

FRANCO RAPETTI (*) & SEBASTIANO VITTORINI (*)

DIFFERENZE PLUVIOMETRICHE TRA I VERSANTI TIRRENICO E ADRIATICO LUNGO L'ALLINEAMENTO LIVORNO - MONTE CIMONE - MODENA

Abstract: RAPETTI F. & VITTORINI S., *Differences in rainfall between the Tyrrhenian and the Adriatic side of the Northern Apennines range along Livorno - M. Cimone - Modena traverse* (IT ISSN 0084-8948, 1988).

Amount, intensity and rate of precipitations recorded in sixteen stations along a line crossing the Tuscan-Aemilian section of the Northern Apennines have been considered. It has then been possible to compare the patterns of this climatic element on both sides of the mountain range. A marked difference between the two sides has been pointed out: the Tyrrhenian side results definitely more rainy than the Adriatic one.

The altimetric gradient has also been calculated. It results non-uniform along the whole slope, on which it is possible to distinguish two sections, each of them showing a linear increase of rainfall: the foothill section and the mountain section. Even in this respect marked differences between the two sides of the Apennines have been observed.

KEY WORDS: Rainfall amount, Rainfall intensity, Rainfall rate, Rainfall altimetric gradient, Tuscan-Aemilian Apennines.

Riassunto: RAPETTI F. & VITTORINI S., *Differenze pluviometriche tra i versanti tirrenico ed adriatico lungo l'allineamento Livorno-Monte Cimone-Modena* (IT ISSN 0084-8948, 1988).

Sono state considerate la quantità, le intensità mensili ed annue e il regime delle precipitazioni, per il periodo 1961-1980, relativi a sedici stazioni ubicate ad altitudini diverse, lungo la sezione Livorno-M. Cimone - Modena che attraversa l'Appennino toscano-emiliano. È stato confrontato così l'andamento di questo elemento del clima nel versante occidentale ed orientale della sezione medesima. È emersa una marcata differenza di comportamento tra i due versanti; in particolare il lato tirrenico risulta molto più piovoso di quello adriatico.

Dal calcolo del gradiente altimetrico mensile ed annuo delle precipitazioni risulta che esso non è uniforme lungo i versanti, ma che si possono individuare due tratti, quello pedemontano e quello montano, in ciascuno dei quali l'incremento delle piogge è pressoché lineare. Anche in questo caso si sono osservate notevoli differenze tra i due lati dell'Appennino.

TERMINI-CHIAVE: Quantità delle precipitazioni, Intensità delle precipitazioni, Gradiente altimetrico delle precipitazioni, Appennino toscano-emiliano.

(*) *Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, C.N.R., Pisa.*

PREMESSA

La regione che si estende da Livorno a Modena, attraverso l'Appennino toscano-emiliano, si presta molto bene ad uno studio comparativo dell'andamento delle precipitazioni in montagna poiché lo spartiacque appenninico, che tal-

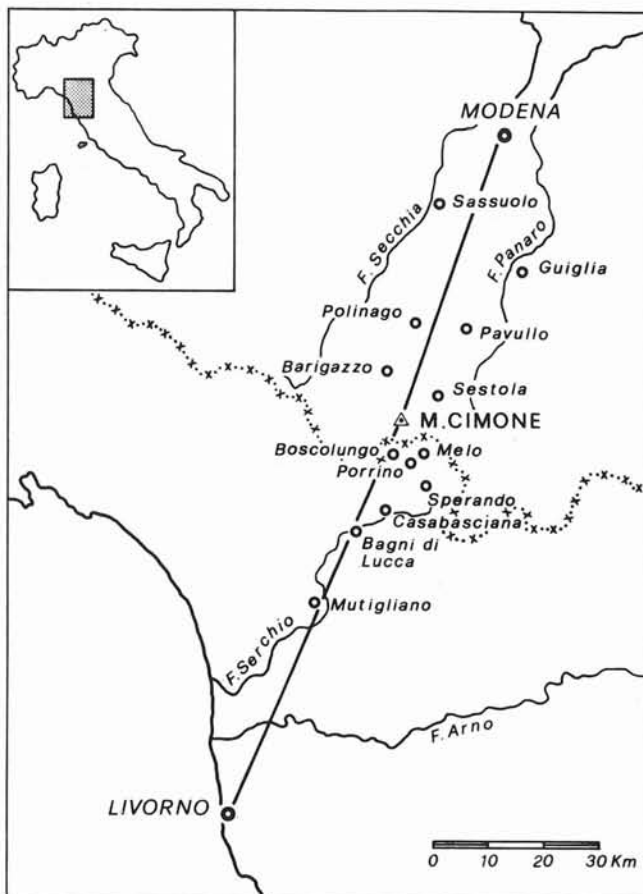


Fig. 1 - La regione studiata con l'ubicazione delle stazioni pluviometriche e con l'indicazione dello spartiacque appenninico.

volta supera i 1900 m s.l.m., divide due regioni climaticamente distinte; l'una, quella tirrenica, esposta direttamente alle masse d'aria, per lo più marittime, di provenienza occidentale, l'altra, quella adriatica, affacciata alla Pianura Padano-Veneta, esposta invece alle correnti orientali di origine continentale. Poiché le prime sono di gran lunga più frequenti e più umide, risulta che il versante tirrenico è interessato da una piovosità più elevata e da un maggior numero di eventi piovosi, come mostrano le carte delle precipitazioni in Italia (FROSINI, 1961; MORI, 1964). Per studiare tale diverso comportamento abbiamo scelto l'allineamento Livorno-Monte Cimone-Modena sul quale si trovano, a diverse quote, numerose stazioni meteorologiche, tra cui è da annoverare l'Osservatorio del M. Cimone dell'Aeronautica Militare, il più elevato dell'Appennino. I dati ad esse relativi consentono di compiere anche un'indagine sulla variazione delle piogge con l'altitudine.

Le stazioni del versante tirrenico sono ubicate, per la maggior parte, nel bacino del Serchio, mentre quelle del versante adriatico sono tutte comprese fra i fiumi Secchia e Panaro (fig. 1). Per l'influenza che le caratteristiche orografiche esercitano sulla distribuzione delle piogge, sarebbe stato nostro intendimento utilizzare stazioni pluviometriche omogenee rispetto alla posizione morfologica; ciò non è stato sempre possibile dovendo rispettare l'allineamento predetto (tab. 1). Infatti, poiché a distanza di pochi chilometri il gradiente orografico delle precipitazioni può variare sensibilmente, è stato necessario non allontanarsi troppo dalla direzione prescelta.

L'analisi numerica dei dati pluviometrici, che si riferiscono al periodo 1961-80, è stata preceduta da una verifica dell'affidabilità delle serie, mediante il metodo della dop-

pia cumulata (PICONE & GRAMIGNANI, 1966; TOMASINO, 1971) (1).

