

SUL REGIME PLUVIOMETRICO DI FIRENZE (1832-1949)

REGINALDO CIANFERONI

L'Osservatorio meteorologico del Museo dell'Università di Firenze (*) possiede una serie ininterrotta di osservazioni della quantità e della frequenza delle precipitazioni dal 1832 ad oggi. L'intensità della pioggia è, invece, registrata da tempo relativamente recente. In questa nota terremo conto solo degli elementi dei quali si possiedono i valori completi per l'intero periodo. Avvertiamo, però, che i dati degli anni 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873 e 1933, 1934, 1935, 1936 sono quelli raccolti dall'Osservatorio Ximeniano (posto nella stessa città di Firenze a circa 1200 metri di distanza), perché, in quegli anni, gli strumenti di raccolta di detto Osservatorio non poterono funzionare in modo sicuramente attendibile.

Le medie che verranno fornite nel corso di questa nota, qualche volta, si discostano da quelle calcolate e rese note nell'« Annuario del R. Osservatorio del Museo in Firenze (1911) » per cura dell'allora direttore Antonino Lo Surdo. Ciò è dovuto alla circostanza sopra accennata e al periodo più lungo di osservazioni ora possedute.

La pioggia e la neve cadute sono raccolte in un unico dato: la neve è registrata in mm secondo la quantità di acqua proveniente dalla sua fusione.

Quantità media della pioggia nei 118 anni (1832-1949) e scostamenti massimi. — Un così lungo periodo di anni di osservazioni può permettere di ricercare se vi sono state variazioni nelle caratteristiche di questo elemento meteorologico.

Infatti prendendo in esame, non l'intero periodo di 118 anni, ma frazioni più o meno lunghe di tale periodo si nota che le relative medie sono diverse, e qualche volta notevolmente, le une dalle altre. Ciò non accade per altri elementi meteorologici, i quali, pur avendo

(*) Coordinate geografiche: latit. 43°46' — longit. 1°12'W — altitudine sul livello del mare m. 50.

una variabilità annua piuttosto grande ripetono, in un numero sufficientemente lungo di anni, le stesse medie. Per quest'ultimo fatto si può escludere che si tratti di un'oscillazione climatica a periodo più o meno lungo perché in tal caso sarebbe difficile immaginare che tale oscillazione non influenzasse anche altri elementi meteorologici. Ad uguale conclusione, del resto, si giunge esaminando i dati pluviometrici con criteri statistici. Con tali criteri G. Armellini Conti ⁽¹⁾ è giunta, infatti, alla conclusione che le variazioni notate di anno in anno nella quantità di pioggia sono interpretabili come un fenomeno casuale.

Tuttavia è molto probabile che le medie calcolate per l'intero periodo varieranno di poco anche quando vi saranno altri numerosi anni di osservazioni a meno che — s'intende — non si registrino reali variazioni climatiche che possono essere dovute anche all'opera dell'uomo (rimboschimenti o disboscamenti ecc.). Per i 118 anni considerati, la media annuale della pioggia è di mm 838.8 \pm 15.6. Lo scostamento medio di ogni anno risulta di \pm 170 mm. Entro tale scostamento medio sono compresi 89 dei 118 anni, mentre i rimanenti 29 ne sono fuori ed assumono quindi un carattere di eccezionalità.

Gli scostamenti più forti in meno, rispetto alla media annuale, si sono registrati: nel 1894 in cui caddero mm 399.0 di pioggia; nel 1945 in cui caddero mm 400.8 e nel 1834 con mm 430.1.

D'altra parte gli scostamenti più forti in più si sono avuti nel 1838 con pioggia di mm 1349.9; nel 1851 con mm 1157.1; nel 1898 con mm 1144.7 e nel 1815 con mm 1143.4.

Distribuzione mensile della quantità. — Per rendere facile il confronto fra il regime pluviometrico della località presa in esame e quello degli altri luoghi è già usata da molto tempo in meteorologia la media relativa, ovvero la media espressa in millesimi della media annua $\left(\frac{\text{media mensile} \times \text{mille}}{\text{media annua}} \right)$.

