

SEVERINO BELLONI

TEMPERATURE MEDIE ANNUE E MENSILI NEL BACINO PADANO E PARAMETRI FISICI DERIVATI (*)

ABSTRACT: BELLONI S., *Average annual and monthly temperatures in the Po River valley and consequent physical parameters* (IT ISSN 0084-8948, 1982).

On the basis of the minimum and maximum daily temperatures of the thermometric stations in the Po Valley, relevant to the year 1970, the thermic average annual gradient and its annual cycle, based on the altitude, the number of days without thaw, with and without frostness, in function of the annual and monthly average temperatures and the altitude, have been determined. Also the number of days with an average temperature greater than or equal to 10 °C, in function of the average annual and monthly temperatures, and the altitude as well as the annual variation of the average monthly temperature in function of the average annual temperature and the altitude have been determined. The relevant regressions have been calculated by the method of the minimum squares and the obtained functions have been represented by cartesian diagrams, in order to allow the computation of the parameters in places without thermometric stations.

RIASSUNTO: BELLONI S., *Temperature medie annue e mensili nel bacino padano e parametri fisici derivati* (IT ISSN 0084-8948, 1982).

Sulla base delle temperature minima e massima diurne delle stazioni termometriche del bacino padano, relative all'anno 1970, sono stati determinati il gradiente termico medio annuo e il suo regime, in funzione dell'altitudine, il numero di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine, il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine e l'escursione annua della temperatura media mensile in funzione della temperatura media annua e dell'altitudine. Sono state calcolate col metodo dei minimi quadrati le regressioni relative e sono state rappresentate in diagrammi cartesiani le funzioni così ottenute, allo scopo di fornire uno strumento per il calcolo dei parametri studiati in località prive di stazioni termometriche.

TERMINI-CHIAVE: Climatologia; temperatura; regressione statistica; bacino padano.

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro è una ricerca preliminare a carattere statistico che si propone lo scopo di fornire agli studiosi di Climatologia applicata alla vegetazione, al suolo, alle forme del rilievo, ai dissesti idrogeologici, all'ambiente, ecc. nella regione in esame, un mezzo di ricerca in grado di dare una serie di funzioni algebriche e di diagrammi, che permettano di passare, facilmente e con suf-

ficiente approssimazione, dai dati del regime termico annuo di una o più stazioni, dotate di strumenti di misura della temperatura, cioè delle temperature medie mensili ed annue, agli analoghi dati di altre stazioni di altitudine nota, ma prive di strumenti di misura delle temperature, nonché ai dati relativi al numero di giorni di permanenza di una determinata temperatura nell'atmosfera e, da questo, alle carte delle termoisocrone, cioè delle linee di uguale durata di una determinata condizione termica. Questa temperatura o questa condizione termica possono essere un fattore limitante per la vegetazione in genere o per determinate specie vegetali, oppure possono rappresentare la condizione di passaggio di stato dell'acqua, o la condizione limite per una determinata situazione legata all'efficienza termica dell'atmosfera, ecc. Questa ricerca utilizza i dati termici forniti dalle stazioni termometriche in funzione, durante l'anno 1970, nel bacino padano. Questo bacino comprende tutti gli affluenti di sinistra e di destra del Po, ha una superficie di 70 091 km² (alla stazione di Pontelagoscuro, ove si considera chiuso il bacino alimentatore) e presenta l'altitudine massima di 4 807 m (M. Bianco).

L'indagine è nata dal desiderio di ridurre la notevole quantità di tempo necessaria per calcolare, mediante l'analisi e l'elaborazione delle temperature diurne, alle ore sinottiche, oppure minime e massime, di numerose stazioni meteorologiche, il parametro termico che definisce la durata del periodo vegetativo secondo RUBNER (1934), o secondo PATERSON (1955), oppure per definire il numero annuo e il regime dei giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo delle stazioni di una determinata regione, in relazione alla difesa del suolo (BELLONI, 1969; 1972; 1973; 1975a), o allo studio sulla permanenza del manto nevoso (BELLONI, 1975b), oppure ancora per permettere di valutare con buona approssimazione i valori dei parametri sopra indicati partendo da una carta delle isoterme annue o, in mancanza di questa, da una semplice

(*) Lavoro eseguito presso l'Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Milano. Lo scrivente ringrazia la sig.ra M. VERGNANO, che ha disegnato le figure che illustrano il lavoro ed il prof. A. CAROLLO per le precisazioni e i consigli avuti.

carta topografica quotata. Per ottenere quest'ultimo risultato con sufficiente approssimazione è necessario conoscere non soltanto l'altitudine della stazione di temperatura incognita, ma anche il valore del gradiente termico medio annuo e del suo regime.