CARATTERI GENERALI DELLE PRECIPITAZIONI

Lungo il profilo in esame le piogge aumentano con l'altitudine. Nel versante tirrenico i totali annui passano infatti dagli 804,6 mm di Livorno, ai 2565,4 mm di Boscolungo (1340 m); nell'altro versante si passa dagli 821,4 mm di Modena (35 m), ai 1539,8 mm di Barigazzo (1224 m). A quote maggiori di Boscolungo e di Barigazzo l'unica stazione esistente è quella del M. Cimone (2165 m) che però registra un totale pluviometrico annuo di appena 744 mm, il valore più basso fra quelli delle stazioni considerate. Quest'ultimo fatto potrebbe confermare ciò che generalmente viene ammesso e cioè che oltre una certa quota le piogge subiscono una diminuzione; nel nostro caso tuttavia la flessione registrata al M. Cimone è di tale entità da rappresentare una situazione molto singolare. Del resto, ci sono note le difficoltà che presenta la misurazione delle precipitazioni nelle aree montane, soprattutto nelle stazioni di vetta.

Purtroppo tale fenomeno non può essere adeguatamente analizzato per l'assenza di stazioni intermedie nell'intervallo altimetrico esistente tra il M. Cimone e le più elevate stazioni dei due versanti (2), che è di circa 900 m (tab. 2). Quanto osservato viene posto in evidenza dalla figura 2, in cui sono rappresentati, per tre casi significativi, il profilo altimetrico della sezione e quello pluviometrico. Quest'ultimo, nel versante tirrenico, sembra concordare con l'andamento del rilievo, anche se l'incremento delle piogge annue fino a Bagni di Lucca è di circa 6 mm per metro di altitudine, mentre nel tratto di montagna, tra Porrino e Boscolungo, tale variazione è di appena 0,6 mm per metro. Anche nel versante adriatico si osserva un aumento delle piogge con l'altitudine, sia pure sensibilmente minore, poiché da Modena a Sassuolo la variazione pluviometrica è di circa 0,1 mm per metro e da Pavullo a Barigazzo di 1,1 mm.

Per quanto riguarda l'intensità delle precipitazioni si possono fare analoghe osservazioni e confronti. Nel lato occidentale si registrano valori molto alti, con un regime caratterizzato da forte escursione tra i valori autunnali e quelli estivi: al Melo, ad esempio, si passa da 28,1 mm / giorno piovoso di Ottobre (valore massimo tra tutte le stazioni) agli 11,5 mm di Luglio. Nel lato orientale i valori sono molto più bassi e lo stesso andamento presenta va-

TABELLA 1

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE STAZIONI DEL PROFILO IN ESAME E DI ALCUNE LORO CARATTERISTICHE

Stazioni	Quota m	Bacino idrografico	Posizione morfologica
Livorno	3	Calambrone	pianura
Mutigliano	62	Serchio	fondovalle
Bagni di Lucca	120	Serchio	fondovalle
Casabasciana	215	Serchio	fondovalle
Sperando	470	Serchio	fondovalle
Porrino	640	Serchio	fondovalle
Melo	1007	Serchio	versante
Boscolungo	1340	Serchio	versante
Monte Cimone	2165	—	vetta
Barigazzo	1224	Panaro	versante
Sestola	1020	Panaro	sella
Polinago	810	Secchia	fondovalle
Pavullo	682	Secchia	fondovalle
Guiglia	483	Panaro	cresta
Sassuolo	121	Secchia	fondovalle
Modena	35	Panaro	pianura

(1) Le stazioni di Guiglia e di Sassuolo sono prive di un anno di osservazioni.

(2) La carenza di stazioni pluviometriche in montagna si ripercuote sull'affidabilità delle stime di afflusso dei bacini montani e per conseguenza sull'attendibilità dei bilanci idrologici. Ad esempio nel bacino del F. Serchio, su trenta stazioni pluviometriche che vi si trovano, appena quattro sono comprese tra i 1000 m e i 1340 m. Per quanto riguarda l'intero Compartimento della Toscana, su un totale di 279 stazioni pluviometriche, soltanto sette di esse sono poste oltre i mille metri e nessuna oltre i 1340 m (dati 1986).

TABELLA 2
QUANTITÀ DELLE PRECIPITAZIONI E NUMERO DI GIORNI PIOVOSI (1961-1980)

Stazioni	Quota m	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Livorno	3	65,5 9	64,4 8	69,3 8	54,8 7	54,5 6	46,3 4	17,1 2	38,2 4	83,3 5	118,4 8	117,8 10	75,0 8	804,6 79
Mutigliano	62	162,1 12	133,6 10	127,4 11	98,7 9	89,4 9	65,7 6	30,3 4	80,6 7	118,4 7	145,7 9	174,7 13	146,0 11	1372,6 108
Bagni di L.	120	173,2 11	143,6 10	139,0 11	121,2 10	97,2 10	73,4 7	46,6 6	97,3 7	137,5 8	158,0 9	205,0 13	154,0 10	1546,0 112
Casabasciana	215	173,7 12	145,7 11	143,9 12	125,4 12	112,8 11	81,6 8	56,2 6	100,4 8	137,3 9	156,9 9	210,9 14	151,7 11	1596,5 123
Sperando	470	190,6 11	152,8 11	155,2 11	140,2 12	105,5 11	80,8 9	65,6 7	97,7 7	139,2 8	164,4 9	230,3 13	163,2 10	1685,5 119
Porrino	640	246,4 12	192,3 11	197,9 12	182,9 13	134,9 12	109,3 10	81,7 8	105,0 8	152,2 8	235,7 10	292,8 14	201,4 11	2132,5 129
Melo	1007	257,7 12	215,8 11	211,3 11	204,1 12	160,9 11	121,2 9	80,5 7	109,4 6	166,9 7	252,5 9	331,6 13	249,5 10	2361,4 118
Boscungo	1340	296,8 13	226,2 11	239,9 12	222,3 14	172,4 12	126,1 11	78,1 7	116,7 8	167,7 9	272,4 11	380,4 15	266,1 11	2565,4 134
M. Cimone	2165	56,1 9	48,5 8	60,2 9	51,7 9	59,8 10	63,6 9	46,9 7	66,8 8	73,9 7	81,9 10	86,6 12	48,7 8	744,7 106
Barigazzo	1224	116,8 10	122,6 11	124,4 11	141,9 12	121,9 11	114,5 10	72,1 7	113,4 7	130,1 8	154,7 10	204,4 13	123,2 9	1540,0 119
Sestola	1020	111,1 9	99,0 9	107,6 10	133,9 12	113,0 11	98,8 10	66,0 6	97,0 8	119,0 7	154,0 9	184,2 12	116,8 9	1400,4 112
Polinago	810	75,2 8	69,9 8	73,0 8	97,4 10	85,8 9	77,9 9	54,2 5	90,4 7	89,8 6	95,2 8	120,2 10	84,2 9	1013,2 97
Pavullo	682	66,2 8	62,9 7	70,6 8	96,8 10	78,8 9	76,0 8	53,9 6	76,7 7	83,3 7	86,0 8	112,3 10	71,4 8	934,9 96
Guiglia	483	60,7 7	55,9 7	69,0 8	81,8 8	73,3 8	59,8 7	42,7 5	58,2 6	77,9 6	79,5 7	97,4 10	63,5 7	819,7 86
Sassuolo	121	57,9 7	59,4 7	70,7 8	75,5 8	76,7 9	60,4 7	42,1 4	58,5 6	71,5 5	79,4 7	99,2 9	73,8 7	825,1 84
Modena	35	69,6 8	54,9 7	71,4 8	71,0 8	69,2 8	56,8 6	45,8 4	66,5 6	66,7 5	76,6 7	99,1 9	73,8 7	821,4 83

riazioni sensibilmente più modeste: a Sestola infatti l'intensità oscilla tra 17,1 mm / g.p. di Ottobre e i 9,9 di Giugno (fig. 3). Dalla tabella 3 si può anche osservare che mentre ad occidente dello spartiacque appenninico l'intensità delle piogge aumenta progressivamente con l'altitudine, ad oriente ciò si verifica solo a partire da Polinago, poiché a quote inferiore essa è praticamente costante.