Tuttavia questo metodo, se rende confrontabili fra di loro i diversi regimi pluviometrici, non rende ugualmente confrontabili fra di loro i singoli mesi a causa del diverso numero di giorni di cui sono

⁽¹⁾ G. ARMELLINI CONTI, *La pioggia invernale a Roma dal 1825 al 1949*. Lincei Rend. Sc. fis. mat. e nat., vol. VI, giugno 1949.

composti. Per raggiungere invece, contemporaneamente, anche quest'ultimo scopo abbiamo moltiplicato la soprascritta formula per $\frac{365}{g \times 12}$ in cui g è il numero dei giorni del mese. Per semplicità febbraio è stato considerato di 28 giorni. La media relativa risulta così perequata dal numero dei giorni del mese. Chiameremo la prima Mr e la seconda Mrp .

TABELLA I

Medie - Medie relative - Medie relative perequate - Estremi massimi e minimi di ciascun mese

M e s i	Medie normali	Medie relative	Medie relative perequate	E s t r e m i	
				Massimi	Minimi
Gennaio	65.0	78	76	291.2 (1838)	4.1 (1888)
Febbraio	60.1	72	78	218.4 (1853)	0.0 (1949)
Marzo	70.7	81	83	257.5 (1866)	0.0 (1948)
Aprile	70.5	81	85	202.7 (1879)	3.4 (1870)
Maggio	73.7	88	86	198.2 (1900)	7.3 (1923)
Giugno	55.5	66	67	239.2 (1915)	0.0 (1915)
Luglio	30.4	36	36	151.1 (1898)	0.0 (8 anni)
Agosto	42.8	51	50	159.7 (1904)	0.0 (2 anni)
Settembre	76.9	92	93	256.8 (1882)	0.0 (1865)
Ottobre	108.1	129	126	338.6 (1935)	6.5 (1921)
Novembre	106.9	127	129	327.6 (1851)	0.0 (1924)
Dicembre	78.2	93	91	300.2 (1869)	0.0 (1843)
Anno	838.8	1000	1000	1319.9 (1838)	399.0 (1894)

Dalla tabella e dai grafici (fig. 1) risulta chiaramente il più preciso significato della media relativa perequata nei confronti delle medie comunemente adottate: mentre il grafico ricavato dalle medie del mese, o da quelle relative, presenta delle irregolarità (ad esempio febbraio ha un minimo secondario) in quello ricavato dalla media relativa perequata la curva è più regolare (ad esempio, anziché presentare oscillazioni in più e in meno, gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio salgono gradualmente). Il massimo secondo la Mrp si ha in novembre anziché in ottobre.

Con le sole medie mensili, stagionali o annuali è difficile determinare il regime pluviometrico di una località. Infatti tali medie possono essere il risultato di distribuzioni molto diverse nelle quantità di precipitazione. Allo scopo di illustrare queste distribuzioni per

quanto riguarda le quantità di pioggia diamo i grafici relativi (figure 2-a e 2-b).

Come risulta dai grafici i mesi con valori inferiori alla media sono sempre in numero maggiore di quelli con valori superiori. Nei mesi le frequenze massime delle altezze di precipitazione si hanno sempre a valori inferiori alla media. Ciò — con maggiore evidenza — si vede per febbraio, giugno, luglio, ottobre. Nel loro complesso i mesi che hanno valori inferiori alla loro media sono il 57%.

