ultime sono le principali responsabili delle piogge nelle regioni nordoccidentali della penisola italiana. È evidente una sorta di "isola" delimitata dalle isoiete 1.300 mm e 1.350 mm, ma non è da escludere la possibilità di zone, seppur molto ristrette, caratterizzate da valori vicini a 1.400 mm.

Confrontando la distribuzione delle isoiete della fig. 2 con quella, per esempio, annessa al volume *Precipitazioni medie mensili ed annue per il trentennio 1921 - 1950* (Servizio Idrografico Italiano, 1959) si osserva, in quest'ultima, una diversa interpretazione che assegna alla sinistra orografica del bacino dell'Orco, nelle aree del Noaschetta e del Piantonetto, una isoietta chiusa pari addirittura a 1.500 mm. Diventa difficile spiegare questa diversità di interpretazione dato che valori simili di precipitazioni medie annue non sono riscontrabili per le poche stazioni meteorologiche presen-



ti, mentre il valore estrapolato più elevato dal *Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1980) risulta pari a 1.306 mm per Valprato Soana. Risulta altresì inspiegabile l'attribuzione ad un'area, questa volta su tutto il bacino del Soana, di una precipitazione media annua pari ad oltre 1.400 mm, come appare dalla distribuzione delle isoiete medie annue del Piemonte sull'Atlante allegato al suddetto Progetto. Si ritiene pertanto che nel caso dei due esempi sopra riportati siano state effettuate sovrastime, probabilmente in conseguenza di rappresentazioni su scale decisamente più piccole e quindi meno utili per una buona interpretazione dell'andamento delle piogge annue a livello di singolo bacino. Per quanto riguarda i totali pluviometrici annui massimi e minimi assoluti si è fatto riferimento unicamente alle stazioni del Servizio Idrografico per le quali sono disponibili dati effettivamente rilevati nel periodo 1921÷1970 (tab. 5). In linea di massima il rapporto fra il massimo e il minimo assoluti per ciascuna stazione è intorno al valore 3, inferiore al limite di 4 individuato da Remenieras (1972) come indice al di sopra del quale il clima di una località può definirsi di tipo continentale.

Il Servizio Idrografico Italiano (1928÷1976) ha pubblicato, sulla *Parte Seconda degli Annali Idrologici*, i valori degli afflussi meteorici annui sul bacino dell'Orco sotteso alla stazione idrometrica di Pont Canavese a valle della confluenza dell'Orco con il Soana. Tale sezione potrebbe essere fatta

Tab. 5 - Valori massimi, medi e minimi delle precipitazioni annue (mm) relativi ad alcune località ove hanno funzionato stazioni meteorologiche del Servizio Idrografico. Sono anche indicati (tra parentesi) gli anni in cui si sono verificati i valori estremi.

stazione	massimo	media	minimo
Ceresole	1.742 (1937)	1.001	570 (1921)
Noasca	1.705 (1960)	1.211	671 (1967)
Rosone	1.736 (1960)	1.167	583 (1967)
Sparone	2.114 (1941)	1.264	669 (1967)
Piamprato	1.922 (1937)	1.351	629 (1967)
Forzo	1.989 (1951)	1.250	779 (1959)
Ingria	2.071 (1968)	1.242	584 (1955)
Cuorgnè	2.042 (1951)	1.162	682 (1967)
Castelnuovo	2.126 (1941)	1.303	618 (1958)
Castellamonte	2.141 (1951)	1.231	858 (1955)
Pratiglione	2.317 (1951)	1.220	841 (1945)
Chivasso	1.460 (1941)	826	574 (1962)

coincidere con la somma delle sezioni di riferimento "6 + 16". Gli afflussi meteorici possono essere definiti come precipitazioni areali caratteristiche del bacino. Nella tab. 12 vengono riportate le principali caratteristiche idrologiche del bacino dell'Orco sotteso alla stazione idrometrica di Castellamonte, relativamente al periodo di osservazione 1928÷1943, 1948÷1976 (45 anni). Secondo il Servizio Idrografico risulta un afflusso meteorico medio annuo pari a 1.289 mm. Invece, da misure effettuate mediante planimetrie sulla carta delle isoiete (fig. 2), risulta, per il bacino sotteso alla sezione "6 + 16", una precipitazione areale media annua pari a 1.180 mm, rappresentativa del periodo 1921÷1970. Tale differenza potrebbe essere in parte dovuta alla diversità fra i periodi di osservazione considerati (coincidenti per soli 39 anni su 45 per il primo e su 50 per il secondo). Si sono allora considerate le stazioni per le quali sono disponibili i rilievi per il periodo 1921÷1976 al fine di effettuare un confronto fra i due diversi periodi di osservazione. È risultato che la precipitazione media annua del periodo 1928÷1943, 1948÷1976 è circa il 6% superiore a quella del periodo 1921÷1970. Dato che per il primo periodo sono anche disponibili rilevazioni idrometriche, si è ritenuto opportuno fare riferimento ad esso per le successive elaborazioni. Pertanto la precipitazione media annua rappresentativa della sezione "6 + 16" (1921÷1970) è stata corretta con il fattore 1,06; essa è quindi diventata pari 1.250 mm che, tuttavia, è ancora inferiore al valore 1.289 mm (circa il 3%) indicato dal Servizio Idrografico. Si ritiene più corretto il valore 1.250 mm, in quanto ottenuto da una cartografia dettagliata (in scala 1:50.000) e determinato con isoiete medie annue ottenute anche e soprattutto dai risultati delle elaborazioni del *Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese* (Regione Piemonte, 1980) dei quali il personale del Servizio Idrografico non poteva disporre.

Non essendovi notevoli differenze fra il dato del Servizio Idrografico e quello ottenuto dalla carta delle isoiete medie annue (fig. 2), può risultare interessante l'esame dei singoli annali idrologici ed in particolare i dati riguardanti gli afflussi meteorici per individuare gli anni con maggiori precipitazioni e quelli caratterizzati dai valori medi annui più bassi (tab. 6).

La tab. 7 riporta le precipitazioni medie mensili per le stesse località precedentemente considerate. Esse variano da un massimo di 186 mm di maggio a Castel-

Tab. 6 - Valori estremi degli afflussi sul bacino dell'Orco.

max. (anno)	min. (anno)
1.911 (1971)	741 (1931)
1.803 (1941)	832 (1967)
1.739 (1960)	836 (1952)
1.680 (1951)	856 (1929)
1.579 (1935)	895 (1950)
1.501 (1968)	952 (1955)

Tab. 7 - Precipitazioni medie mensili (mm) nei comuni del bacino dell'Orco e in porzioni dei bacini adiacenti. Valori calcolati per l'anno medio 1921÷1970 sulla base dei dati pubblicati dal Servizio Idrografico (Regione Piemonte, 1980).

stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ALTO ORCO												
Ceresole	39	38	53	102	133	99	61	92	110	120	101	53
Noasca	44	53	83	150	153	108	71	95	118	142	128	66
Ribordone	36	44	76	144	172	124	77	100	125	142	129	56
Alpette	34	43	71	139	176	130	86	106	126	143	126	53
Locana	37	44	77	144	170	120	74	96	126	141	130	57
Sparone	33	44	73	143	183	129	84	105	131	155	133	52
Pont Canavese	34	42	71	139	173	133	87	109	121	134	121	53
SOANA												
Valprato Soana	39	52	84	151	175	133	92	113	132	140	130	65
Frassinetto	35	42	72	140	174	137	89	113	118	129	118	54
Ronco canavese	38	48	80	149	175	133	89	112	127	137	127	61
Ingria	34	41	73	147	179	138	88	115	118	134	119	54
VALLE D'AOSTA												
Valsavaranche	37	37	37	61	63	67	47	59	64	71	72	46
Lillaz	30	32	31	72	85	72	41	60	79	91	72	35
Rhemes N. Dame	58	57	53	71	75	72	58	73	73	79	91	64
Champorcher	43	48	89	134	145	90	87	114	128	143	122	65
STURA DI VALGRANDE												
Groscavallo	60	83	116	229	275	216	151	194	274	245	221	98
Chialamberto	41	43	77	151	176	126	78	101	124	129	120	60
Cantoira	38	43	83	155	186	130	83	103	132	140	127	60
MEDIO ORCO												
Castelnuovo N.	41	51	82	132	186	153	97	120	125	131	129	56
Chiesanuova	37	45	74	134	173	140	92	113	120	125	120	54
Canischio	36	45	80	144	140	104	95	113	127	143	127	58
Cintano	40	49	80	132	181	149	96	117	123	129	126	56
Colleretto	39	47	76	132	176	144	94	115	121	126	122	55
Borgiallo	38	46	76	132	175	143	93	114	121	126	122	54
Vialfrè	39	39	66	116	137	125	89	92	99	101	104	53
S.Colombano	36	44	77	141	139	113	94	112	124	136	122	57
MEDIO ORCO												
Cuornè	35	41	68	131	161	131	88	107	116	119	112	53
Cuceglio	40	40	67	116	137	125	88	90	99	98	103	54
Valperga	44	48	80	142	173	143	96	106	120	126	122	62
Montalenghe	39	38	64	111	129	119	85	86	93	94	100	53