Con particolare riferimento al regime pluviometrico rileviamo che da precedenti ricerche (MORI, 1966; PINNA & VITTORINI, 1985) è risultato che in Italia esistono due tipi principali, l'uno con il minimo in inverno e l'altro con il minimo in estate. La linea di demarcazione tra questi può essere rappresentata dal corso del Po: a Nord predomina il primo tipo, a Sud il secondo. Nel versante tirrenico della sezione in esame questo andamento, considerato il regime medio del periodo, è rispettato in tutte le stazioni, nelle quali infatti si ha il minimo in estate. Poiché il massimo

principale si registra in autunno e quello secondario in inverno, il regime risultante è quello *submediterraneo* (AIPE). Fa eccezione Mutigliano che presenta il massimo principale in inverno e quello secondario in autunno, combinazione che è caratteristica del tipo *mediterraneo* (IAPE). Nel versante adriatico il minimo stagionale non coincide sempre con l'estate, comunque prevale il tipo *sublitoraneo* che ha il massimo principale in autunno e quello secondario in primavera (APIE). Pavullo invece, che registra il minimo invernale, ha il regime *subalpino* (APEI) (fig. 4). Il M. Cimone (tab. 4) presenta un aspetto singolare anche per il regime delle piogge che è di tipo *subcontinentale* (AEPI). Non tutti gli anni invero presentano le stesse caratteristiche poiché, in base alla successione dei valori decrescenti delle piogge stagionali, si è constatato che nel ventennio, tra tutte le stazioni, si sono verificati ventuno delle ventiquattro combinazioni possibili di regime. Nel ver-

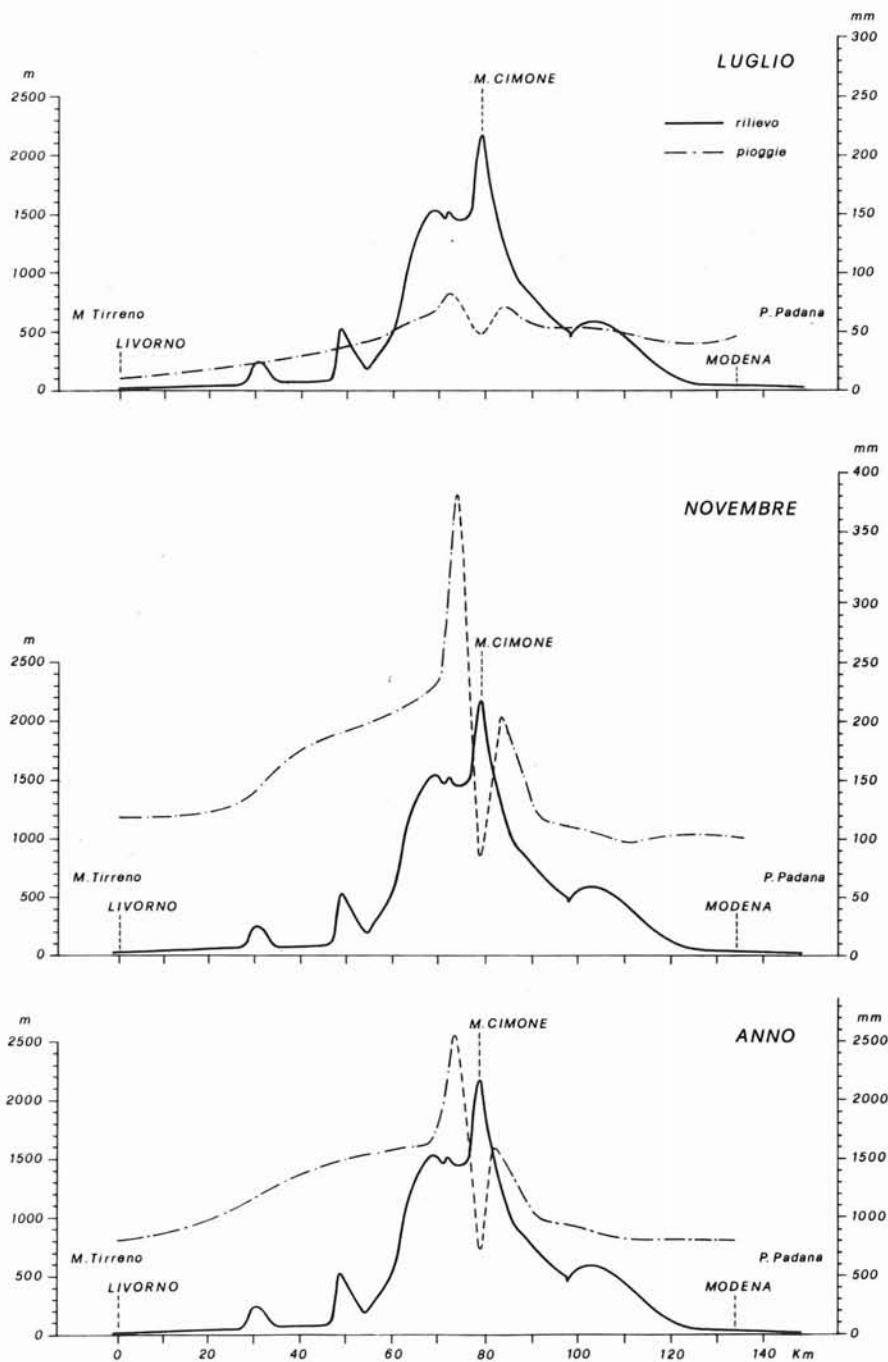


FIG. 2 - Profili pluviometrici di Luglio, Novembre e dell'anno, lungo l'allineamento Livorno - M. Cimone - Modena.

sante toscano tuttavia si ha una frequenza molto elevata fra i regimi a minimo estivo (76,8%), mentre in quello emiliano si verifica una maggiore dispersione dei tipi poiché tale percentuale si riduce al 45% dei casi (tab. 5). Il regime del Monte Cimone, per la forte dispersione dei tipi si inserisce meglio nell'andamento del versante emiliano.

GRADIENTE ALTIMETRICO DELLE PRECIPITAZIONI

Com'è noto le precipitazioni aumentano con l'altitudine, ma a differenza di quanto si verifica per la temperatura dell'aria, esse, a partire da una certa quota, subiscono un decremento. Secondo FROSINI (1961) in media in Italia si ha un aumento delle piogge dal livello del mare fino a 750-1000 m, mentre più in alto si verifica una ge-

TABELLA 3
 MEDIA MENSILE ED ANNUA DELL'INTENSITÀ DIURNA DELLE PRECIPITAZIONI (mm/g.p.)