Per quanto riguarda l'attendibilità delle medie mensili fornite,

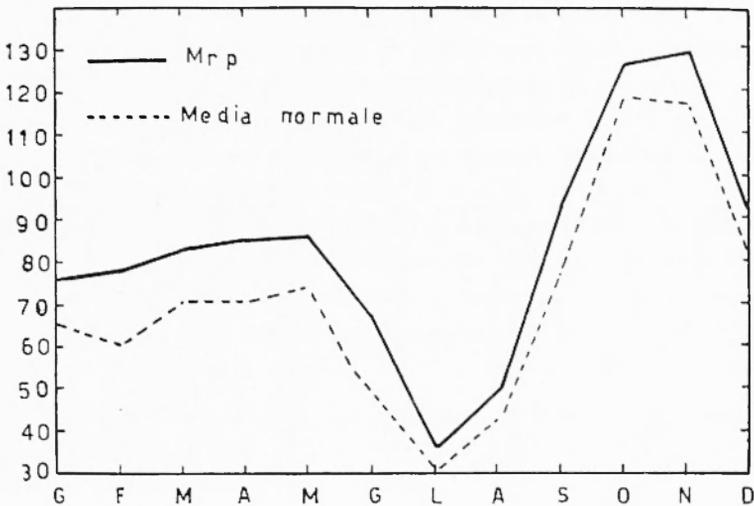


Fig. 1 - Valori medi mensili della quantità della precipitazione

e allo scopo di dare un'indicazione, diamo per gennaio lo scostamento della media: ± 4 . Lo scostamento medio è di ± 47 . Ventotto volte, nel corso dei 118 anni, i mesi di gennaio presentano scostamenti maggiori.

Distribuzione stagionale della quantità. — Supponendo che le precipitazioni siano, nella loro quantità, ripartite uniformemente durante tutti i mesi dell'anno e facendo le differenze con la pioggia che effettivamente cade ricaviamo la tabella II. Nella tabella II sono pure riportate le medie e gli estremi stagionali.