Il presente lavoro si propone perciò anche la verifica della formula di HANN (1926) che, per un gradiente termico medio annuo di 0,55 °C per ogni 100 m di dislivello, dà per l'Europa la seguente equazione: $\Delta t = 0,55 \text{ °C} + 0,15 \text{ °C} \text{ sen } (m + 300^\circ) + 0,05 \text{ °C} \text{ sen } (2m + 260^\circ)$, dove Δt è il gradiente termico mensile e m è il tempo contato in angolo a partire dal 1° Gennaio in ragione di 360° per l'intero anno. Applicando questa formula si ottengono, per i vari mesi dell'anno, i seguenti valori del gradiente termico medio mensile.

G	F	M	A	M	G	
0,40	0,50	0,63	0,70	0,70	0,66	
L	A	S	O	N	D	anno
0,61	0,58	0,55	0,49	0,41	0,37	0,55

A maggior chiarimento di quanto scritto sopra, si ricorda che RUBNER (1934) propose una classificazione climatica, applicata alla vegetazione, nella quale separava i climi di pianura da quelli di montagna, suddividendo i primi in zone e gli altri in regioni, in base alla durata del periodo caldo, cioè del numero medio annuo di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C; ogni zona o regione veniva poi suddivisa in tre sottozone o sottoregioni, in base all'escursione annua della temperatura media mensile. Una visione cartografica delle zone e regioni e delle sottozone e sottoregioni di RUBNER (1934), in una determinata area in istudio, si può avere costruendo la carta delle termoisocrone della temperatura di 10 °C, cioè delle linee di uguale durata di questa temperatura, introdotte da SUPAN (1887) e la carta delle linee di uguale escursione annua della temperatura media mensile. Il confronto diretto delle due carte sopra descritte permette poi di costruire la carta delle zone e regioni e delle sottozone e sottoregioni di RUBNER (1934).

Per quanto si riferisce all'indice di PATERSON (1956), questo, accanto ad altri parametri climatici, richiede sia la conoscenza dell'escursione annua della temperatura media mensile, indicata dall'Autore con la lettera A ed espressa in gradi centigradi, sia la conoscenza della durata del periodo vegetativo G, espresso in mesi. Questo periodo vegetativo G corrisponde al numero di mesi all'anno durante i quali si verificano le tre seguenti condizioni: indice di aridità mensile di DE MARTONNE (1926) maggiore di 20 mm °C⁻¹, temperatura media maggiore di 10 °C, importo delle precipitazioni, espresse in millimetri, maggiore del doppio della temperatura, espressa in gradi centigradi.

I giorni senza disgelo sono quelli con temperatura massima uguale o minore di 0 °C, i giorni di gelo sono quelli con temperatura minima uguale o minore di 0 °C e temperatura massima maggiore di 0 °C ed infine i giorni

senza gelo sono quelli con temperatura minima maggiore di 0 °C.

Si ricorda inoltre come PEGUY (1961) abbia proposto il confronto dei climatogrammi temperatura media mensile - precipitazioni medie mensili con un diagramma nel quale l'optimum climatico è rappresentato da un triangolo mistilineo i cui vertici hanno per coordinate (0 °C, 0 mm), (16 °C, 200 mm) e (23 °C, 45 mm). Il lato di questo triangolo mistilineo le cui coordinate dei vertici sono (0 °C, 0 mm) e (23 °C, 45 mm), passa per il punto di coordinate (10 °C, 20 mm) ed è perciò praticamente coincidente con la linea di separazione dei mesi umidi da quelli secchi, secondo GAUSSEN (1954). Da ultimo occorre ricordare che la temperatura di 0 °C è un fattore limitante sia per gli organismi vegetali che per gli organismi animali, mentre la temperatura di 10 °C è un fattore limitante per la durata del periodo vegetativo e le temperature di 16 °C e di 23 °C rappresentano le temperature limiti del metabolismo basale umano.

2. METODOLOGIA DI LAVORO

I dati di base necessari per passare dal regime termico annuo alla permanenza di determinate temperature sono stati forniti dagli Annali idrologici del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO, SEZIONE DI PARMA (1970) che hanno permesso di elaborare i dati giornalieri delle temperature minima e massima di cinquantaquattro stazioni del bacino padano, il cui elenco è riportato nella tab. 1, ove sono indicate le stazioni termometriche, il loro bacino di appartenenza, la loro altitudine, espressa in metri e l'anno d'inizio delle osservazioni. Dall'elaborazione iniziale dei trentanove-milaquattrocentoventi dati esaminati, è stato possibile determinare in ognuna delle stazioni in istudio: a) il numero di giorni di ogni singolo mese dell'anno, con temperatura minima maggiore di 0 °C o maggiore o uguale a 0 °C e ad altre temperature prefissate; b) il numero di giorni di ogni singolo mese dell'anno con temperatura media maggiore o uguale a 0 °C e ad altre temperature prefissate (per esempio 10 °C); c) il numero di giorni di ogni singolo mese dell'anno con temperatura massima minore o uguale a 0 °C e ad altre temperature prefissate; d) la temperatura media di ogni singolo mese dell'anno; e) le temperature mensili ed annua medie normali, rapportate all'anno 1970; f) i valori normali dell'escursione annua della temperatura media mensile, rapportati all'anno 1970. Con i dati riportati ai punti a), b), c), d), e), f), sono state studiate le relazioni che intercorrono fra i seguenti parametri:

- 1) Gradiente termico medio annuo e regime mensile del gradiente termico in funzione dell'altitudine;
- 2) numero di giorni senza disgelo in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine;
- 3) numero di giorni di gelo in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine;

TABELLA 1
STAZIONI TERMOMETRICHE.

stazione	bacino	altitud.	inizio osserv.
Desenzano	L. di Garda	64	1884
Mantova	Mincio	20	1840
Lago d'Arno	Oglio	1 820	1913
Breno	Oglio	312	1914
Chiari	Oglio	145	1929
Bormio	Adda	1 225	1895
Sondrio	Adda	298	1875
Chiavenna	Adda	333	1891
S. Pellegrino	Adda	355	1908
Clusone	Adda	648	1896
Bergamo	Adda	366	1876
Asso	Lambro	427	1889
Milano	Lambro	121	1864
Pallanza	Ticino	241	1924
Lago d'Avino	Ticino	2 240	1913
Domodossola	Ticino	277	1872
Pavia	Ticino	77	1812
Novara	Terdoppio-Agogna	164	1875
Varallo Sesia	Sesia	266	1871
Oropa	Sesia	1 180	1875
Vercelli	Sesia	135	1927
Courmayeur	Dora Baltea	1 220	1957
Lago Gabiet	Dora Baltea	2 340	1920
Ivrea	Dora Baltea	267	1865
Ceresole Reale	Orco	1 579	1925
Usseglio	Stura di Lanzo	1 310	1913
Luserna S. Giovanni	Pellice	476	1913
Crissolo	Alto Po	1 410	1874
Casteldelfino	Varaita	1 296	1914
Torino	Po	228	1928
Ormea	Tanaro	730	1914
Cuneo	Tanaro	536	1887
Fossano	Tanaro	376	1880
Asti	Tanaro	152	1881
Alessandria	Tanaro	95	1857
Spigno Monferrato	Tanaro	258	1931
Val Noci	Scrvia	544	1952
Isola del Cantone	Scrvia	300	1931
Voghera	Staffora	93	1875
Bobbio	Trebbia	270	1875
S. Lazzaro Alberoni	Trebbia	50	1872
Bedonia	Taro	544	1931
Bardi	Taro	450	1947
Oratorio di Cafragna	Taro	195	1964
Salsomaggiore	Taro	160	1931
Bosco	Parma	784	1926
Parma	Parma	55	1821
Boretto	fra Enza e Crostolo	23	1956
Reggio Emilia	Crostolo	51	1913
Ligonchio	Secchia	930	1921
Pavullo	Secchia	682	1882
Sestola	Panaro	1 020	1871
Modena-Burana	Panaro	35	1967
Pila	Delta Padano	-1	1959

4) numero di giorni senza gelo in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine;

5) numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine;

6) escursione annua della temperatura media mensile in funzione della temperatura media annua e dell'altitudine.

2.1. GRADIENTE TERMICO

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta in due fasi, la prima relativa alle temperature medie normali rapportate all'anno 1970, la seconda relativa alle temperature dell'anno 1970.

Elaborando statisticamente i dati di cinquantaquattro stazioni relativi alle temperature normali media annua e medie mensili, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili dipendenti e all'altitudine, espressa in metri, assunta come variabile indipendente, si è cercato di trovare le possibili correlazioni fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra le temperature normali media annua e medie mensili, chiamate y e l'altitudine, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, le seguenti regressioni lineari della y rispetto alla x :