Stazioni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Livorno	7,3	8,1	8,7	7,8	9,1	11,6	8,6	9,6	16,7	14,8	11,8	9,4	10,4
Mutigliano	13,5	13,4	11,6	11,0	9,9	11,0	7,5	11,5	16,9	16,2	13,4	13,3	13,0
Bagni di Lucca	15,7	14,4	12,6	12,1	9,7	10,5	7,8	13,9	17,2	17,6	15,8	15,4	13,8
Casabasciana	14,5	13,2	12,0	10,5	10,3	10,2	9,4	12,6	15,3	17,4	15,1	13,8	13,0
Sperando	17,3	13,9	14,1	11,7	9,6	9,0	9,4	14,0	17,4	18,3	17,7	16,3	14,2
Porrino	20,5	17,5	16,5	14,1	11,2	10,9	10,2	13,1	19,0	23,6	20,9	18,3	16,6
Melo	21,5	19,6	19,2	17,0	14,6	13,5	11,5	18,2	23,8	28,1	25,5	25,0	20,0
Boscolungo	22,8	20,6	19,5	15,9	14,4	11,5	11,2	14,6	18,6	24,8	25,4	24,2	19,1
M. Cimone	6,2	6,1	6,7	5,7	6,0	7,1	6,7	8,4	10,6	8,2	7,2	6,1	7,0
Barigazzo	11,7	11,1	11,3	11,8	11,1	11,4	10,3	16,2	16,3	15,5	15,7	13,7	13,2
Sestola	12,3	11,0	10,8	11,2	10,3	9,9	11,0	12,1	17,0	17,1	15,3	13,0	12,4
Polinago	9,4	8,7	9,1	9,7	9,5	8,7	10,8	12,9	15,0	11,9	12,0	9,4	10,8
Pavullo	8,3	9,0	8,8	9,7	8,8	9,5	9,0	11,0	11,9	10,8	11,2	8,9	9,7
Guiglia	8,7	8,0	8,6	10,2	9,2	8,5	8,5	9,7	13,0	11,4	9,7	9,1	9,6
Sassuolo	8,3	8,5	8,8	9,4	8,5	8,6	10,5	9,8	14,3	11,3	11,0	10,8	9,6
Modena	8,7	7,8	8,9	8,9	8,7	9,5	11,5	11,1	13,3	10,9	11,0	10,5	9,9

nerale flessione. Le caratteristiche geografiche e orografiche locali possono però modificare molto sensibilmente il gradiente altimetrico, determinando in alcuni casi inversioni di tendenza. Anche nelle stazioni da noi considerate tale gradiente non rimane costante lungo ciascun versante; tuttavia esso risulta omogeneo per gruppi di stazioni

per cui sussiste la seguente relazione che correla la piovosità con l'altitudine:

$$P = p^{\circ} + ah \quad 1)$$

in cui P sono le precipitazioni ad un'altitudine determinata, p° è la pioggia al livello del mare, a rappresenta il gradiente per metro e h è l'altitudine espressa in metri.

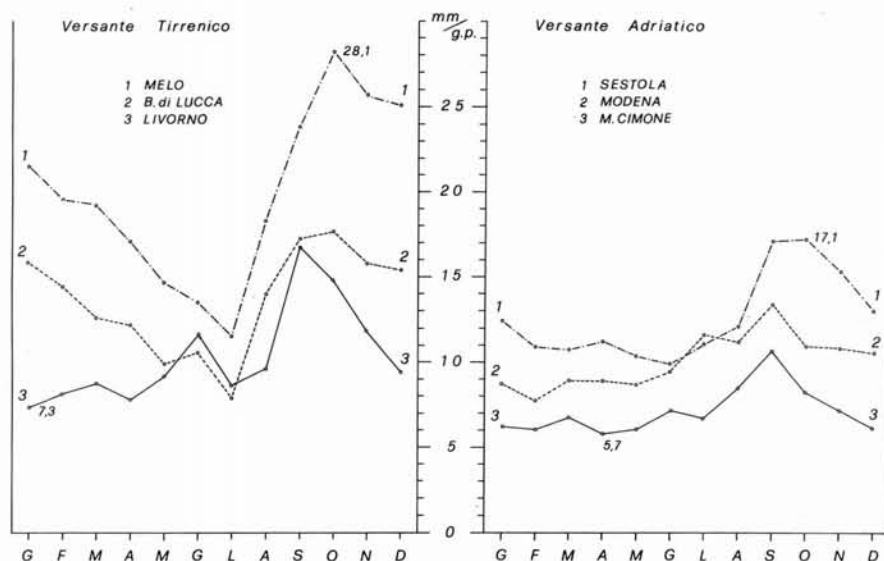
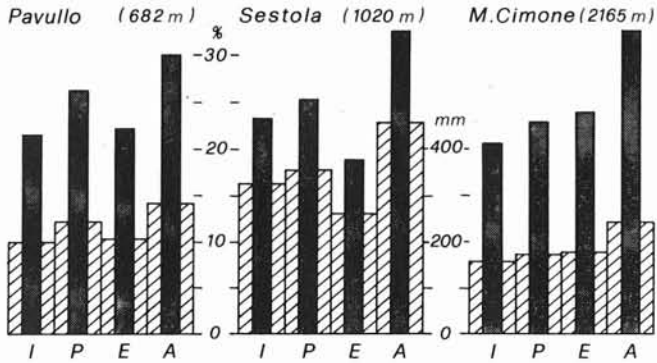
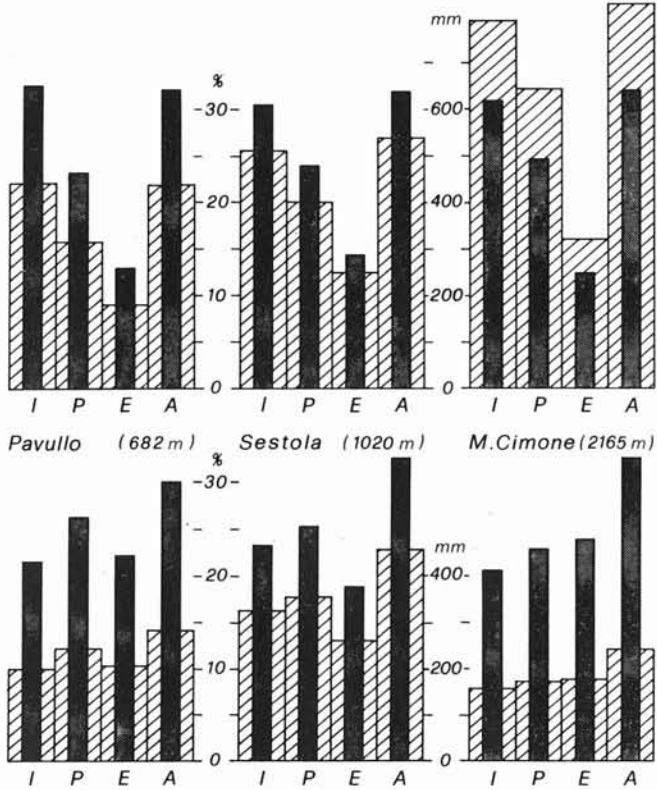


FIG. 3 - Andamento annuo dell'intensità media diurna delle precipitazioni di alcune stazioni significative (Media del periodo 1961-1980).