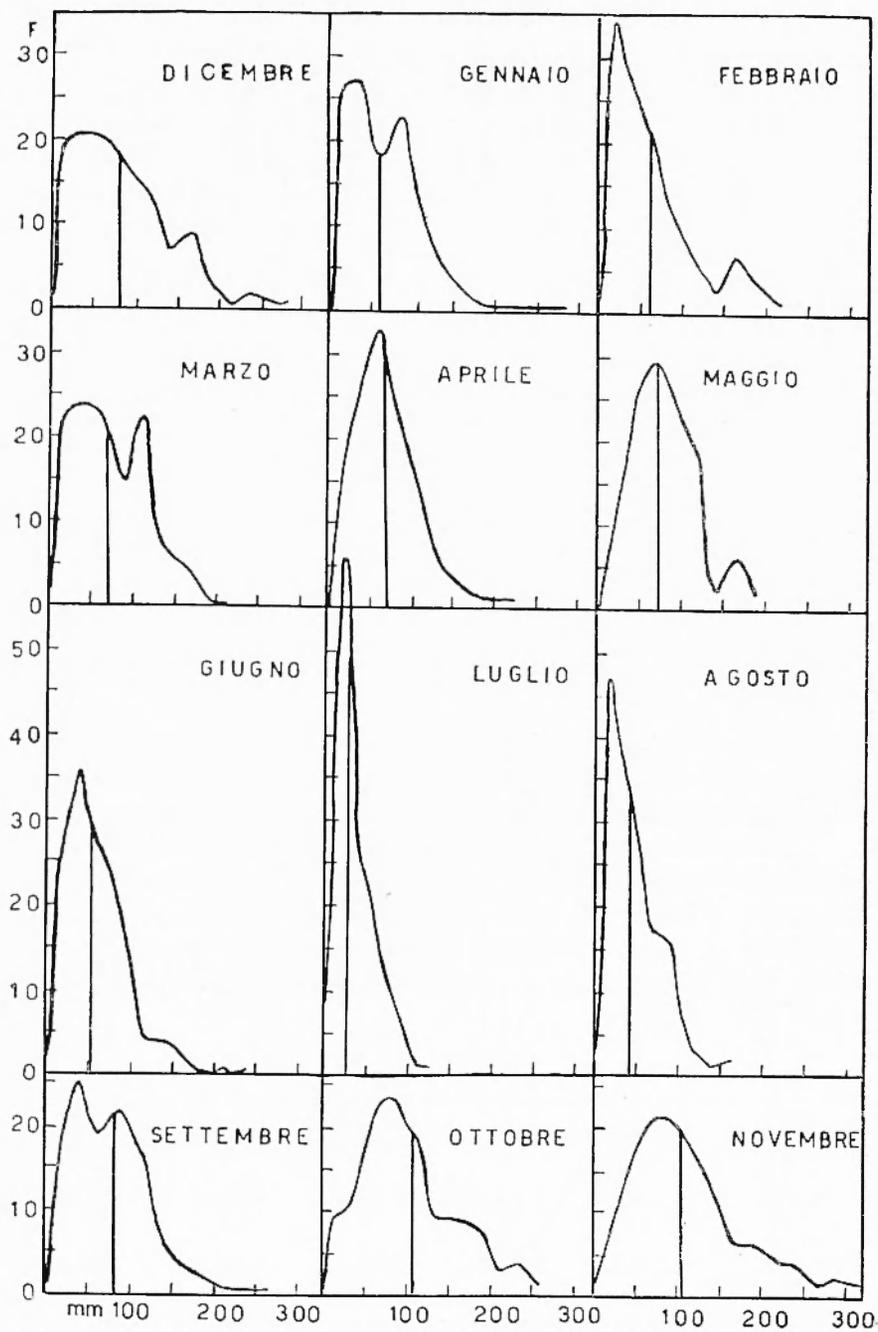


Fig. 2 a) - Frequenze mensili della quantità di precipitazione

TABELLA II

Mesi	Precipitazione media	Ripartizione uniforme	Differenze mensili	Differenze stagionali	Medie ed estremi stagionali
<i>Inverno</i>					
Dicembre	78.2	71.2	+ 7.0		203.3
Gennaio	65.0	71.2	- 6.2	- 3.5	565.4 (1838)
Febbraio	60.1	64.4	- 1.3		44.2 (1849)
<i>Primavera</i>					
Marzo	70.7	71.2	- 0.5		214.9
Aprile	70.5	69.0	+ 1.5	+ 3.5	438.6 (1866)
Maggio	73.7	71.2	+ 2.5		70.9 (1834)
<i>Estate</i>					
Giugno	55.5	69.0	-13.5		128.7
Luglio	30.4	71.2	-40.8	-82.7	300.5 (1904)
Agosto	42.8	71.2	-28.4		19.9 (1879)
<i>Autunno</i>					
Settembre	76.9	69.0	+ 7.9		291.9
Ottobre	108.1	71.2	+36.9	+ 82.7	686.8 (1851)
Novembre	106.9	69.0	+37.9		55.8 (1921)

Abbiamo dunque — anche se la coincidenza dei numeri è puramente casuale — questo fenomeno caratteristico: la pioggia che viene in meno d'estate viene in più d'autunno.

L'andamento pluviometrico stagionale si può anche illustrare contando il numero delle volte in cui si è verificata una certa successione delle quattro stagioni (*I* inverno, *P* primavera, *E* estate, *A* autunno) classificate in ordine decrescente secondo la quantità di pioggia. I risultati, nelle ventiquattro permutazioni possibili, sono riportate nella tabella III.

TABELLA III

A.P.I.E. 21	A.I.P.E. 18	A.P.E.I. 16	A.I.E.P. 6	A.E.P.I. 1	A.E.I.P. 2
P.A.I.E. 7	P.A.E.I. 7	P.I.A.E. 6	P.E.I.A. 1	P.I.E.A. 1	P.E.A.I. 0
I.A.P.E. 9	I.P.A.E. 7	I.A.E.P. 4	I.P.E.A. 3	I.E.A.P. 3	I.E.P.A. 1
E.A.P.I. 1	E.P.A.I. 1	E.I.A.P. 0	E.P.I.A. 0	E.I.P.A. 0	E.A.I.P. 0