segue tab. 7

stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bairo	42	44	72	128	155	134	93	98	110	112	112	57
Castellamonte	44	48	76	137	169	140	97	105	118	121	117	59
Agliè	41	44	71	125	151	127	89	95	105	108	109	57
Rivarolo	40	44	71	126	154	128	86	96	106	108	108	55
Ozegna	41	44	72	127	155	126	87	96	106	110	110	57
S.Giorgio	40	42	68	118	142	119	85	90	98	102	105	55
Ciconio	40	43	70	122	149	121	84	92	101	105	107	56
CHIUSELLA												
Traversella	35	42	68	123	144	123	89	104	107	114	111	56
Rueglio	37	44	72	124	158	135	92	109	111	118	116	55
Trausella	35	42	69	123	148	127	91	105	108	115	112	56
Vidracco	40	44	72	127	159	136	94	105	111	116	114	56
Issiglio	38	45	75	124	167	141	94	112	114	120	120	54
Torre Canavese	42	44	72	127	153	133	93	98	109	111	111	56
Baldissero	42	45	73	130	159	136	94	101	112	115	113	57
DORA BALTEA												
Barone Can.se	38	34	60	102	114	115	82	80	86	85	93	50
Caluso	38	34	60	101	114	110	79	78	83	83	93	51
Rondissone	35	32	55	90	101	93	69	68	71	73	89	50
Torrazza P.te	34	34	55	90	102	85	64	66	68	73	90	52
MALONE												
Pratiglione	38	44	90	140	141	101	93	114	120	141	125	65
Forno Canavese	59	65	80	135	153	110	67	86	123	147	122	73
Rivara	44	47	81	144	174	143	93	106	119	127	124	63
Pertusio	44	47	81	144	174	143	95	106	120	128	124	63
S. Ponso	41	46	76	135	166	138	91	102	115	118	115	58
Oglianico	39	44	73	129	160	134	88	100	111	111	110	55
Busano	41	45	77	135	165	138	89	102	114	118	116	58
Favria	39	44	72	128	158	134	86	99	110	110	109	54
Front	36	41	71	124	154	132	80	97	106	105	105	52
Lombardore	34	39	65	111	137	112	71	85	91	92	97	50
Rivarossa	35	39	66	114	142	118	74	88	95	95	99	50
Volpiano	33	37	62	104	126	101	65	78	82	84	92	50
S.Benigno	34	38	63	107	129	102	68	80	84	87	95	51
Brandizzo	33	36	58	97	114	85	61	70	70	77	89	51
BASSO ORCO												
Felletto	38	42	69	120	147	120	81	91	100	103	105	54
S.Giusto	39	41	66	115	137	113	81	86	93	98	103	55
Lusigliè	40	43	69	121	146	118	82	90	99	103	106	56
Fogizzo	38	40	65	111	132	103	75	81	87	93	100	55
Bosconero	37	40	66	114	139	112	75	86	92	96	100	53
Montanaro	37	38	61	104	122	91	68	75	77	85	95	54
Chivasso	35	36	57	95	111	79	61	67	67	76	89	53

nuovo Nigra, ad un minimo di 33 mm di gennaio a Sparone. Si ha un massimo principale nel mese di maggio, uno secondario a ottobre (alto e medio Orco e Soana) e a novembre (basso Orco), un minimo principale a gennaio ed un minimo secondario a luglio. La tab. 8 riporta le percentuali dei valori medi mensili rispetto ai totali annui suddivise per porzioni di bacino. Il minimo principale è evidente rispetto a quello secondario, mentre il massimo principale spicca rispetto a quello autunnale (basso e medio Orco e Soana). Secondo la classificazione di Mennella (1967) si tratta di *regimi pluviometrici di tipo sublitoraneo occidentale*. Nell'alto Orco il massimo primaverile è meno pronunciato rispetto a quello secondario; in tale situazione il regime si può definire di tipo *sublitoraneo alpino*; nel nostro caso il regime pluviometrico dell'alto Orco può essere definito di transizione tra sublitoraneo occidentale e alpino.

2.3 - Manto nevoso

Le conoscenze sul fenomeno nevoso sono utili non solo per i problemi connessi alla viabilità, al turismo e per l'interpretazione delle caratteristiche idrologiche di una determinata regione, ma anche per l'influenza che la neve esercita sull'ambiente in generale e quindi anche sulla vegetazione e sulla fauna. Purtroppo nel territorio in esame è presente una sola stazione con misurazioni in un intervallo di tempo significativo, quella di Ceresole Reale (periodo di osservazione 1934÷1970: 37 anni) per cui si possono avere indicazioni piuttosto sommarie sulla neve, anche se le misure sono state effettuate alla quota di 1.579 m s.l.m., vicina al limite climatico dello zero termico del trimestre invernale.

Le rilevazioni effettuate dal Servizio Idrografico riguardano le frequenze mensili dei giorni con precipitazione solida e con permanenza di neve al suolo, nonché l'altezza massima e media del manto nevoso. Questi elementi sono rappresentati graficamente nelle figg. 3÷5 accanto al numero di anni in cui i fenomeni si sono verificati. Risulta evidente da queste rappresentazioni come la neve caratterizzi fundamentalmente le precipitazioni del periodo che va da novembre a marzo, mentre già nell'aprile questa modalità di trasferimento di acqua dall'atmosfera al suolo diventa meno frequente e decisamente più saltuaria nei medi ottobre e maggio.

La permanenza della neve al suolo interessa mediamente tutti i giorni dei mesi da dicembre a marzo, è molto frequente in novembre e in aprile, molto meno infine in ottobre e in maggio. Tuttavia sono relativamente frequenti gli inverni con neve assente o molto scarsa nei mesi dicembre e gennaio.

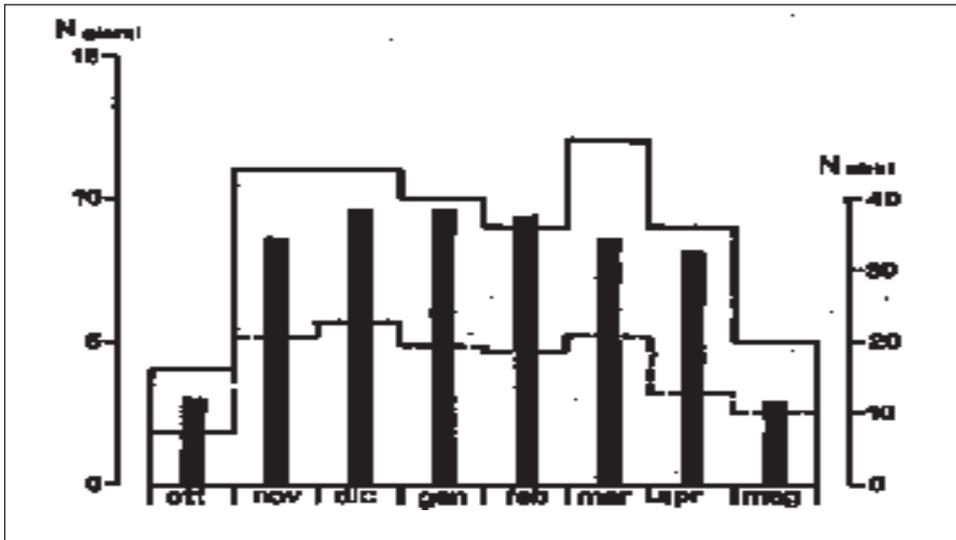


Fig. 3 - Ceresole Reale (1.579 m s.l.m.). Numero di giorni con precipitazione nevosa medio (linea spezzata) e massimo (linea continua). Numero di anni in cui si è verificato il fenomeno (istogrammi neri).

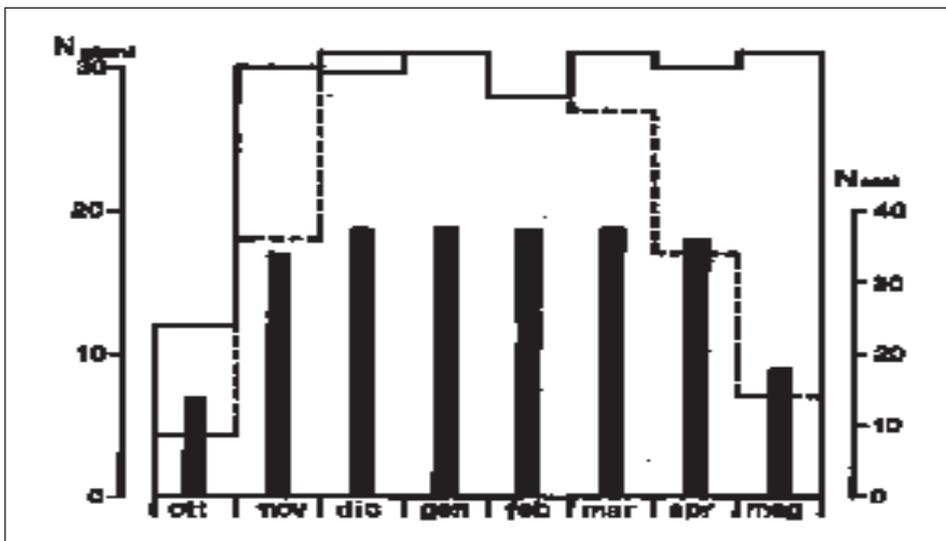


Fig. 4 - Ceresole Reale (1.579 m s.l.m.). Numero di giorni con permanenza di neve al suolo medio (linea spezzata) e massimo (linea continua). Numero di anni in cui si è verificato il fenomeno (istogrammi neri).

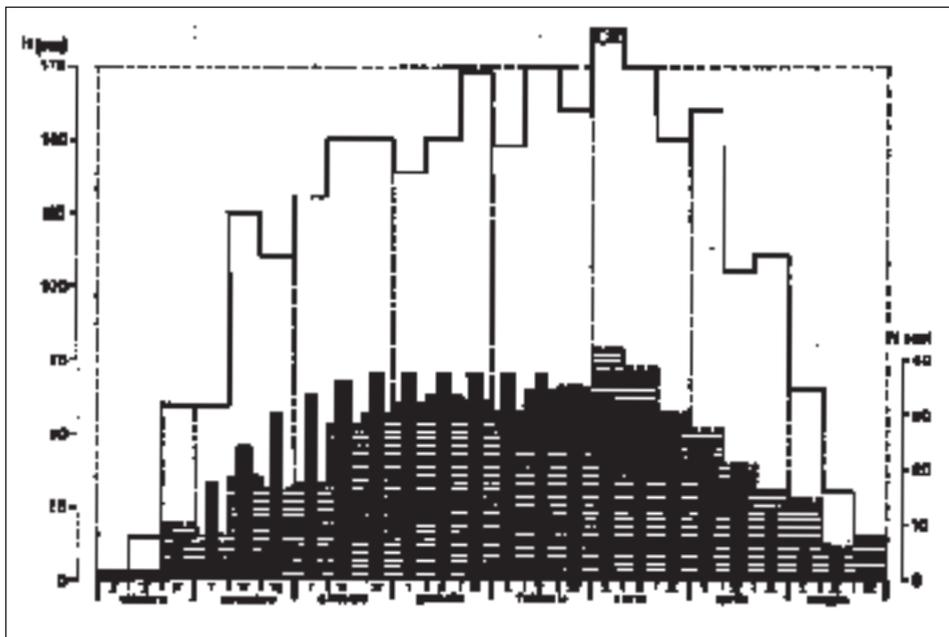


Fig. 5 - Ceresole Reale (1.579 m s.l.m). Altezze del manto nevoso media (linea spezzata) e massima (linea continua). Numero di anni in cui si è verificato il fenomeno (istogrammi neri).