Mutigliano (62m) Sperando (470m) Boscolungo (1340m)



 *Piogge stagionali*
 *Valori percentuali*

TABELLA 4
TIPI DI REGIME PLUVIOMETRICO
MEDIA DEL PERIODO 1961-80

Livorno	A I P E	Submediterraneo
Mutigliano	I A P E	Mediterraneo
Bagni di Lucca	A I P E	Submediterraneo
Casabasciana	A I P E	Submediterraneo
Sperando	A I P E	Submediterraneo
Porrino	A I P E	Submediterraneo
Melo	A I P E	Submediterraneo
Boscolungo	A I P E	Submediterraneo
Monte Cimone	A E P I	Subcontinentale
Barigazzo	A P I E	Sublitoraneo
Sestola	A P I E	Sublitoraneo
Polinago	A P I E	Sublitoraneo
Pavullo	A P E I	Subalpino
Guiglia	A P I E	Sublitoraneo
Sassuolo	A P I E	Sublitoraneo
Modena	A P I E	Sublitoraneo

Fig. 4 - Regime medio delle precipitazioni del periodo 1961-1980 in alcune stazioni dell'allineamento Livorno - M. Cimone - Modena.

TABELLA 5
FREQUENZA DEI TIPI DEI REGIMI PLUVIOMETRICI ANNUI (1961-1980)

Stazioni	PAIE	APIE	AIPE	IAPE	IPAE	PIAE	EAPI	AEPI	PAEI	APEI	PEAI	IPEA	IEPA	PIEA	EIPA	EPIA	PEIA	EIAP	EAIP	AIPE	AEIP	IAEP	IEAP	
Livorno	1	4	5	3	1	1		1						1							3			
Mutigliano	1	3	8	2	1	1						1	1								1		1	
Bagni di Lucca	2	2	6	1	3					1		2									2			1
Casabasciana	1	4	3	3	4	1								1							2			1
Sperando		2	7	1	4					1	1	2										1		1
Porrino	1	3	6	2	4	1								1							1			1
Melo	1	3	5	1	5					1				1							2			1
Boscolungo	1	5	5	1	3	1						2									1		1	
Monte Cimone		1	2	2		1	1	5			1	1	1		1	1	1				1	1		
Barigazzo		3	3	1	3	1		1	1	2	1		1								1	1	1	
Sestola		3	3	1	2	2				1	3	1									1	1	2	
Polinago	2	5		2						1	2	1		1				1			2	3		
Pavullo	2	4		1	1		1		1	1	1							1				4	1	
Guiglia	4	3	1	1		1	1	1	1	2							1	1				3		
Sassuolo	2	5	1			1			2	1							1	1			2	1	2	
Modena	2	4	1	1					1		1	2		2	1						1	2	2	

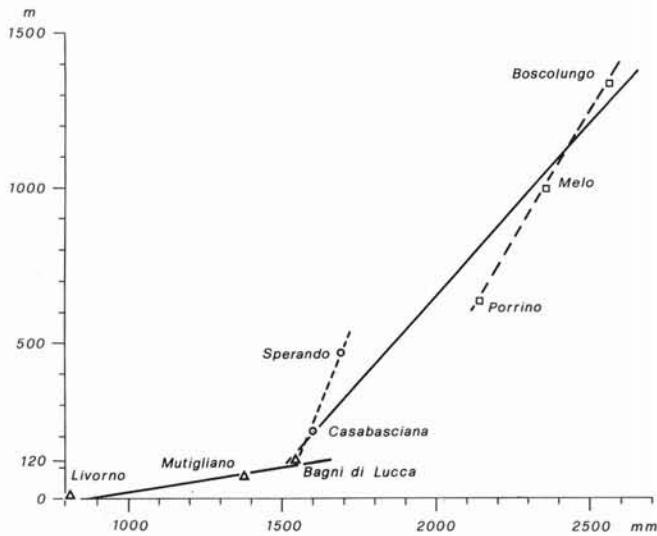


FIG. 5 - Gradienti altimetrici medi annui delle precipitazioni nel versante tirrenico.

Nel versante tirrenico si sono individuati due principali valori di gradiente, l'uno relativo al tratto di pianura e all'area pedemontana, da Livorno a Bagni di Lucca, e l'altro da quest'ultima località a Boscolungo (fig. 5 e tab. 6). Nel primo caso il gradiente è assai elevato; quello annuo, ad esempio, è di 628,2 mm/100 m (tab. 7), nel secondo il gradiente è sensibilmente minore poiché non supera gli 89,4 mm/100 m. Pertanto tutto il profilo può essere suddiviso in due parti nelle quali l'incremento delle piogge con l'altitudine è pressoché lineare. Inoltre all'interno del set-

tore montano esistono due gruppi di stazioni in cui il coefficiente di correlazione è addirittura pari ad uno: tra Bagni di Lucca e Sperando, dove il gradiente è di 39,2 mm/100 m, e tra Porrino e Boscolungo in cui si osserva un gradiente di 61,1 mm/100 m. Considerando poi tutte le stazioni del versante tirrenico, da Livorno a Boscolungo, si ottiene un gradiente annuo di 109,5 mm/100 m, con un coefficiente di correlazione lineare pari a 0,93, ancora molto significativo.

I regimi dei gradienti delle due parti in cui si è diviso il versante occidentale, pur presentando tra loro alcune analogie (ad esempio il minimo in estate) si differenziano per avere il massimo a Gennaio in pianura e a Novembre in montagna (tab. 7 e fig. 6A).

Anche nel versante adriatico è possibile individuare due settori con gradiente diverso (fig. 7). Il primo, quello di pianura e pedemontano (Modena - Guiglia), presenta tuttavia una forte diversità con l'omologo dell'altro versante, poiché il gradiente risulta negativo in molti mesi, così da portare su valori negativi anche quello annuo (tab. 8). Nel settore montano invece, da Guiglia a Barigazzo, le precipitazioni aumentano linearmente con l'altitudine secondo un gradiente piuttosto elevato (per l'anno: 105,1 mm/100 m). Nella prima parte il regime è perciò caratterizzato da valori negativi in inverno e in estate e da valori debolmente positivi nelle stagioni intermedie; in quella montana il regime ha un minimo (3,9 mm/100 m) in Luglio e un massimo (15,8 mm) in Novembre (tab. 9 e fig. 6B). Per ovvie ragioni il gradiente di tutto il versante, da Modena a Barigazzo (59,8 mm/100 m), è più basso di quello del lato occidentale dell'Appennino.

Abbiamo calcolato, con il metodo della regressione lineare, il limite altimetrico di alcune isoiete, per mettere

TABELLA 6

EQUAZIONI DELLE RETTE DI REGRESSIONE DELLA CORRELAZIONE TRA LE PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI ED ANNUE E L'ALTITUDINE (1961-1980). TRA PARENTESI È RIPORTATO IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE. VERSANTE TIRRENICO.