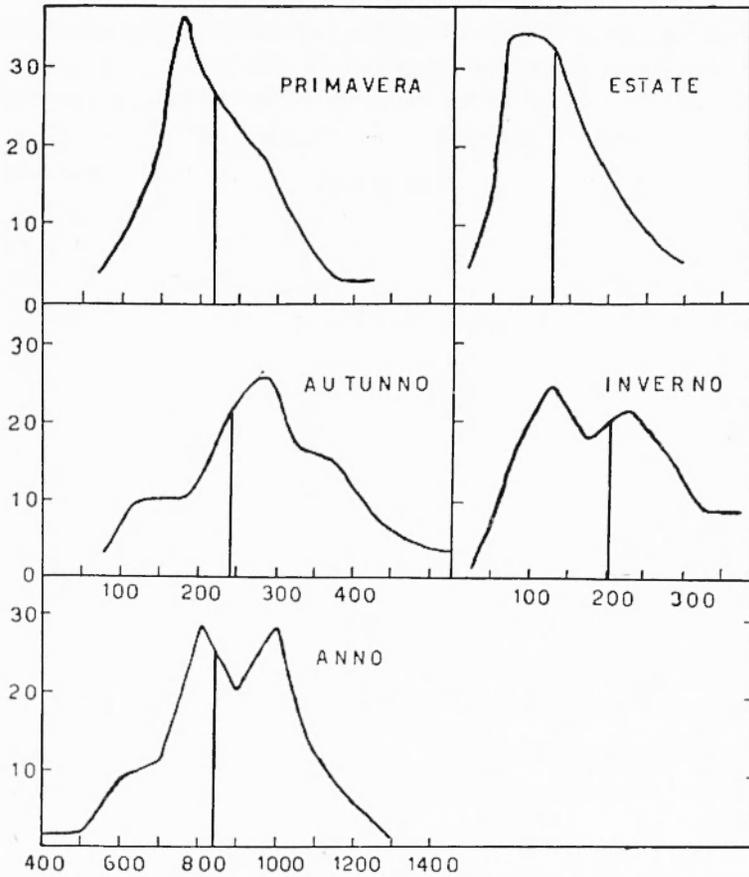


Fig. 2b) - Frequenze stagionali e annuali della quantità di precipitazione

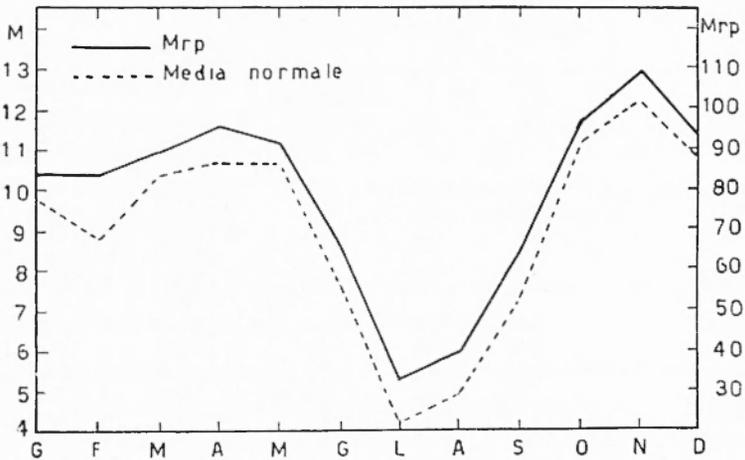


Fig. 3 - Numero medio dei giorni piovosi mensili

L'ordine stagionale delle medie (ricavabile dalla tabella II) è quello che ha la frequenza maggiore (21 volte).

Le singole stagioni hanno occupato nella successione quantitativa delle precipitazioni i seguenti posti:

TABELLA IV

	1° posto	2° posto	3° posto	4° posto
Autunno	67	28	17	6
Primavera	22	48	33	15
Inverno	27	31	31	29
Estate	2	11	37	68

Risulta, dunque, confermato l'opposto regime dell'estate e dell'autunno; l'inverno e la primavera — che secondo le medie sono stagioni poco diverse — si differenziano un po' perché gli inverni sono distribuiti quasi ugualmente nei quattro posti, mentre la primavera si trova preferibilmente nei due posti centrali.

Studio della frequenza. — La media annuale dei giorni nei quali si è avuta una precipitazione misurabile è di 107.8. Il massimo sco-

TABELLA V

Descrizione	Medie normali	Medie relative	Medie relative ponderate	E s t r e m i	
				Massimi	Minimi
Gennaio . . .	9.7	90	88	26 (1856)	2 (1896)
Febbraio . . .	8.7	81	88	21 (1853) (1879)	0 (1949)
Marzo	10.3	96	94	24 (1888)	0 (1948)
Aprile	10.6	98	100	24 (1879)	1 (1865)
Maggio	10.6	98	96	20 (1855) (1851)	1 (1923)
Giugno	7.6	71	71	16 (1881) (1909)	1 (1836)
Luglio	4.2	39	38	12 (1932)	0 (8 anni)
Agosto	4.9	45	44	17 (1896)	0 (1832 : 1915)
Settembre . . .	7.3	68	69	20 (1882)	0 (1865)
Ottobre	11.1	103	101	21 (1889)	1 (1921)
Novembre . . .	12.1	112	114	26 (1878)	0 (1924)
Dicembre . . .	10.7	99	97	24 (1869)	0 (1843)
Anno	107.8	1000	1000	157 (1853)	52 (1945)

stamento da questa media in senso positivo si è verificato nel 1853 con 157 giorni piovosi. Il massimo scostamento in senso negativo nel 1945 con giorni 52.