La distribuzione dell'altezza del manto nevoso pone in evidenza come essa sia più elevata dalla seconda decade di dicembre fino alla prima decade di aprile (50÷70 cm in media). A novembre e nella restante parte di aprile l'entità della copertura nevosa risulta più modesta (10÷20 cm), mentre è decisamente più bassa nei mesi ottobre e maggio (circa 5 cm). La dissimmetria dei diagrammi rispetto al mese più freddo (gennaio) è da attribuirsi al fenomeno progressivo di accumulo della neve sul terreno. Risulta inoltre evidente che sull'altezza del manto nevoso agiscono, oltre che le basse temperature (impedendo o limitando la fusione), anche il regime delle precipitazioni.

Per il ventennio 1951÷1970 sono disponibili, per la stazione di Ceresole Reale, le rilevazioni termiche, pluviometriche e nivometriche; è possibile allora accennare ad alcuni eventi meteorologici che hanno caratterizzato, nella stagione invernale, l'alto bacino dell'Orco:

- l'inverno 1953-'54, quando si raggiunsero -19 °C in febbraio ed il freddo si prolungò con -11 °C ancora nel mese di aprile, mentre l'altezza del manto nevoso arrivava a 60÷80 cm;

- l'inverno 1955-'56, con la punta di -21 °C nel febbraio e con -12 °C ancora nell'aprile, mentre la neve non superava i 30 cm, arrivando quasi al metro solo alla fine di marzo;
- l'inverno 1959-'60 deve essere ricordato per le abbondanti nevicate, infatti dal mese di dicembre fino agli inizi di quello di aprile la neve rimase costantemente al di sopra di 100-120 cm con punte di 150 cm; mentre per quel che riguarda la temperatura, soltanto il mese di gennaio si rivelò particolarmente rigido con una punta di -19 °C;
- eccezionale fu anche l'inverno 1962-'63 quando in gennaio ed in febbraio si ebbero punte di freddo con -21 °C, ma contemporaneamente l'altezza del manto nevoso si mantenne poco al di sopra dei valori medi del periodo di osservazione.

Andando più a ritroso nel tempo, mancando le osservazioni riguardanti la temperatura dell'aria e disponendo solo di quelli relativi alle precipitazioni ed al manto nevoso, non è possibile compiere un'analisi come quella precedente. Vale però la pena di ricordare l'inverno 1935-'36 quando, dopo abbondanti precipitazioni, la neve arrivò a superare i 3 m di altezza agli inizi del mese di marzo.

2.4 - Bilancio idrico

Il calcolo degli indici "De" di De Martonne (1926), effettuato per ciascun mese (con i valori medi mensili delle temperature "T" e delle precipitazioni "P") e per tutte le località considerate, con la seguente relazione:

$$De = \frac{12 \cdot P}{T + 10}$$

non è mai risultato inferiore a 15, limite, secondo il suddetto autore, al di sotto del quale si possono determinare situazioni di aridità. Ciò è confermato dal fatto che il rapporto P/T non è mai inferiore a 2, valore al di sotto del quale, secondo Gaussen (*in* Pinna, 1977), si verificano problemi di deficit idrico per la vegetazione.

Una migliore sintesi del bilancio idrico può essere fornita con l'applicazione del metodo Thornthwaite (1946, 1954, 1957) esteso ai bacini sottesi alle diverse sezioni di riferimento (1 ÷ 21; fig. 1). Per ciascuno di questi ultimi (e per la sezione "6+16", praticamente con bacino coincidente con quello sotteso alla stazione idrometrica del Servizio Idrografico presso Pont Canavese) si sono determinati, mediante la carta delle isoiete medie annue (fig. 2), i totali medi annui delle precipitazioni areali che, da qui in avanti, saranno indicati con una terminologia più propria: "afflussi meteo-

rici” (tab. 9). Sulla base di quanto illustrato al precedente paragrafo 2.2, tutti i dati (A) sono stati corretti e riferiti al periodo 1928÷1943, 1948÷1976 (1,06A). I totali medi annui così ottenuti sono stati ripartiti, bacino per bacino, secondo le percentuali indicate dalla tab. 8; in tal modo si sono ottenuti gli afflussi meteorici medi mensili relativi ai bacini sottesi alle sezioni di riferimento (tab. 10).

Ben più complessi sono risultati i calcoli per la determinazione dell'evapotraspirazione potenziale. Quest'ultima, assumendo costanti le diverse variabili previste da Thornthwaite (latitudine geografica, insolazione, ecc...), varia notevolmente in funzione della temperatura; ma quest'ultima dipende strettamente dall'altitudine. Si è pensato quindi di determinare l'evapotraspirazione potenziale caratteristica delle fasce altimetriche (tab. 11) per le quali si sono calcolate le estensioni percentuali rispetto agli areali totali dei bacini sottesi alle sezioni di riferimento. Più in dettaglio si tratta della fascia di altitudine superiore a 3.100 m s.l.m., delle fasce comprese fra 3.100 e 2.700 m s.l.m. (media 2.900 m), fra 2.700 e 1.700 m s.l.m. (media 2.200 m), fra 1.700 e 600 m s.l.m. (media 1.200 m) e della fascia al di sotto di 600 m s.l.m. (media 400 m) utilizzando le temperature medie mensili stimate per le quote medie delle singole fasce (paragrafo 2.1).

Nella tab. 11 sono riportati anche i valori di evapotraspirazione potenziale per la sezione “6+16” e, a titolo di confronto, per Chivasso, la località più a valle del bacino dell'Orco.

Secondo la definizione data da Thornthwaite, l'evapotraspirazione potenziale è la quantità d'acqua che evapotraspirerebbe con le riserve del suolo al colmo e cioè nelle migliori condizioni idriche per lo sviluppo dei vegetali. In realtà quando le precipitazioni, nei mesi più caldi, scendono a valori inferiori all'evapotraspirazione potenziale, la traspirazione dei vege-

Tab. 8 - Distribuzione % delle precipitazioni mensili nell'arco dell'anno secondo il regime di transizione fra il sublitoraneo alpino e il sublitoraneo occidentale per l'alto Orco (AO) ed il regime sublitoraneo occidentale per il Soana (SO), per il medio Orco (MO) e per il basso Orco (BO).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
AO	3,1	3,7	6,0	11,4	13,8	10,1	6,4	8,4	10,3	11,7	10,4	4,7
SO	2,8	3,6	6,1	11,7	14,0	10,7	7,1	9,0	9,8	10,8	9,8	4,6
MO	3,2	3,7	6,2	10,8	13,9	11,5	7,6	9,0	9,7	10,1	9,7	4,6
BO	3,9	4,1	6,6	11,3	13,5	10,6	7,6	8,4	8,9	9,5	10,1	5,5

tali e l'evaporazione diretta dal terreno avvengono in parte a spese della riserva idrica del suolo; anzi succede che la quantità d'acqua che realmente evapotraspira è inferiore a quella potenziale. Pertanto si è proceduto al calcolo dell'evapotraspirazione reale ottenendo così nuovi valori che sono stati riportati in tab. 11. Questi ultimi risultano identici all'evapotraspirazione potenziale o leggermente inferiori per soli due mesi nella fascia altimetrica più bassa; una pronunciata differenza è osservabile soltanto per Chivasso, che rappresenta l'estrema porzione di valle del bacino dell'Orco. In sintesi in quasi tutto l'areale studiato, come anticipato dal calcolo degli indici di

Tab. 9 - Superfici (S) dei bacini imbriferi sottesi alle diverse sezioni di riferimento (1÷21). Valori medi annui degli afflussi meteorici relativi ai periodi 1921÷1970 (A) e 1928÷1943, 1948÷1976 (1,06A) e parametri idrologici calcolati rispetto a 1,06A (AE = evapotraspirazione reale secondo Thornthwaite; D = 1,06A - AE = deflussi; D/1,06A = coefficiente di deflusso secondo Thornthwaite; 1,22D/1,06A = coefficiente di deflusso corretto).

sezioni	S (km ²)	A (mm)	1,06A (mm)	AE (mm)	D (mm)	D/1,06A	1,22D/1,06A
1	65	995	1.050	338	712	0,68	0,83
2	131	1.052	1.115	340	775	0,69	0,84
3	202	1.092	1.157	344	813	0,70	0,85
4	286	1.110	1.176	360	816	0,69	0,84
5	356	1.146	1.214	388	826	0,68	0,83
6	410	1.160	1.230	438	792	0,64	0,78
7	695	1.184	1.255	386	869	0,69	0,84
8	765	1.170	1.238	432	806	0,65	0,79
9	915	1.115	1.180	476	704	0,60	0,73
10	25	1.113	1.179	335	844	0,72	0,88
11	56	1.128	1.195	317	878	0,73	0,88
12	16	1.163	1.232	377	855	0,69	0,84
13	21	1.250	1.325	515	810	0,61	0,74
14	39	1.234	1.300	489	821	0,63	0,77
15	88	1.206	1.280	400	880	0,69	0,84
16	223	1.209	1.285	418	867	0,67	0,81
17	72	1.135	1.205	337	868	0,72	0,88
18	30	1.317	1.396	525	871	0,62	0,75
19	27	1.251	1.325	552	773	0,58	0,71
20	24	1.242	1.315	675	640	0,48	0,60
21	93	1.115	1.175	815	360	0,30	0,36
6+16	633	-	1.250	387	863	0,69	0,84

De Martonne e dei rapporti P/T, mediamente non si presentano situazioni di deficit idrico; si può anzi affermare che sopra i 600 m s.l.m. le irrigazioni sono inutili, o meglio non sono tali da incrementare in modo significativo, rispetto all'uso della risorsa acqua, le produzioni agricole.

L'evapotraspirazione reale media annua del bacino sotteso alla sezione "6+16" calcolata con il metodo Thornthwaite, risulta pari a 387 mm, rappresentativa del periodo 1928÷1943, 1948÷1976. Il Servizio Idrografico Italiano, per lo stesso periodo, indica il deflusso medio annuo "D" (tab. 12); il volume medio annuo d'acqua che defluisce attraverso la sezione della stazione idrometrica di Pont Canavese, espressa come altezza di lama d'acqua uniformemente distribuita sulla superficie del bacino sotteso) pari 1.049 mm. L'afflusso meteorico medio annuo (1,06A), riferito allo stesso

Tab. 10 - Valori medi mensili degli afflussi meteorici (mm) relativi al periodo 1928÷1943, 1948÷1976 dei bacini imbriferi sottesi alle diverse sezioni (S) di riferimento considerate (1÷21).