Tratto pedemontano			Tratto montano		
G	$P = 76,71 + 0,9226 h$	(0,91)	P = 156,24 + 0,1057 h	(0,97)	
F	$P = 72,03 + 0,6783 h$	(0,92)	P = 131,56 + 0,0757 h	(0,96)	
M	$P = 75,09 + 0,5968 h$	(0,93)	P = 127,20 + 0,0854 h	(0,98)	
A	$P = 56,54 + 0,5680 h$	(0,98)	P = 109,74 + 0,0890 h	(0,97)	
M	$P = 57,82 + 0,3656 h$	(0,94)	P = 90,79 + 0,0630 h	(0,96)	
G	$P = 47,50 + 0,2319 h$	(0,97)	P = 69,60 + 0,0461 h	(0,95)	
L	$P = 15,69 + 0,2520 h$	(1,00)	P = 51,97 + 0,0256 h	(0,83)	
A	$P = 40,85 + 0,5057 h$	(0,97)	P = 94,70 + 0,0154 h	(0,95)	
S	$P = 84,48 + 0,4636 h$	(0,99)	P = 131,63 + 0,0293 h	(0,96)	
O	$P = 119,81 + 0,3388 h$	(0,98)	P = 139,99 + 0,1055 h	(0,94)	
N	$P = 119,83 + 0,7459 h$	(0,99)	P = 180,20 + 0,1503 h	(0,99)	
D	$P = 83,27 + 0,6767 h$	(0,91)	P = 131,81 + 0,1042 h	(0,98)	
ANNO	$P = 857,60 + 6,2821 h$	(0,96)	P = 1416,68 + 0,8936 h	(0,97)	

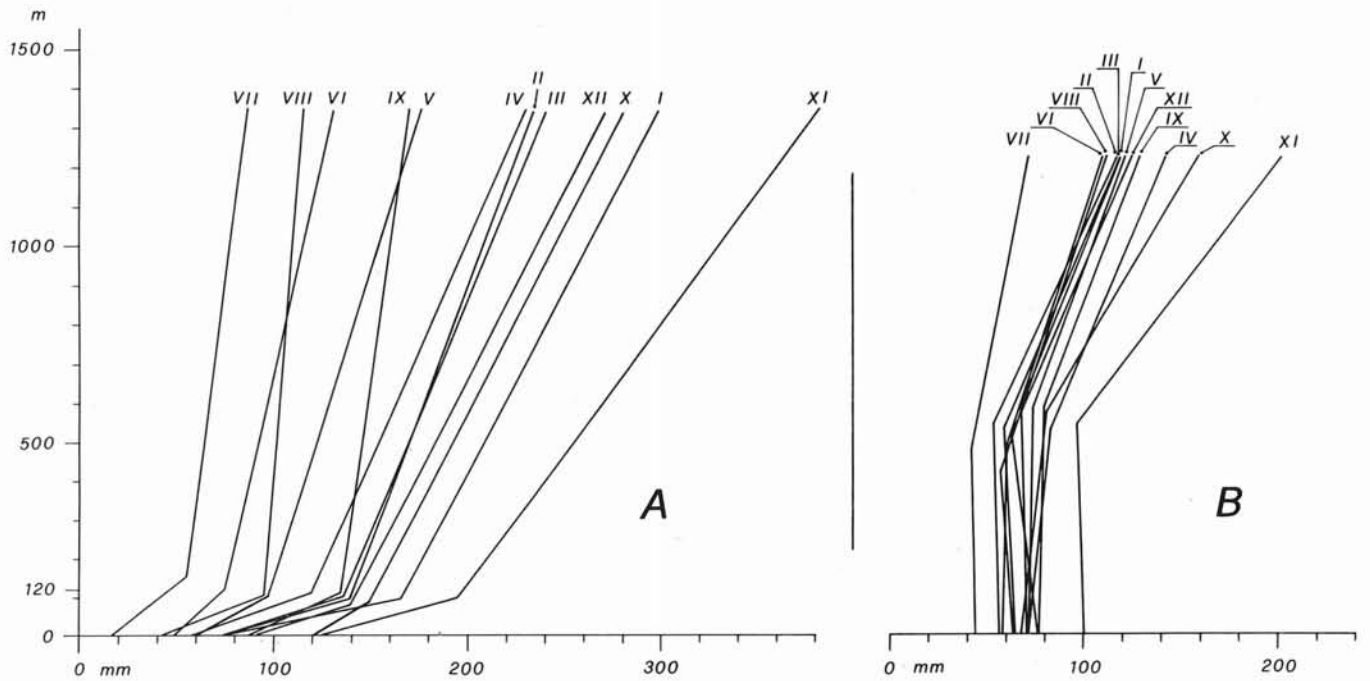


FIG. 6 - Gradienti altimetrici mensili delle piogge nel versante tirrenico (A) e in quello adriatico (B) (1961-1980).

in evidenza la quota media che esse raggiungono nei due versanti. La figura 8 mostra i livelli relativi alle precipitazioni medie di Luglio (il mese meno piovoso), di Novembre (il mese più piovoso) e dell'anno. Si osserva che le isoiete intersecano le due pendici a quote assai diverse tra loro; ad esempio quella dei 1500 mm annui si attesta sui 120 m nel lato tirrenico e sui 1150 m in quello adriatico con un dislivello di circa 1000 m. Tale dissimmetria è meno accentuata in Luglio poiché in questo mese le piogge sono scarse dappertutto.

Infine il diverso andamento delle precipitazioni con l'altitudine nei due versanti può essere confermato nell'analisi cronologica dei dati annuali messa in evidenza dal grafico della figura 9; vi si può notare tra l'altro che il gradiente del lato tirrenico si è mantenuto nei vent'anni di osservazione sempre più elevato di quello del lato orientale, conservando un valore circa doppio dell'altro.

TABELLA 7

GRADIENTE ALTIMETRICO MENSILE ED ANNUO DELLE PRECIPITAZIONI (mm/100 m) PER FASCE ALTIMETRICHE (1961-1980).
VERSANTE TIRRENICO.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Livorno-Bagni di L. (3-120 m)	92,3	67,8	59,7	56,8	36,6	23,2	25,2	50,6	46,4	33,9	74,6	67,7	628,2
Bagni di L.-Sperando (120-470 m)	5,3	2,7	4,6	5,5	1,3	1,6	5,1	-0,1	0,5	2,1	7,3	3,0	39,2
Porrino-Boscolungo (640-1340 m)	7,1	4,9	6,0	5,6	5,4	2,4	-0,5	1,7	2,2	5,2	12,5	9,3	61,1
Bagni di L.-Boscolungo (120-1340 m)	10,6	7,6	8,5	8,9	6,3	4,6	2,6	1,5	2,9	10,6	15,0	10,4	89,4
Livorno-Boscolungo (3-1340 m)	13,2	9,6	10,4	10,9	7,5	5,5	4,2	3,6	4,7	11,2	17,2	11,9	109,5

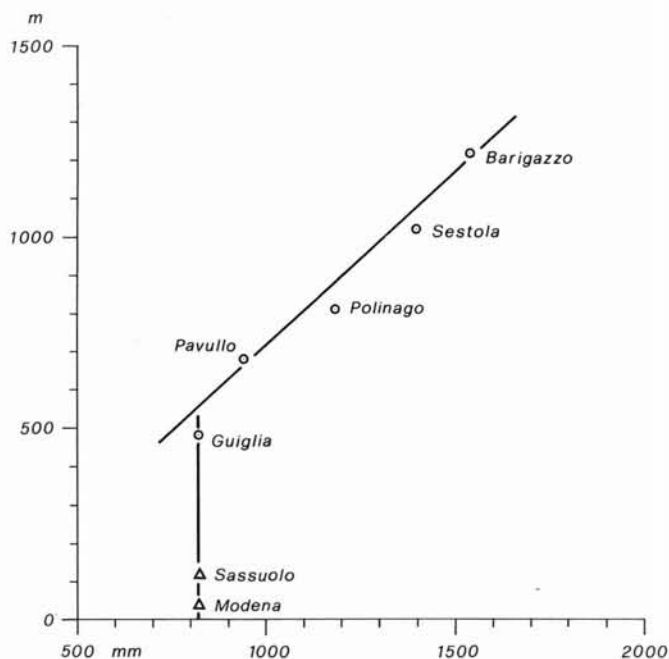


Fig. 7 - Gradienti altimetrici medi annui delle precipitazioni nel versante adriatico.