Anche per la frequenza delle precipitazioni abbiamo quindi una grande variabilità come si può vedere dai grafici (fig. 4).

La tabella V riporta le medie mensili ed annuali dei giorni con precipitazione.

A causa della diversa intensità media per ogni giorno piovoso della pioggia mensile l'ordine di successione dei mesi secondo il numero delle precipitazioni è diverso da quello della quantità.

Questa diversità è ben marcata dalla tabella VI nella quale si fanno per le frequenze confronti analoghi a quelli fatti per le quantità alla tab. II. Risulta che inverno, primavera ed autunno presentano tutti un numero di precipitazioni superiore a quello che si avrebbe con la ripartizione uniforme dell'anno. L'estate ha in meno i giorni con precipitazione che sono in più nelle altre stagioni.

Intensità media per ogni giorno piovoso di ciascun mese. — Dividendo i valori della quantità media di pioggia per i corrispondenti valori della frequenza otteniamo la intensità media della pioggia per ogni giorno piovoso.

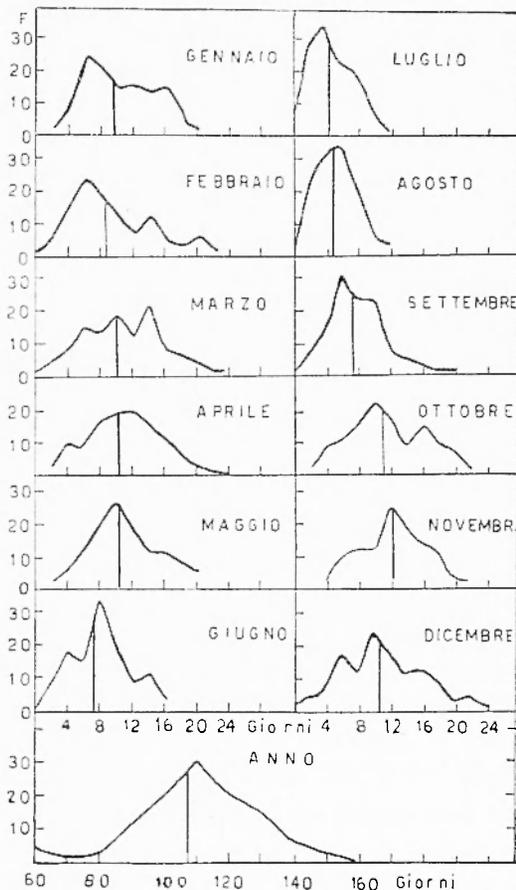


Fig. 4 - Frequenze mensili e annuali dei giorni con precipitazione

TABELLA VI

Mesi	Precipitazione media	Ripartizione uniforme	Differenze mensili	Differenze stagionali
<i>Inverno</i>				
Dicembre	10.7	9.2	+ 1.5	
Gennaio	9.7	9.2	+ 0.5	+ 2.5
Febbraio	8.7	8.2	+ 0.5	
<i>Primavera</i>				
Marzo	10.3	9.2	+ 1.1	
Aprile	10.6	8.8	+ 1.8	+ 1.3
Maggio	10.6	9.2	+ 1.4	
<i>Estate</i>				
Giugno	7.6	8.8	- 1.2	
Luglio	4.2	9.2	- 5.0	- 10.5
Agosto	4.9	9.2	- 4.3	
<i>Autunno</i>				
Settembre	7.3	8.8	- 1.5	
Ottobre	11.1	9.2	+ 1.9	+ 3.7
Novembre	12.1	8.8	+ 3.3	

Nella tabella VII indichiamo tali valori e gli estremi minimi e massimi verificatisi in ciascun mese e nei singoli anni.