S	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
1	33	39	63	120	145	106	67	88	108	123	109	49
2	35	41	67	127	154	113	71	94	115	130	116	52
3	36	43	70	132	160	117	74	97	119	135	120	54
4	36	44	71	134	162	119	75	99	121	138	122	55
5	38	45	73	138	167	123	78	102	125	142	126	57
6	38	45	74	140	170	124	79	103	127	144	128	58
7	39	46	75	143	173	127	80	106	129	147	131	59
8	39	46	75	140	175	136	87	108	122	130	122	58
9	37	44	72	134	168	130	82	103	115	124	116	55
10	37	44	71	134	163	119	75	99	121	138	123	55
11	37	44	72	136	165	121	77	100	123	140	124	56
12	38	46	74	140	170	124	79	104	127	144	128	58
13	41	49	80	151	183	134	85	111	136	155	138	62
14	41	48	78	148	180	131	83	109	134	152	135	61
15	36	46	78	149	179	137	91	115	126	138	126	59
16	36	46	78	150	180	138	91	116	126	139	126	59
17	34	43	74	141	169	129	86	108	118	130	118	55
18	45	52	86	151	195	160	106	126	135	141	135	64
19	42	49	82	143	184	152	101	119	129	134	129	61
20	42	49	82	142	183	151	100	118	127	133	127	61
21	46	48	77	133	158	124	89	99	105	112	119	65
6+16	37	45	75	145	174	129	83	107	126	143	128	58

periodo di osservazione (tab. 9) risulta essere pari a 1.250 mm. Vengono definite perdite apparenti la differenza tra gli afflussi e i deflussi: $1.250 - 1.049 = 201$ mm. Le perdite apparenti comprendono l'acqua che viene persa per evapotraspirazione e per via sotterranea. Se il bacino è di tipo impermeabile (quindi le perdite sotterranee sono trascurabili e tali sono anche gli eventuali apporti dai bacini adiacenti) e se le superfici glaciali sono poco estese (quindi sono trascurabili i contributi dovuti all'arretramento dei ghiacciai che restituiscono acqua precipitata decenni o secoli prima), le perdite apparenti dovrebbero coincidere con l'evapotraspirazione reale.

Il bacino dell'Orco è di tipo impermeabile e le superfici glaciali sono molto poco estese (è permeabile solo per il 7%, mentre i ghiacciai rappre-

Tab. 11 - Valori medi, mensili ed annui (mm) degli afflussi meteorici (A), dell'evapotraspirazione potenziale (PE) e dell'evapotraspirazione reale (AE) relativi alla sezione "6 + 16", alla stazione di Chivasso e corrispondenti a diverse altitudini.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
A (6+16)	37	45	75	145	174	129	83	107	126	143	128	58	1.250
PE (>3.100)	0	0	0	0	0	13	25	24	7	0	0	0	69
PE (2.900)	0	0	0	0	3	40	45	30	10	5	0	0	133
PE (2.200)	0	0	0	0	35	66	92	83	53	28	0	0	357
PE (1.200)	0	0	15	37	72	101	113	101	75	43	12	0	569
PE (400)	5	10	28	44	88	116	133	115	87	54	22	5	707
A (Chivasso)	35	36	57	95	111	79	61	67	67	76	89	53	826
PE (Chivasso)	1	6	28	54	95	128	148	130	90	48	17	5	750
AE (>3.100)	0	0	0	0	0	13	25	24	7	0	0	0	69
AE (2.900)	0	0	0	0	3	40	45	30	10	5	0	0	133
AE (2.200)	0	0	0	0	35	66	92	83	53	28	0	0	357
AE (1.200)	0	0	15	37	72	101	113	101	75	43	12	0	569
AE (400)	5	10	28	44	88	116	128	112	87	54	22	5	699
AE (Chivasso)	1	6	28	54	95	124	116	95	74	48	17	5	633
AE (6+16)	0	0	5	12	43	73	91	79	55	30	4	0	387

sentano neppure il 2% rispetto alla superficie di bacino sotteso alla stazione idrometrica di Pont Canavese), eppure il dato delle perdite apparenti risulta poco più della metà di quello dell'evapotraspirazione reale calcolata secondo Thornthwaite. Tale diversità è facilmente interpretabile; si può assumere il primo come valore reale (o quello che più si avvicina al vero perché ottenuto da misure dirette o da interpolazioni di misure dirette); il secondo è invece ottenuto da un insieme complesso di interpolazioni e stime; è già notevole il fatto che è stato possibile ottenere un risultato nello stesso ordine di grandezza (poche centinaia di millimetri).

In sintesi il valore fornito utilizzando il metodo Thornthwaite è risultato sovrastimato, ma non inutile. Infatti se non è possibile utilizzare direttamente il calcolo dell'evapotraspirazione reale per la determinazione delle perdite apparenti, è tuttavia assai utile per capire come varia la quantità d'acqua che torna all'atmosfera in base ai parametri altitudinali (e quindi in funzione dei regimi termici) dei singoli bacini (oltre che delle precipitazioni particolari areale per areale). Il coefficiente di deflusso medio annuo (rapporto fra deflussi e afflussi D/A) che si assume come reale, dato dai valori di deflusso indicato dal Servizio Idrografico (1.049 mm) e di afflusso, calcolato sulla base della carta delle isoiete (1.250 mm), è pari a 0,84; ciò significa che, semplificando molto, circa il 16% delle precipitazioni torna all'atmosfera per evapotraspirazione, mentre l'84% defluisce attraverso la sezione dell'Orco di Pont Canavese ove è sistemata la stazione idrometrica (sezione "6+16"). Tra l'altro il bacino dell'Orco può essere classificato nel tipo alpino, nel quale rientrano, secondo la classificazione di Pallucchini (1934), tutti quelli con coefficiente di deflusso medio annuo superiore a 0,7.

Il coefficiente di deflusso, calcolato sulla base del valore di evapotraspirazione (AE) secondo Thornthwaite, risulta dal rapporto $(1,06A - AE):1,06A = (1.250 - 387):1.250 = 0,69$. Il rapporto fra il coefficiente di deflusso che si è assunto come "vero" e quest'ultimo vale $0,84:0,69 = 1,22$, valore che può essere assunto come "correttivo", per il bacino dell'Orco, nei confronti del calcolo del coefficiente di deflusso medio annuo attraverso la determinazione dell'evapotraspirazione reale secondo Thornthwaite. Nella tab. 9, per ciascuna sezione di riferimento, sono stati riportati anche i valori medi annui dell'evapotraspirazione reale, dei deflussi (ottenuti per differenza tra afflussi ed evapotraspirazione reale), dei coefficienti di deflusso ottenuti dal semplice rapporto $(1,06A - AE):1,06A$ e corretti secondo il fattore 1,22.

Come ultima elaborazione si è tentato di verificare l'esistenza di una correlazione lineare fra i valori corretti del coefficiente di deflusso medio annuo (colonna 1,22D/A della tab. 9) e le altitudini mediane (tab. 17) dei

bacini sottesi alle sezioni di riferimento. Con $n = 21$ coppie di dati, si è ottenuto un coefficiente di correlazione $r = 0,88$ che autorizza, con buona approssimazione, l'uso della seguente formulazione:

$$D/A = 0,0001734 \cdot H + 0,461 \quad (1)$$

dove "D/A" ed "H" sono rispettivamente il coefficiente di deflusso medio annuo e l'altitudine mediana di un qualunque sottobacino compreso nel bacino dell'Orco. Quindi conoscendo la precipitazione media annua (o afflusso meteorico) di un qualunque areale sotteso ad una determinata sezione in un punto qualunque di un'asta fluviale del reticolo idrografico dell'Orco (con la carta delle isoiete medie annue della fig. 2) e l'altitudine mediana del bacino sotteso, è possibile il calcolo dei valori medi annui dei principali termini del bilancio idrologico: afflusso, perdite apparenti e deflusso.

3 - IDROLOGIA

Nel bacino dell'Orco ha funzionato una sola stazione idrometrica per un periodo di osservazione sufficientemente lungo (Servizio Idrografico Italiano, 1928÷1976, 1980). Si tratta della stazione idrometrica di Pont Canavese che ha effettuato rilevazioni giornaliere delle portate dal 1928 al 1943 e dal 1948 al 1976, per un totale di 45 anni. Il bacino sotteso è pari a 617 km², mentre lo zero idrometrico si trova a 430 m s.l.m. a 36 km di distanza dalla foce del Po, immediatamente a valle della confluenza con il Soana.

Le misure effettuate presso la stazione di Pont Canavese sono quindi rappresentative dell'intera porzione montana del bacino. In una prima fase si è ritenuto opportuno studiare le caratteristiche idrologiche dell'Orco per la sezione in corrispondenza della stazione idrometrica. Successivamente si è proceduto, con i più consueti sistemi di interpolazione noti dalla letteratura idrologica e con le informazioni desunte dallo studio del clima del bacino, a definire le caratteristiche idrologiche relative alle sezioni di riferimento individuate sul reticolo idrografico (sezioni 1÷21 della fig. 1).

Particolarmente utile è risultato lo studio effettuato dall'Ydrodata (Torino), in collaborazione con ENEL/CRIS (Mestre), per conto dell'Assessorato Tutela Ambiente della Regione Piemonte (1989), nell'ambito della *Indagine conoscitiva e progetto generale di fattibilità per un sistema di monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico superficiale piemontese*, con il

quale è stata elaborata, sulla base della caratterizzazione delle stazioni idrometriche che hanno operato in Piemonte, una serie di modelli matematici per il calcolo dei parametri idrologici fondamentali applicabili per qualsiasi corso d'acqua purché di esso si conoscano pochi elementi morfometrici e pluviometrici. Tali modelli, che verranno da qui in avanti denominati con l'espressione "metodo Ydrodata", sono stati applicati anche per il presente studio.

3.1 - L'Orco a Pont Canavese

La tab. 12 riporta le principali caratteristiche idrologiche dell'Orco presso la stazione idrometrica di Pont Canavese. La portata media annua del periodo di osservazione è pari a $20,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ (corrispondente a $33,2 \text{ l}/\text{sec}/\text{km}^2$); lo scarto quadratico medio "s" degli "N" dati annuali rispetto alla media "Q" del periodo è di appena il 5%; inoltre:

- il 75 % dei casi è compreso fra $Q - s$ e $Q + s$,
- il 96 % dei casi è compreso fra $Q - 2s$ e $Q + 2s$,
- il 100 % dei casi è compreso fra $Q - 3s$ e $Q + 3s$,

per cui la distribuzione della popolazione dei dati può essere definita "normale".