CONCLUSIONI

Con questo lavoro si è voluto studiare l'andamento spaziale e altitudinale delle piogge sui due versanti dell'Appennino tosco-emiliano, l'uno sopravvento e l'altro sotto-

vento alla direzione delle masse d'aria che, per la massima parte, sono di provenienza occidentale. Come risulta anche da precedenti ricerche sull'argomento (RYDEN, 1972; DOUGUEDROIT & DE SAINTIGNON, 1984), abbiamo potuto stabilire, nel nostro caso, che le precipitazioni aumentano con l'altitudine, senza tuttavia poter accertare a quale quota si manifesti il massimo pluviometrico.

Tuttavia il principale problema che emerge in questo studio è l'interpretazione della marcata asimmetria delle piogge tra i due versanti dell'Appennino. Una possibile spiegazione del fenomeno sta nel fatto che sul lato occidentale del rilievo le precipitazioni frontali si sommano all'effetto orografico, mentre il lato orientale è interessato prevalentemente da piogge frontali. Ciò si può mettere in relazione, come si è detto, al fatto che il verso dominante del moto delle masse d'aria che interessano l'Italia è da occidente a oriente. A riprova di quanto detto si fa rilevare ad esempio che le precipitazioni di Guiglia (483 m s.l.m.), stazione situata ai piedi del versante montuoso adriatico, sono uguali a quelle di Modena.

Per quanto riguarda il Monte Cimone la scarsità delle precipitazioni che ivi si registrano può essere dovuta in parte alla violenza dei venti che provoca errori di misura di entità superiore a quella delle stazioni di valle e di pendio e in parte al fatto che esso non causa un apprezzabile effetto barriera, trattandosi di un picco isolato ⁽³⁾.

⁽³⁾ Non riteniamo di dover elencare in questa sede i numerosi scritti che si riferiscono alle obiettive difficoltà di ottenere dati veramente attendibili sulle precipitazioni nelle parti più alte dei rilievi. Ricordiamo almeno i contributi del Simposio di Geilo (W.M.O., 1972) e lo studio di GIADA & ZANON (1985).

TABELLA 8

EQUAZIONI DELLE RETTE DI REGRESSIONE DELLA CORRELAZIONE TRA LE PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI ED ANNUE E L'ALTITUDINE (1961-1980). TRA PARENTESI È RIPORTATO IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE. VERSANTE ADRIATICO.

Tratto pedemontano				Tratto montano			
G	P =	65,23 - 0,0117 h	(-0,46)	P =	12,97 + 0,0866 h	(0,96)	
F	P =	57,00 - 0,0013 h	(-0,13)	P =	2,65 + 0,0941 h	(0,97)	
M	P =	71,47 - 0,0052 h	(-0,99)	P =	19,33 + 0,0825 h	(0,93)	
A	P =	71,39 + 0,0221 h	(0,97)	P =	36,71 + 0,0873 h	(0,97)	
M	P =	72,28 + 0,0037 h	(0,23)	P =	33,36 + 0,0725 h	(0,97)	
G	P =	58,10 + 0,0042 h	(0,52)	P =	23,50 + 0,0734 h	(0,99)	
L	P =	44,47 - 0,0044 h	(-0,53)	P =	24,64 + 0,0393 h	(0,99)	
A	P =	63,90 - 0,0133 h	(-0,67)	P =	27,00 + 0,0713 h	(0,99)	
S	P =	67,17 + 0,0228 h	(0,97)	P =	34,63 + 0,0775 h	(0,97)	
O	P =	77,51 + 0,0046 h	(0,67)	P =	12,21 + 0,1205 h	(0,93)	
N	P =	99,45 - 0,0041 h	(-0,97)	P =	10,01 + 0,1584 h	(0,96)	
D	P =	75,61 - 0,0246 h	(-0,98)	P =	15,54 + 0,0904 h	(0,97)	

ANNO P = 822,26 - 0,0040 h (-0,27)

P = 256,90 + 1,0514 h (0,98)

TABELLA 9

GRADIENTE ALTIMETRICO MENSILE ED ANNUO DELLE PRECIPITAZIONI (mm/100 m) PER FASCE ALTIMETRICHE (1961-1980).
VERSANTE ADRIATICO.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Modena-Guiglia (35-483 m)	-1,2	-0,1	-0,5	2,2	0,4	0,4	-0,4	-1,3	2,3	0,5	-0,4	-2,5	-0,4
Guiglia-Barigazzo (483-1224 m)	8,7	9,4	8,2	8,7	7,2	7,3	3,9	7,1	7,8	12,1	15,8	9,0	105,1
Modena-Barigazzo (35-1224 m)	4,5	5,0	4,0	6,0	4,1	4,6	2,4	4,3	5,1	6,8	8,6	4,2	59,8

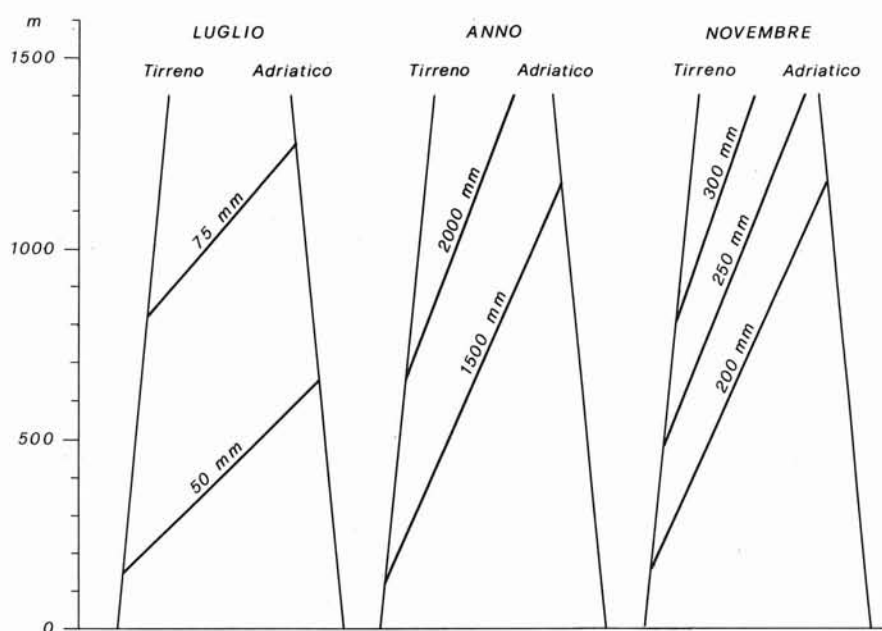


FIG. 8 - Livello altimetrico di alcune isoiete relative alle precipitazioni medie di Luglio, dell'anno e di Novembre: confronto tra il versante tirrenico e quello adriatico.