TABELLA VII

Mese	Intensità media per ogni giorno piovoso	Estremi	
		Minimi	Massimi
Gennaio	6.7	1.0 (1898)	22.5 (1867)
Febbraio	6.9	0.2 (1819)	21.1 (1837)
Marzo	6.9	0.5 (1948)	20.4 (1839)
Aprile	6.7	0.8 (1870)	14.4 (1839)
Maggio	7.0	1.6 (1913)	15.4 (1840)
Giugno	7.3	0.8 (1931)	33.3 (1856)
Luglio	7.2	0.1 (1853)	28.1 (1891)
Agosto	8.7	0.3 (1894)	23.5 (1926)
Settembre	10.5	1.0 (1954)	21.9 (1901)
Ottobre	9.7	2.1 (1856)	20.5 (1836)
Novembre	8.8	2.7 (1881)	21.8 (1926)
Dicembre	7.3	0.9 (1865)	19.8 (1865)
Anno	7.8	4.2 (1894)	12.6 (1838)

È chiaro che le precipitazioni minime e massime assolute annuali (tabella I) coincidono — come dimostra la tabella VII — con i minimi e i massimi dell'intensità media per ogni giorno piovoso. E precisamente l'anno 1894 registrò la minima quantità assoluta di pioggia perché i 95 giorni con precipitazione, che sono di poco inferiori alla media, ebbero la minima intensità media di pioggia; l'anno 1838 registrò la massima precipitazione annuale perché ebbe la massima intensità di pioggia. In quell'anno, infatti, i giorni piovosi (106) furono vicinissimi alla media (107.8).

Da ciò si può dedurre che l'intensità media della pioggia — per lo meno a Firenze — ha una grande influenza nel determinare la quantità totale annuale delle precipitazioni. Naturalmente anche il numero dei giorni piovosi ha, in tal senso, la sua influenza e, infatti, l'anno 1915 che ebbe il minimo dei giorni piovosi (52) registrò mm 400.8 di precipitazioni; mentre l'anno 1853 che ebbe il massimo dei giorni piovosi registrò mm 1114.5 di pioggia occupando il sesto posto nella graduatoria dei massimi.

Eventuale correlazione con l'attività solare. — La ricerca di una eventuale influenza dell'attività solare sulle precipitazioni è, certamente, molto difficile perché la pioggia, come dimostrano i dati riportati precedentemente, ha un carattere molto vario e casuale.

Per investigare una eventuale correlazione con i fenomeni solari sarebbe necessario poter isolare i fattori particolari che, senza dubbio, sono quelli che determinano la grande variabilità delle precipitazioni e, per questo, occorrerebbe disporre di dati di un vastissimo territorio o, meglio, dell'intera superficie della terra in modo che le fluttuazioni locali si compensassero fra di loro. Questo non è per il momento possibile: tuttavia si potrebbe pensare che il gran numero di anni a nostra disposizione ci permetta di avere — con il fattore tempo anziché con quello spazio — una sufficiente, se non completa, compensazione tanto da poter trarre alcune indicazioni che, pur avendo bisogno di più sicure conferme, potrebbero servire di base per altre future ricerche.

Non è stato possibile riconoscere alcuna correlazione dal confronto fra la pioggia caduta durante il periodo di ascesa dell'attività solare e quella caduta durante il periodo di discesa di tale attività. Ciò era prevedibile se l'eventuale influenza viene attribuita all'entità media delle perturbazioni solari poiché in tal caso in ambedue le fasi ab-

biamo una somma di perturbazioni press'a poco uguale. Quello che varia è solo la latitudine media delle macchie.

Ho allora messo a confronto in ciascun cielo quattro anni attorno al massimo di attività solare coi quattro anni di attività solare minima, omettendo gli altri. Ed ecco il risultato esposto nella tabella VIII.