La tab. 12 riporta anche i valori medi mensili delle portate (queste ultime espresse sia come contributi in $\text{l}/\text{sec}/\text{km}^2$, sia come deflussi in mm) e degli afflussi meteorici; rispetto a questi ultimi tuttavia è preferibile fare riferimento alle precipitazioni areali riportate nelle tabb. 8 e 10 per la sezione "6 + 16". Analogamente i valori mensili dei coefficienti di deflusso andrebbero tutti ricalcolati, come quello medio annuo che dovrebbe essere pari a 0,84 anziché 0,81 (vedere precedente paragrafo 2.4).

Per facilitare le osservazioni riguardanti il regime idrometrico occorre fare riferimento alla fig. 6, che illustra l'andamento dei valori medi mensili degli afflussi (A) e dei deflussi (D), entrambi espressi in "mm" per rendere evidente il rapporto fra i due. In linea di massima afflussi e deflussi hanno un andamento parallelo con i primi superiori ai secondi. Nel periodo compreso fra la primavera inoltrata e l'inizio dell'estate, la situazione si inverte poiché, in questo lasso di tempo, le portate del corso d'acqua sono alimentate anche dalla fusione di neve accumulata nel bacino durante la stagione fredda (paragrafo 2.3). Secondo la classificazione proposta da Tonini (1966) si tratta quindi di un regime di tipo nivopluviale che, nell'ambito della *Banca Dati Naturalistica della Regione Piemonte* (De Biaggi *et al.*, 1987) può essere codificato con la sigla "103101" (acque correnti naturali a regime fluvioglaciali di tipo prealpino).

Tab. 12 - Caratterizzazione della stazione idrometrica di Pont Canavese sull'Orco secondo il Servizio Idrografico Italiano ed ulteriori elaborazioni (Qmax: massimi assoluti giornalieri annuali e loro distribuzione annuale %. Qmed: portate medie mensili. Qmin: minimi assoluti giornalieri annuali e loro distribuzione %. A: afflussi meteorici medi mensili. D: deflussi medi mensili. A-D: perdite apparenti. D/A: coefficienti di deflusso medi mensili). Periodo di osservazione 1928÷1943, 1948÷1976 (45 anni).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Qmax (m ³ /sec)	17	37	117	247	275	320	271	329	497	350	530	62
Qmax (l/sec/km ²)	28	60	190	400	446	519	439	533	806	567	859	101
Qmax (%)	0	0	5	2	16	21	4	5	18	21	8	0
Qmed (m ³ /sec)	7,9	7,7	9,8	20,7	38,7	45,3	27,8	18,6	20,4	22,3	16,9	9,4
Qmed (l/sec/km ²)	12,8	12,5	15,9	33,5	62,7	73,4	45,1	30,1	33,1	36,1	27,4	15,2
Qmin (m ³ /sec)	2,2	1,8	1,2	3,0	6,4	8,5	6,5	4,1	3,9	3,5	3,0	2,0
Qmin (l/sec/km ²)	3,5	2,9	1,9	4,9	10,3	13,8	10,5	6,6	6,4	5,7	4,9	3,2
Qmin (%)	23	28	15	4	0	0	0	3	3	4	5	15
A (mm)	47	64	80	150	165	141	82	106	127	134	129	64
D (mm)	34	31	42	87	168	190	121	81	86	97	71	41
A-D (mm)	13	33	38	63	-3	-49	-39	25	41	37	58	23
D/A	0,72	0,48	0,53	0,58	1,02	1,35	1,48	0,76	0,68	0,72	0,55	0,64
Superficie bacino imbrifero:				617		km ²						
Altitudine massima:				3.865		m s.l.m.						
Altitudine mediana:				1.930		m s.l.m.						
Altitudine zero idrometrico:				430		m s.l.m.						
Portata media annua:				20,5		m ³ /sec (33,2 l/sec/km ²)						
Scarto quadratico medio (s):				5,1		m ³ /sec						
Numero casi N% (Q- s)<N<(Q+ s):				75		%						
Numero casi N% (Q-2s)<N<(Q+2s):				96		%						
Numero casi N% (Q-3s)<N<(Q+3s):				100		%						
Numero casi N<Q:				48		%						
Numero casi N>Q:				52		%						
Massimo medio annuo:				12,7		m ³ /sec (1950)						
Portata max assoluta istantanea:				1.410		m ³ /sec (2.285 l/sec/km ² ; 26 settembre 1929)						
Portata min giornaliera assoluta:				1,15		m ³ /sec (1,86 l/sec/km ² ; 6 marzo 1949)						
Afflussi meteorici medi annui (A):				1.289		mm						
Deflussi medi annui (D):				1.049		mm						
Perdite apparenti (A-D):				240		mm						
Coeff. deflusso medio annuo (D/A):				0,81								

Le più cospicue differenze fra afflussi e deflussi (deficit di deflusso) si manifestano durante la tarda estate e l'inizio dell'autunno, con il massimo che si verifica a ottobre. Pur non avendo effettuato ricerche idrogeologiche specifiche, si può supporre che in questo periodo dell'anno, il deflusso avvenga anche a spese del patrimonio idrico sotterraneo del bacino (comunque probabilmente poco rilevante trattandosi di materiali prevalentemente impermeabili) e che, all'inizio della stagione autunnale delle piogge, parte di queste ultime vadano a rimpinguare le acque del sottosuolo. All'inizio dell'inverno invece il deficit di deflusso tende velocemente a diminuire.

La distribuzione percentuale dei massimi assoluti giornalieri annuali (tab. 12) è caratterizzata dai valori più elevati in giugno ed in ottobre (21%), in corrispondenza dei massimi principale e secondario del regime idrologico; si hanno basse percentuali in estate (4÷5%), all'inizio della primavera e nel tardo autunno (2÷8%); nell'inverno non si verificano casi di massime portate annue giornaliere. Andamento opposto presentano i mi-

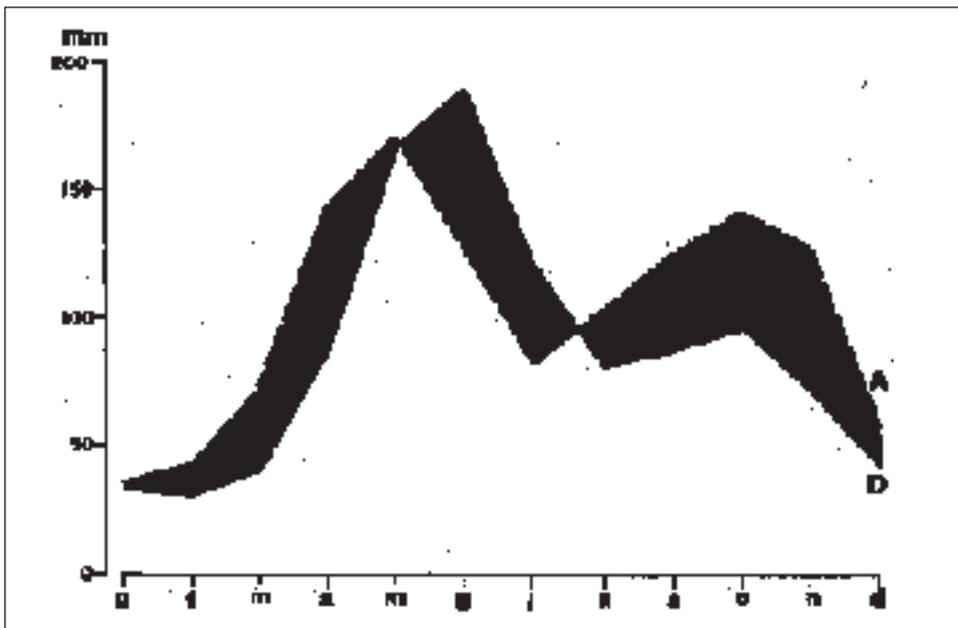


Fig. 6 - Regime idrologico dell'Orco a Pont Canavese: Valori medi mensili degli afflussi meteorici (A; linea spezzata) e dei deflussi (D; linea continua).

nimi giornalieri annui con un massimo del 28% in febbraio in corrispondenza del minimo del regime idrologico medio. I valori estremi assoluti giornalieri del periodo di osservazione presentano un andamento più irregolare; in particolare si sono manifestate portate massime giornaliere intorno a $300\div 400\text{ m}^3/\text{sec}$ dalla tarda primavera a tutto l'autunno, mentre i minimi giornalieri assoluti si sono sempre manifestati nella stagione invernale con portate intorno a $2\text{ m}^3/\text{sec}$. La portata massima assoluta del periodo di osservazione è stata pari a circa $1.410\text{ m}^3/\text{sec}$ il 26 settembre 1929. La portata minima assoluta del periodo di osservazione è stata pari a $1,15\text{ m}^3/\text{sec}$ il 6 marzo 1949.

La tab. 13 riporta i valori di durata media di 10, 30, 60, 91, 135, 182, 274 e 355 giorni delle portate secondo il Servizio Idrografico, espresse anche come contributi areali di bacino sotteso (fig. 7). Il dato più interessante è la portata di 355 giorni ($q_{355} = 4,4\text{ m}^3/\text{sec}$; $7,1\text{ l}/\text{sec}/\text{km}^2$); essa esprime la portata che, in media, è presente in alveo per non meno di 355 giorni all'anno; cioè in media si hanno valori inferiori di portata per dieci giorni all'anno. Naturalmente vi sono anni con portate inferiori per più di 10 giorni ed anni con portate sempre superiori a quel valore. Per esempio nel 1961 la q_{355} è risultata pari a $9,6\text{ m}^3/\text{sec}$ con una minima assoluta annuale ($8,2\text{ m}^3/\text{sec}$) quasi doppia rispetto alla q_{355} media del periodo di osservazione. All'opposto, nel 1949, si sono verificate portate inferiori per 33 giorni, con un minimo assoluto ($1,15\text{ m}^3/\text{sec}$), pari a poco più di un terzo della q_{355} media.