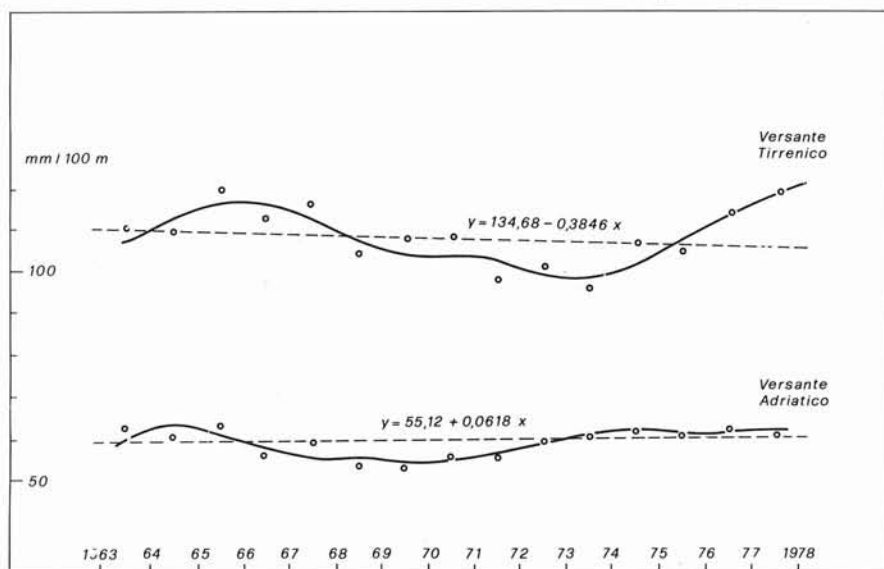


FIG. 9 - Medie mobili relative ai gradienti altimetrici annui delle precipitazioni nel periodo 1961-1980. Sono riportate anche le rette di tendenza e le rispettive equazioni.

TABELLA 10
 VARIAZIONE DEL GRADIENTE ALTIMETRICO DELLE
 PRECIPITAZIONI IN RAPPORTO ALLA PIOVOSITÀ ANNUA.

	Versante tirrenico			Versante adriatico		
	anno	mm	gradiente mm/100 m	anno	mm	gradiente mm/100 m
a)	1979	3689,8	158	1972	1817,6	63
b)	1971	1848,6	65	1967	1093,6	50
	rapporto a/b		2,4	rapporto a/b		1,3

a) Indica l'anno più piovoso; b) l'anno meno piovoso. I valori delle piogge, per semplicità, si riferiscono solo a Boscolungo per il versante occidentale e a Barigazzo per quello orientale.

Del resto il ruolo svolto dalla morfologia sull'andamento delle precipitazioni è stato ampiamente trattato dai geografi ed in particolare dai ricercatori francesi. Anche in Italia il problema non è stato trascurato; ricordiamo i lavori di ORTOLANI (1937), TREVISAN (1949), PINNA (1977) e CAVAZZA (1985), nel secondo dei quali, ad esempio, si afferma che la quantità di pioggia non dipende dall'altitudine assoluta della stazione, ma molto anche dall'altitudine e pendenza dei rilievi circostanti e dalla distanza di essi dalla stazione stessa. In effetti il fortissimo gradiente registrato tra Livorno e Bagni di Lucca (628,2 mm/100 m) dipende dalle piogge orografiche di quest'ultima località che, pur trovandosi ad una quota di appena 120 m, giace ai piedi del rilievo appenninico.

Ponendo in relazione le precipitazioni con il gradiente risulta che questo aumenta con l'aumentare delle piogge mensili ed annue, sia pure in misura diversa nei due versanti. Il carattere mensile del fenomeno è stato precedentemente trattato; nella tabella 10 invece si illustra la relazione esistente tra il gradiente e le precipitazioni annue nei casi estremi di piovosità. Si può osservare pertanto che esso è maggiore negli anni più piovosi e minore in quelli meno piovosi e inoltre che il rapporto tra i gradienti dell'anno più umido e di quello più arido è maggiore nel versante tirrenico che in quello adriatico.

I risultati del nostro studio confermano pertanto la dif-

ficoltà di individuare una metodologia generale per l'estrapolazione delle piogge in montagna, a causa dell'influenza dell'esposizione e della morfologia. Tuttavia si è potuto constatare che, ad eccezione del tratto pedemontano adriatico le precipitazioni variano linearmente con l'altitudine, sia pure con diversi valori del gradiente nei vari settori in cui si sono potuti suddividere i due versanti.

BIBLIOGRAFIA

- CAVAZZA S. (1985) - *Sui moderni criteri di calcolo dell'afflusso meteorico*. In: «PINNA M. (a cura) - *Contributi di Climatologia*», Mem. Soc. Geogr. It., 39, 239-277.
- DOUGUEDROIT A. & DE SAINTIGNON M. F. (1984) - *Les gradients de températures et de précipitations en montagne*. Rev. Géogr. Alpine, 72, 225-240.
- FROSINI P. (1961) - *La carta della precipitazione media annua per il trentennio 1921-1950*. - Min. LL. PP. - Servizio Idrografico, 24 (13), 47 pp., Poligrafico dello Stato, Roma.
- GIADA M. & ZANON G. (1985) - *Sulla misura e sul comportamento delle precipitazioni ad alta quota*. In: «PINNA M. (a cura) - *Contributi di climatologia*», Mem. Soc. Geogr. It., 39, 129-146.
- I.S.T.A.T. - *Annuario di Statistiche Meteorologiche*. 1962-1981. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MIN. LL. PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO - *Annali Idrologici. Parte I*, 1961-1980. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MORI A. (1964) - *Carta delle precipitazioni medie annue in Italia (trentennio 1921-1950)*. C.N.R., Roma.
- MORI A. (1969) - *Carta dei regimi pluviometrici d'Italia (trentennio 1921-1950)*. C.N.R., Roma.
- ORTOLANI M. (1937) - *Sulle variazioni della piovosità con l'altezza*. Boll. R. Soc. Geogr. It., Ser. 7, 4, 270-304.
- PICONE E. G. & GRIMIGNANI M. (1966) - *Sull'analisi «doppia cumulata» per precipitazioni annue*. L'Energia elettrica, 9, 521-530.
- PINNA M. (1977) - *Climatologia*. UTET, Torino, 442 pp.
- PINNA M. & VITTORINI S. (1985) - *Contributo alla determinazione dei regimi pluviometrici in Italia*. In: «PINNA M. (a cura) - *Contributi di climatologia*», Mem. Soc. Geogr. It., 39, 147-168.
- RYDEN B. E. (1972) - *On the problem of vertical distribution of precipitation, especially in areas with great height differences*. In: «WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Distribution of precipitation in mountainous areas*». Geilo Symposium, Norway, 31 Juli - 5 August 1972, Vol. I, 362-372.
- TOMASINO M. (1971) - *Il metodo degli scarti cumulati per la verifica della omogeneità di dati idrometeorici*. L'Acqua, 63-67.
- TREVISAN L. (1949) - *Sui rapporti fra precipitazioni e rilievo nella regione apuana*. Atti XIV Congr. Geogr. It., Bologna, 340-342.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1972) - *Distribution of precipitation in mountainous areas*. Geilo Symposium, Norway, 31 Juli - 5 August 1972, Vol. I, p. 228; Vol II, p. 587.