TABELLA VIII

Anni di minima attività solare		Anni di massima attività solare		Max-Min
Anni	Pioggia dei 4 anni	Anni	Pioggia dei 4 anni	
1832-1835	2757,9	1836-1839	4329,0	+ 1571,1
1841-1844	3145,8	1846-1849	3351,9	+ 209,1
1854-1857	3155,0	1858-1861	2744,5	- 410,5
1865-1868	3554,5	1869-1872	3821,1	+ 266,6
1876-1879	3254,5	1881-1884	2911,4	- 343,1
1887-1890	3072,8	1892-1895	3155,2	+ 82,4
1899-1902	3717,2	1904-1907	3736,6	+ 19,8
1911-1914	3117,4	1915-1918	3345,4	+ 193,0
1921-1924	2841,2	1926-1929	3267,6	+ 426,4
1931-1934	3904,7	1936-1939	3373,3	- 531,4
1942-1945	2772,1	1946-1949	3335,2	+ 563,1
44 anni	35323,1		37374,2	+ 2051,1
Media annuale	802,8		819,4	+ 45,7

Negli 11 confronti della tabella VIII abbiamo dunque che per otto volte è piovuto di più nei quattro anni di massimo e meno nei quattro anni di minimo. Per tre volte si è avuto il caso inverso.

La pioggia totale degli anni di minimo risulta — nei confronti degli anni di massimo — pari al 94,5%.

La media degli 11 valori nell'ultima colonna della tabella VIII risulta + 187 mm (pioggia in più dei quattro anni di massima nei confronti dei quattro anni di minima attività solare) con un errore medio di \pm 161 mm. Come si vede la supposta influenza dell'attività solare è dubbia anche a causa del forte scostamento registrato nei primi due quadrienni.

È necessario anche notare che il fenomeno notato non si riproduce considerando i mesi anziché gli anni. Infatti prendendo i mesi con $R < 1,0$, in cui R è il numero di Wolf, i mesi cioè nei quali l'attività delle macchie era quasi inesistente e che, quindi, dovrebbero avere al massimo grado la notata influenza, questi non presentano nessun comportamento particolare. Il che però potrebbe voler dire

soltanto che l'influenza delle macchie solari sulla pioggia non è immediata.

Per un controllo circa l'attendibilità degli scostamenti riportati nella tabella VIII ci possiamo servire anche dello scostamento medio annuale che precedentemente abbiamo trovato essere uguale a $+170$ mm. Per 44 anni esso si riduce a $\frac{170}{44} \pm 26$. La media della quantità di pioggia caduta attorno al minimo dell'attività solare va un po' oltre tale scostamento risultando questo -36 . La media della quantità di pioggia caduta negli anni di massima attività solare, invece, rientra nei limiti di tale scostamento risultando questo di 10 mm. Tuttavia questi fatti risultano ulteriormente confermati — per brevità non riportiamo i dati relativi — prendendo, anziché quattro, tre anni intorno al minimo e al massimo attività solare.

In conclusione, però, c'è molta incertezza su una eventuale correlazione fra l'attività solare e il regime pluviometrico di Firenze e ciò era da aspettarsi per le ragioni accennate. Molto cautamente si può accennare come durante gli anni di minima attività solare si verificherebbero condizioni favorevoli ad una minore piovosità fatto che risulta con maggiore evidenza dalle ricerche sulla crescita annuale degli alberi secolari ed anche da altri analoghi studi.

Mi è grato dovere ringraziare il prof. Giorgio Abetti e il prof. M. G. Fracastoro per i suggerimenti datimi.

Osservatorio Astrofisico di Arcetri e Osservatorio Meteorologico del Museo di Firenze — Marzo 1950.

RIASSUNTO

Si danno le caratteristiche del regime pluviometrico di Firenze riguardanti la quantità e la frequenza delle precipitazioni, secondo i dati raccolti dal 1832 al 1949.

Si studiano eventuali correlazioni fra l'attività solare e il regime pluviometrico di Firenze.

BIBLIOGRAFIA

- (1) *Archivio meteorologico centrale italiano nell'I. E. R. Museo di Fisica e Storia Naturale*. Firenze 1858.
- (2) *Annali del R. Museo di Fisica e Storia Naturale di Firenze per il 1865*. Nuova Serie, vol. I, 1866.
- (3) *Pubblicazioni periodiche di meteorologia a cura dell'Osservatorio del Museo: 1872-1909*.
- (4) A. Lo SURDO, *Annuario del R. Osservatorio del Museo in Firenze (1911)*. Firenze 1914.
- (5) G. ALFANI, *Un secolo di osservazioni meteorologiche*. Firenze 1920.