La portata media di durata di 355 giorni rappresenta quindi la situazione di magra tipica del corso d'acqua e costituisce un riferimento importante per valutarne le caratteristiche idrobiologiche. Infatti la magra è la fase più delicata dell'ecosistema fluviale perché la scarsità d'acqua in alveo potrebbe accentuare le conseguenze negative indotte da eventuali inquinamenti. Non bisogna dimenticare inoltre che i periodi di magra, nei corsi d'acqua montani e pedemontani, si verificano quasi sempre nella stagione invernale e coincidono con il momento riproduttivo di alcune

Tab. 13 - Orco a Pont Canavese. Durata media delle portate per il periodo 1928÷1943, 1948÷1976.

giorni	portate (m^3/sec)	contributi ($\text{l}/\text{sec}/\text{km}^2$)
10	80,6	130,6
30	47,0	76,2
60	31,3	50,7
91	23,5	38,1
135	16,7	27,1
182	12,5	20,3
274	8,5	13,8
355	4,4	7,1

specie ittiche (Salmonidi), molto sensibili al tipo del regime idrico in quanto quest'ultimo condiziona l'insieme dei microhabitat di fondo, sedi naturali delle diverse funzioni vitali dell'idrofauna (alimentazione, migrazioni e riproduzione; Forneris *et al.*, 1989, 1990, 1991). Pertanto si è voluto approfondire l'analisi sia sui minimi storici assoluti (magre eccezionali), sia sulle cosiddette "magre normali", come già ampiamente sperimentato in precedenti studi (Perosino & Spina, 1987; Perosino, 1990; C.R.E.S.T., 1987, 1988, 1989, 1990a, 1990b; Crosa & Cotta Ramusino, 1988; ECOPLAN, 1990; Peano, 1989, 1990).

La portata minima storica è semplicemente il più basso valore registrato presso la stazione idrometrica in tutto il periodo di osservazione. Per l'Orco a Pont Canavese è risultata pari a $1,15 \text{ m}^3/\text{sec}$ (6 marzo 1949), quasi $1/18$ della portata media annua ($20,4 \text{ m}^3/\text{sec}$) e corrispondente ad un contributo unitario di $1,86 \text{ l}/\text{sec}/\text{km}^2$ di bacino sotteso. Secondo quanto documentato dalla *Carta Ittica Regionale* (Regione Piemonte, 1991), i corsi d'acqua di montagna del bacino occidentale del Po presentano minimi assoluti da $1/6$ a $1/10$ della portata media annua e con contributi che difficilmente

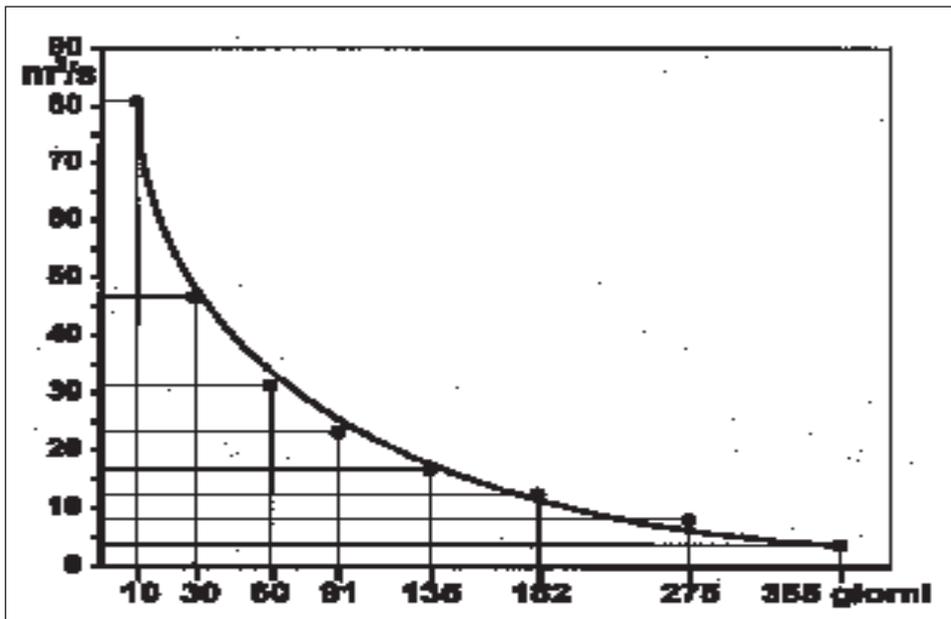


Fig. 7 - Orco a Pont Canavese. Curva di durata media delle portate per il periodo 1928 ÷ 1943, 1948 ÷ 1976.

scendono sotto i 3 l/sec/km². Da questo punto di vista l'Orco fa eccezione; probabilmente, durante le magre più accentuate, diventa evidente l'influenza delle regolazioni dell'insieme dei laghi artificiali (con capacità utile complessiva di quasi 90·10⁶ m³) dell'Azienda Energetica Municipale di Torino presso la testata del bacino. Infatti andando a verificare l'Annale Idrologico del 1949, nel quale sono registrate le portate giornaliere, si osserva che il valore 1,15 m³/sec si è verificato per un solo giorno (6 marzo), è stato preceduto da portate pari a 3,2 m³/sec e 2,2 m³/sec (rispettivamente il 4 e 5 marzo) ed è stato seguito da portate pari a 3,2 m³/sec, 2,6 m³/sec, 4,0 m³/sec e 3,0 m³/sec (nei quattro giorni successivi). In linea di massima, in condizioni naturali, durante le magre più pronunciate, con bacini sottesi di 10² km², le portate diminuiscono gradualmente con decrementi giornalieri quasi sempre inferiori a 0,1 m³/sec, fino a 0,01 m³/sec nei giorni immediatamente precedenti il minimo assoluto. In questo caso invece, in un periodo caratterizzato da modestissime portate, vi sono state forti fluttuazioni giornaliere che fanno pensare a regolazioni idrauliche a monte.

La portata di "magra normale", viene spesso definita come "media dei minimi annuali"; in realtà, come osservato da Perosino (1990), la media dei minimi non può essere un dato da considerare in questo caso, perché non valido sia dal punto di vista statistico, sia da quello idrologico. Una popolazione di dati rappresentata da valori di eventi eccezionali non può essere descritta da una semplice media aritmetica, in conseguenza della particolare distribuzione dei dati stessi. Disponendo di una serie di "n" dati (m³/sec) relativi ai valori di portate minime istantanee annuali (rilevate in un periodo di "n" anni di osservazione presso una data stazione idrometrica) Q₁, Q₂, Q₃,...Q_n, ordinati in senso crescente e indicando con "m" la posizione di ciascun dato (m₁, m₂, m₃, ...m_n) si può definire il *tempo di ritorno* "T_r" come *l'intervallo medio* (in anni) *che intercorre tra due eventi uguali o inferiori ad un dato valore di portata minima che occupa la posizione "m" della serie di "n" dati ordinati in senso crescente:*

$$T_r = \frac{n+1}{m}$$

L'inverso di "T_r" rappresenta la frequenza "F" di quel determinato valore e può essere espressa anche percentualmente:

$$F(\%) = \frac{100 \cdot m}{n+1}$$

In pratica “F” rappresenta anche la probabilità percentuale con la quale ogni anno un determinato evento può verificarsi. Si può facilmente individuare il valore di portata che occupa la posizione $M = n/2$ in corrispondenza di $T_r = 2$ anni ($F = 50\%$). Tale valore può essere considerato come rappresentativo dell'insieme degli eventi di magra per un determinato corso d'acqua; esso ha una probabilità annuale di verificarsi pari al 50%; oppure, usando un linguaggio poco ortodosso, ma di facile comprensione, esso si verifica, in media, una volta ogni due anni (su lungo periodo per la metà degli anni si verificano minimi annuali inferiori e viceversa per l'altra metà).

Volendo determinare un valore più preciso, o meglio, statisticamente più attendibile, si può ricorrere ad un modello matematico molto comune per la rappresentazione degli eventi eccezionali: è il metodo Gumbel che è ritenuto altamente significativo dall'United States Bureau (Reich, 1963) e che può essere espresso per mezzo della seguente formulazione (Mosetti, 1979):

$$K = - \frac{\sqrt{0,6}}{P} \cdot \left[\S + \text{Log Log} \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right]$$

dove $\S = 0,57721\dots$ è la costante di Eulero e il fattore “K” assume valori in funzione della posizione “m” degli “n” dati ordinati in senso crescente. In pratica con questa relazione si calcolano tanti fattori $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ quanti sono gli “n” dati. Fra i diversi valori di “K” e i corrispondenti valori di portata minima annuale “Q” si calcola il coefficiente di correlazione lineare “r” che, se risulta significativo (prossimo a -1), consente anche il calcolo dei parametri “a” e “b” della retta interpolante:

$$Q = a + b \cdot K$$

che, tra l'altro, permette di stimare valori di “Q” per qualsiasi “ T_r ” (pur se con molta cautela anche per eventi caratterizzati da maggiore eccezionalità rispetto al numero “n” di dati misurati). Per $T_r = 2$ anni si ottiene $K = -0,1643$, per cui il valore:

$$Q = a + b \cdot (-0,1643)$$

rappresenta la portata minima istantanea annuale (m^3/sec) corrispondente ad un tempo di ritorno di due anni (frequenza annuale del 50%) che può essere considerata la “magra normale”.

È doveroso ricordare che il metodo Gumbel è stato elaborato per l'analisi dei fenomeni idroclimatici eccezionali “massimi” annuali e non per i minimi. Tuttavia anche per i minimi è stato applicato con buon esito in recenti studi (C.R.E.S.T., 1987÷1990b), è stato verificato per analisi sulle temperature minime annuali in studi climatici di stazione (Perosino, 1987,

1989; Perosino & Rosso, 1984, 1986) oltre che essere stato presentato al III Convegno A.I.I.A.D. come sistema di determinazione delle magre normali (Perosino 1990). In tab. 14 sono stati riportati valori di portata minima per diversi tempi di ritorno per l'Orco a Pont Canavese; in particolare è risultata una magra normale di 4,4 m³/sec (7,1 l/sec/km²), quasi 4 volte superiore alla minima storica e quasi 5 volte inferiore alla media annua. In linea di massima i minimi assoluti annuali si verificano quasi tutti nella stagione invernale, prevalentemente nel bimestre gennaio - febbraio, con qualche caso in dicembre e marzo e pochi altri in mesi diversi.

Lo stesso tipo di elaborazione è stata effettuata sui minimi estivi (giugno settembre, periodo di irrigazione). La magra normale estiva è risultata pari a 8,3 m³/sec (tab. 15) ed in media, ad ogni estate, la portata giornaliera ne è inferiore per soli 3 giorni. Mediamente per soli due giorni si verificano portate giornaliera estive inferiori al valore di 6,6 m³/sec, corrispondente ad una minima estiva con tempo di ritorno di 5 anni. In tutto il periodo di osservazione, in estate, non si è mai avuta una magra paragonabile al minimo assoluto. Nell'estate del 1962 si è verificata una minima molto vicina alla magra normale invernale; per 41 giorni la portata è rimasta sotto la magra normale estiva, per 24 giorni sotto la magra estiva con tempo di ritorno di 5 anni e per 7 giorni sotto la magra estiva con tempo di ritorno di 10 anni (5,0 m³/sec).

Tab. 14 - Orco a Pont Canavese. Portate minime annuali (Q) secondo diversi tempi di ritorno (Tr) ottenute secondo il metodo Gumbel. Elaborazione dei dati rilevati, dal Servizio Idrografico, nel periodo di osservazione 1928÷1943, 1948÷1976 (45 anni).

$$Q = 4,464 - 1,609 \cdot K \quad (r = -0,967)$$

Tr (anni)	portate (m ³ /sec)	contributi (l/sec/km ²)
2	4,4	7,1
5	3,4	5,5
10	2,5	4,1
20	1,6	2,6
30	1,0	1,6

Tab. 15 - Orco a Pont Canavese. Portate minime giornaliere estive (Q; giugno÷settembre) secondo diversi tempi di ritorno (Tr) ottenute secondo il metodo Gumbel. Elaborazione dei dati rilevati dal Servizio Idrografico nel periodo di osservazione 1928÷1945, 1948÷1976 (45 anni).

$$Q = 8,651 - 2,801 \cdot K \quad (r = -0,901)$$

Tr (anni)	portate (m ³ /sec)	contributi (l/sec/km ²)
2	8,3	13,5
5	6,6	10,7
10	5,0	8,1
20	3,5	5,7
30	2,8	4,5

È importante osservare che la media aritmetica dei minimi annuali (4,4 m³/sec), la portata di durata 355 giorni (4,4 m³/sec; tab. 13) e la portata di magra normale (4,4 m³/sec; stimata con Gumbel; tab. 14) sono coincidenti; ciò facilita notevolmente l'elaborazione di modelli gestionali delle risorse idriche del bacino dell'Orco tarati sui minimi.

Disponendo di valori ottenuti da misure idrometriche dirette per mezzo della stazione idrometrica di Pont Canavese, si è voluto applicare per la stessa stazione il metodo Hydrodata per il calcolo dei dati caratteristici della portata media annua e della portata di durata di 355 giorni (o magra normale) per confrontarli con quelli "veri" indicati dal Servizio Idrografico. A tal fine sono utili i seguenti dati:

S = superficie bacino imbrifero (617 km²),

H = altitudine mediana bacino imbrifero (1.930 m s.l.m.),

A = afflusso meteorico medio annuo (1.250 mm).

Con una prima formula si determina la portata specifica media annua:

$$Q = 0,086 \cdot 0,03416 \cdot A - 24,564 \quad (2)$$

da cui risulta un valore pari a 34,7 l/sec/km², corrispondente ad una portata media annua pari a 21,4 m³/sec, appena il 5% superiore al dato considerato "vero" (20,5 m³/sec) indicato dal Servizio Idrografico; si consideri inoltre che l'afflusso meteorico medio annuo è quello calcolato per lo stesso periodo di osservazione durante il quale sono state effettuate le rilevazioni idrometriche. Con una seconda formula si determina la magra normale (q₃₅₅):

$$q_{355} = 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q^{1,234733} \quad (3)$$

da cui risulta un valore pari a 9,35 l/sec/km², corrispondente ad una portata di magra normale pari a 5,8 m³/sec, circa il 30% superiore al dato "vero" (4,4 m³/sec) indicato dal Servizio Idrografico; la differenza potrebbe forse essere minore se non fosse per le regolazioni idrauliche dei bacini artificiali a monte che, come affermato precedentemente, hanno particolare influenza impoverendo non tanto i valori medi annui, ma soprattutto le portate di magra.

Tuttavia, nonostante la possibile influenza di tali regolazioni, è forse più probabile una sovrastima del metodo Hydrodata, che in questo lavoro è stato applicato anche all'intero bacino dell'Orco chiuso alla sua confluenza con il Po presso Chivasso (tab. 16). Dal confronto fra i valori ottenuti con il metodo Hydrodata e quelli considerati "veri" indicati dal Servizio Idro-

grafico, le formule (2) e (3) possono essere corrette inserendo coefficienti fondati sul semplice rapporto fra i dati stessi:

$$Q = 0,9579 \cdot (0,0086 \cdot H + 0,03416 \cdot A - 24,594) \quad (4)$$

$$q_{355} = 0,759 \cdot 0,07560^{0,068232} \cdot Q^{1,234733} \quad (5)$$

formule che possono essere applicate per la caratterizzazione idrologica delle sezioni di riferimento considerate in questo lavoro o per altre sezioni su qualunque corso d'acqua del reticolo idrografico dell'Orco.

Tab. 16 - Caratterizzazione idrologica (secondo il metodo Hydrodata non corretto) dell'Orco a Chivasso.

Superficie bacino (S):	884	km ²	
Altitudine massima:	3.865	m s.l.m.	
Altitudine mediana (H):	1.600	m s.l.m.	
Altitudine della sezione:	186	m s.l.m.	
Afflusso met. medio annuo (A):	1.200	mm	
<hr/>			
Portata media annua(Q):	26,7	m ³ /sec	(30,2 l/sec/km ²)
Portata max. istantanea (Qmax):	2.308	m ³ /sec	
Portata di 10 giorni:	81,1	m ³ /sec	
Portata di 91 giorni:	34,2	m ³ /sec	
Portata di 182 giorni:	18,9	m ³ /sec	
Portata di 274 giorni:	11,5	m ³ /sec	
Portata di 355 giorni (q ₃₅₅):	7,1	m ³ /sec	(8,1 l/sec/km ²)
<hr/>			
Portate medie mensili (m ³ /sec)			
gennaio	0,48 · Q = 12,8	luglio	1,33 · Q = 35,5
febbraio	0,48 · Q = 12,8	agosto	0,93 · Q = 24,8
marzo	0,63 · Q = 16,8	settembre	0,90 · Q = 24,0
aprile	1,03 · Q = 27,5	ottobre	0,93 · Q = 24,8
maggio	1,73 · Q = 46,2	novembre	0,96 · Q = 25,6
giugno	1,96 · Q = 52,3	dicembre	0,61 · Q = 16,3
<hr/>			
Q = 0,0086 · H + 0,03416 · A - 24,5694			
q ₃₅₅ = 0,07560 · S ^{0,068232} · Q ^{1,234733}			
Qmax = [1.625 : (S + 125)] + 1,0			

3.2 - Conclusioni: caratterizzazione idrologica del bacino dell'Orco

Sulla base delle caratteristiche idrologiche dell'Orco a Pont Canavese e dei dati riguardanti i valori annui degli afflussi meteorici e dei coefficienti di deflusso relativi alle sezioni di riferimento (1 ÷ 21) e con riferimento alle specifiche caratteristiche morfometriche (tab. 17) sono state calcolate le relative portate medie annue e di magra normale. Indicando con Q, A, C ed S rispettivamente la portata (m³/sec), l'afflusso meteorico medio annuo (mm), il coefficiente di deflusso medio annuo e la superficie del bacino imbrifero sotteso (km²) alla sezione di Pont Canavese e con q, a, c ed s le stesse variabili relative a una qualunque sezione di riferimento, la portata relativa a quest'ultima si può calcolare con la seguente formulazione:

$$q = \frac{a \cdot c \cdot s}{A \cdot C \cdot S} \cdot Q \quad (6)$$

I risultati sono riportati in tab. 18. In linea di massima, utilizzando la carta delle isoiete medie annue (fig. 2), utilizzando le formule 1), 4), 5) e 6) e conoscendo, per una qualunque sezione su un corso d'acqua del reticolo idrografico dell'Orco, l'altitudine mediana e la superficie del bacino imbrifero sotteso, con buona approssimazione, si può conoscere:

- l'afflusso meteorico medio annuo,
- l'evapotraspirazione reale media annua,
- il deflusso medio annuo,
- il coefficiente di deflusso medio annuo,
- la portata media annua,
- la portata di magra normale.

In tal modo è possibile disporre di una serie di dati di carattere climatico ed idrologico relativi a porzioni territoriali delimitate nell'ambito del bacino dell'Orco e corrispondenti a bacini tributari di un qualunque corso d'acqua. Tali dati sono utili per applicazioni nel campo della gestione delle risorse idriche, con particolare riferimento agli usi idroelettrici, irrigui e soprattutto in stretta connessione con le problematiche relative alla tutela degli ecosistemi fluviali. Infatti l'entità delle portate negli alvei del reticolo idrografico naturale condiziona in modo importante le capacità autodepurative dei corsi d'acqua.

È ovvio che lo sfruttamento delle risorse idriche, comportando una sottrazione dei deflussi dai fiumi, comporta seri problemi di carattere ambientale (Forneris *et al.*, 1989). Diventa quindi importante conoscere le potenzialità idriche del bacino imbrifero relativo ad un determinato ecosistema

fluviale; infatti solo con tale conoscenza si possono prevedere modelli geostazionali che rendano possibile uno sfruttamento dell'acqua compatibile con le esigenze della Natura.

Tab. 17 - Elementi morfometrici relativi alle sezioni individuate sul reticolo idrografico dell'Orco. Superfici dei bacini imbriferi sottesi alle sezioni (S). Altitudini delle sezioni (Hsez). Altitudini mediane dei bacini sottesi alle sezioni (Hmed). Altitudini massime dei bacini sottesi alle sezioni (Hmax). Lunghezze delle aste fluviali a monte delle sezioni (L). Pendenze medie delle aste fluviali a monte delle sezioni (K).

sezioni	S (km ²)	Hsez (m)	Hmed (m)	Hmax (m)	L (km)	K (%)
1 - ORCO a Ceresole	65	1.582	2.370	3.618	12	10
2 - ORCO a Noasca	131	1.067	2.380	3.640	10	6
3 - ORCO a Rosone	202	672	2.400	3.894	10	5
4 - ORCO a Locana	286	600	2.250	3.894	4	2
5 - ORCO a Sparone	356	552	2.030	3.894	8	1
6 - ORCO a Pont Canavese	410	432	1.945	3.894	5	3
7 - ORCO a Spineto	695	380	1.840	3.894	10	0,5
8 - ORCO a Foglizzo	765	220	1.730	3.894	17	0,9
9 - ORCO a Chivasso	915	182	1.535	3.894	12	0,3
10 - NOASCETTA a Noasca	25	1.067	2.450	3.894	8	20
11 - PIANTONETTO a Rosone	56	672	2.335	3.692	12	20
12 - EUGIO a Rosone	16	650	2.270	3.270	9	24
13 - CAMBRELLE a Locana	21	600	1.500	2.520	9	15
14 - RIBORDONE a Sparone	39	552	1.510	2.848	11	17
15 - SOANA a Ronco	88	900	2.030	3.308	14	15
16 - SOANA a Pont	223	432	1.940	3.308	11	2
17 - FORZO a Ronco	72	900	2.300	3.308	11	18
18 - PIOVA a Cuornè	30	385	2.250	2.406	11	15
19 - GALLENCA a Salassa	27	380	980	1.979	16	9
20 - MALESINA a Castellamonte	24	330	600	950	9	6
21 - MALESINA a Foglizzo	93	220	420	950	15	2

Tab. 18 - Elementi idrologici relativi alle sezioni di riferimento individuate sul reticolo idrografico dell'Orco. Afflussi meteorici (A) e deflussi (D) medi annui. Coefficienti di deflusso (D/A). Portate medie annue (Q). Portate di durata di 355 giorni (q)

sezioni	A (mm)	D (mm)	D/A	Q (m ³ /s)	q (m ³ /s)
1 - ORCO a Ceresole	1.050	872	0,83	1,8	0,34
2 - ORCO a Noasca	1.115	937	0,84	3,9	0,77
3 - ORCO a Rosone	1.157	983	0,85	6,3	1,30
4 - ORCO a Locana	1.176	988	0,84	8,9	1,84
5 - ORCO a Sparone	1.214	1.008	0,83	11,4	2,28
6 - ORCO a Pont Canavese	1.230	959	0,78	12,4	2,63
7 - ORCO a Spineto	1.255	1.054	0,84	22,7	4,4
8 - ORCO a Foglizzo	1.238	978	0,79	23,7	4,6
9 - ORCO a Chivasso	1.180	861	0,73	24,9	4,8
10 - NOASCETTA a Noasca	1.179	1.038	0,88	0,82	0,14
11 - PIANTONETTO a Rosone	1.195	1.052	0,88	1,9	0,34
12 - EUGIO a Rosone	1.232	1.084	0,88	0,52	0,09
13 - CAMBRELLE a Locana	1.325	981	0,74	0,65	0,11
14 - RIBORDONE a Sparone	1.300	1.001	0,77	1,2	0,20
15 - SOANA a Ronco	1.280	1.075	0,84	3,0	0,55
16 - SOANA a Pont	1.285	1.041	0,81	7,3	1,46
17 - FORZO a Ronco	1.205	1.060	0,88	2,4	0,44
18 - PIOVA a Cuorgnè	1.396	1.047	0,75	0,97	0,16
19 - GALLENCA a Salassa	1.325	941	0,71	0,75	0,12
20 - MALESINA a Castel.	1.315	789	0,60	0,59	0,09
21 - MALESINA a Foglizzo	1.175	423	0,36	1,2	0,27

BIBLIOGRAFIA

- BRUCE J.P., CLARK R.H., 1966 - Introduction to hydrometeorology. Pergamon Press, Toronto.
- C.R.E.S.T., 1987 - Valutazione di impatto ambientale, nel settore faunistico, per l'impianto idroelettrico di Villeneuve (AO). Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica dell'ENEL di Torino.
- C.R.E.S.T., 1988 - Analisi delle popolazioni ittiche del fiume Sesia interessato dal progetto ENEL degli impianti idroelettrici di Balmuccia e Doccio (valutazione della situazione attuale, stima degli impatti e relative proposte di mitigazione). Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica dell'ENEL di Torino.
- C.R.E.S.T., 1989 - Valutazione di Impatto Ambientale su progetto idroelettrico per le valli Ala e Valgrande (valli di Lanzo) - settore idrobiologia. Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica dell'ENEL di Torino.
- C.R.E.S.T., 1990a - Valutazione di impatto ambientale su progetto della diga di Stropo (val Maira - CN) - settore idrobiologia. Amministrazione Provinciale di Cuneo.
- C.R.E.S.T., 1990b - Valutazione di impatto ambientale su progetto idroelettrico di Pont Ventoux (val Susa - TO) - settore idrobiologia. ECOPLAN/Azienda Acquedotto Municipale di Torino.
- CROSA G., COTTA RAMUSINO M., 1988 - Determinazione delle portate minime necessarie per la tutela della vita acquatica in corsi d'acqua soggetti a derivazioni o a ritenute. *Acqua Aria*, 7 (1988): 839- 850. Milano.
- DE BIAGGI E., PEROSINO G.C., FOIETTA P., SAINI R., STOPPA T., 1987 - L'eutrofizzazione dei bacini lacustri ed il progetto regionale di Banca Dati delle Zone Umide. *Riv. Piem. St. Nat.*, 8: 3-20. Carmagnola (TO).
- DE BIAGGI E., STOPPA E., STOPPA E., 1990 - Proposta per una suddivisione del Piemonte in settori geografici. *Riv. Piem. St. Nat.*, 11: 3-40. Carmagnola (TO).
- DE MARTONNE E., 1926 - Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La Météorologie*, 2, Parigi.
- DURIO P., MORI D., PEROSINO G.C., 1982 - Le variazioni climatiche, le glaciazioni, la morfogenesi glaciale (particolari riferimenti al Piemonte e alla Valle d'Aosta). Ce.Se.Di. Assessorato Cultura, Provincia di Torino.
- ECOPLAN, 1990. Valutazione di impatto ambientale su progetto della diga di Combanera in val di Viù (valli di Lanzo). Azienda Acquedotto Municipale di Torino.
- FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1989 - Conseguenze delle captazioni idriche sugli ecosistemi acquatici (situazione attuale e proposte di regolamentazione per il territorio piemontese). Assessorato Caccia e Pesca, Provincia di Torino.
- FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1990 - Elementi di riflessione sullo stato di degrado delle acque, sulle prospettive di risanamento ed ipotesi di intervento. Assessorato Caccia e Pesca, Provincia di Torino.
- FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1991 - La gestione delle risorse idriche del bacino idrografico dello Stura di Lanzo. Assessorato Caccia e Pesca, Provincia di Torino.
- MENNELLA C., 1967 - Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. EDART, Napoli.

- MORI A., 1957 - Il clima. In "L'Italia Fisica" 21- 63. Touring Club Italiano, Milano.
- MOSETTI F., 1979. Fondamenti di oceanologia e idrologia. UTET, Torino.
- PALLUCCHINI A., 1934 - Classifica dei fiumi italiani secondo il loro coefficiente di deflusso. C.N.R. - Comit. per la Geogr., Delegazione ital. al Congr. Inter. Geogr. di Varsavia (agosto - settembre 1934).
- PEANO A., 1989 - Un'applicazione di V.I.A. per la tutela delle risorse del Parco Nazionale del Gran Paradiso. Il caso dell'impianto idroelettrico di Villeneuve. Riv. Piem. St. Nat., 10: 29-42. Carmagnola (TO).
- PEANO A., 1990 - Valutazione di impatto ambientale; un caso di applicazione. Edizioni Libreria Cortina, Torino.
- PEROSINO G.C., 1987 - Climatologia di Torino. Riv. Piem. St. Nat., 8: 21-52. Carmagnola (TO).
- PEROSINO G.C., 1989 - Climatologia di Cuneo. Riv. Piem. St. Nat., 10: 43-68. Carmagnola (TO).
- PEROSINO G.C., 1990 - Portate minime per la conservazione dell'idrofauna dei corsi d'acqua soggetti a prelievi idrici. Atti III Conv. Naz. A.I.I.A.D. Riv. Idrobiol., 29 (1): 426-435.
- PEROSINO G.C., 1991 - I Monti Pelati di Baldissero Canavese: Elementi Climatici. Atti Convegno "I Monti pelati di Baldissero. Importanza paesistica e scientifica": 13-18 (18.11.1989). Parella, Torino.
- PEROSINO G.C., ROSSO M., 1984 - Climatologia di Bra. Riv. Piem. St. Nat., 5: 177-204. Carmagnola (TO).
- PEROSINO G.C., ROSSO M., 1986 - Climatologia di Alessandria. Riv. Piem. St. Nat., 7: 21-49. Carmagnola (TO).
- PEROSINO G.C., SCARPINATO T., 1981 - Introduzione allo studio del clima del Parco Nazionale del Gran Paradiso. Riv. Piem. St. Nat., 2: 135-149. Carmagnola (TO).
- PEROSINO G.C., SPINA F., 1987 - Ricerca di modelli semplici con variabili morfometriche ed idrologiche per analisi di sintesi degli ambienti fisici delle acque correnti naturali e possibili applicazioni nei campi biologico e ittico. Atti II Conv. Naz. A.I.I.A.D.: 251-260. Assessorato Caccia e Pesca, Provincia di Torino.
- PINNA M., 1977 - Climatologia. UTET, Torino.
- REICH B.M., 1963 - Short-duration rainfall intensity estimates and other design aids regions of sparse data. Jour. Hydrol., 1: 3-29.
- REGIONE PIEMONTE, 1980 - Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese. Assessorato Tutela Ambiente, Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 1989 - Indagine conoscitiva e progetto generale di fattibilità per un sistema di monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico superficiale piemontese. Assessorato Tutela Ambiente (ENEL - CRIS - Mestre/Ydrodata - Torino), Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 1991 - Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese. Assessorato Caccia e Pesca, Torino.
- REMENIERAS G., 1972 - L'hydrologie de l'ingenieur. Eyrolles, Parigi.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1928 - 1976 - Annali Idrologici, parte II. Ministero LL.PP., Ufficio Idrografico del Po. Ist. Polig. Stato, Roma.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1959 - Precipitazioni medie mensili ed annue e nu-

- mero dei giorni piovosi per il trentennio 1921 - 1950. Ministero LL.PP. Ist. Polig. Stato, Roma.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1966 - Distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926 - 1955. Ministero LL.PP. Ist. Polig. Stato, Roma.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1980 - Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani. Ministero LL.PP. Ist. Polig. Stato, Roma.
- SOKOLOV A.A., CHAPMAN T.G., 1974 - Methods for water balance computations. Unesco Press, Parigi.
- THORNWAITE C.W., 1946 - An approach toward a rational classification of climate. Unesco Press, Parigi.
- THORNWAITE C.W., MATHER J.R., 1954 - The measurement of potential evapotranspiration. Seabrook, New Jersey.
- THORNWAITE C.W., MATHER J.R., 1957 - Introduction and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Cencerton.
- TONINI D., 1966 - Elementi di idrografia e di idrologia. Vol. II. Libreria Universitaria di Venezia.