anno $y = 13,543 - 0,0053 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,93$, $r = 0,97$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,53 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Gennaio $y = 2,093 - 0,0034 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,68$, $r = 0,83$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,34 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Febbraio $y = 4,427 - 0,0041 x$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,78$, $r = 0,88$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,41 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Marzo $y = 9,148 - 0,0055 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,93$, $r = 0,96$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,55 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Aprile $y = 13,599 - 0,0061 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,95$, $r = 0,98$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,61 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Maggio $y = 17,863 - 0,0064 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,95$, $r = 0,98$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,64 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Giugno $y = 21,858 - 0,0066 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,95$, $r = 0,97$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,66 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Luglio $y = 24,356 - 0,0066 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,95$, $r = 0,98$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,66 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Agosto $y = 23,346 - 0,0063 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,92$, $r = 0,96$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,63 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Settembre $y = 19,879 - 0,0059 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,94$, $r = 0,97$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,59 \text{ } ^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Ottobre $y = 14,127 - 0,0051 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,91$, $r = 0,95$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,51 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Novembre $y = 8,295 - 0,0044 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,87$, $r = 0,93$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,44 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Dicembre $y = 3,515 - 0,0038 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,72$, $r = 0,85$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,38 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Per quanto si riferisce alla verifica della formula di HANN (1926), l'equazione che fornisce i valori dei gradienti termici medi mensili che meno si discostano da quelli sopra calcolati è la seguente: $\Delta t = 0,53 \text{ }^\circ\text{C} + 0,15 \text{ }^\circ\text{C} \text{ sen } (m + 270^\circ) + 0,04 \text{ }^\circ\text{C} \text{ sen } (2m + 260^\circ)$, dove Δt è il gradiente termico mensile e m è il tempo contato in angolo, a partire dal 1° Gennaio, in ragione di 360° per l'intero anno. Applicando questa formula si ottengono, per i vari mesi dell'anno, i seguenti valori del gradiente termico medio mensile.

G	F	M	A	M	G	
0,34	0,41	0,52	0,61	0,64	0,64	
L	A	S	O	N	D	anno
0,64	0,63	0,60	0,53	0,43	0,36	0,53

Confrontando i valori sopra riportati con i valori proposti da HANN (1926) si osserva come questi ultimi siano superiori ai primi nei mesi da Gennaio a Giugno compreso e nel mese di Dicembre ed inferiori durante gli altri mesi dell'anno.

Sono stati poi elaborati statisticamente i dati relativi alla temperatura media annua dell'anno 1970 in cinquantadue stazioni e alle temperature medie mensili in cinquantaquattro stazioni, durante tutti i mesi dell'anno 1970, tranne Agosto e Settembre con i dati di cinquantatré stazioni. Assunte queste temperature, espresse in gradi centigradi, come variabili dipendenti e l'altitudine, espressa in metri, come variabile indipendente, si è cercato di trovare le possibili correlazioni fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra le temperature media annua e medie mensili dell'anno 1970, chiamate y e l'altitudine, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, le seguenti regressioni lineari della y rispetto alla x :

anno $y = 13,337 - 0,0051 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,90$, $r = 0,95$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,51 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Gennaio $y = 3,229 - 0,0038 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,71$, $r = 0,85$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,38 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Febbraio $y = 4,896 - 0,0047 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,81$, $r = 0,90$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,47 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Marzo $y = 7,681 - 0,0058 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,90$, $r = 0,95$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,58 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Aprile $y = 12,583 - 0,0065 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,92$, $r = 0,96$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,65 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Maggio $y = 16,441 - 0,0063 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,88$, $r = 0,94$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,63 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Giugno $y = 22,480 - 0,0067 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,91$, $r = 0,95$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,67 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Luglio $y = 24,088 - 0,0065 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,90$, $r = 0,95$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,65 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Agosto $y = 23,568 - 0,0061 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,88$, $r = 0,94$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,61 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Settembre $y = 20,962 - 0,0054 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,84$, $r = 0,92$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,54 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Ottobre $y = 13,511 - 0,0040 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,75$, $r = 0,87$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,40 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Novembre $y = 8,947 - 0,0035 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,67$, $r = 0,82$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,35 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Dicembre $y = 2,308 - 0,0027 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,47$, $r = 0,69$ significativa a meno dello 0,1 %, gradiente termico medio $0,27 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$.

A conclusione di quanto scritto sopra si osserva che i valori dei gradienti termici annuo e medi mensili, relativi all'anno 1970, sono compresi fra $0,27 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ e $0,67 \text{ }^\circ\text{C } 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ e presentano grandezze e regime simili a quelli dei gradienti annuo e mensili medi normali, anche se gli ultimi mesi dell'anno presentano una certa differenza. Si deduce da ciò che per calcolare le temperature medie mensili ed annua di una località di altitudine

nota, ma di temperatura sconosciuta, ubicata nel bacino padano, si possono cercare le temperature della stazione più vicina ed aggiungere o togliere da queste il prodotto del gradiente termico normale medio annuo o medio mensile moltiplicato per il dislivello fra le due stazioni.

2.2. NUMERO DI GIORNI SENZA DISGELO

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta in due fasi, la prima relativa alla temperatura media annua dell'anno 1970, la seconda relativa alle temperature medie mensili dello stesso anno. Elaborando statisticamente i cinquantadue dati relativi alle temperature medie annue nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti e al numero di giorni senza disgelo, espresso in unità, assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la possibile correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra il numero di giorni senza disgelo, chiamato y , e la temperatura media annua durante l'anno 1970, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione parabolica della y rispetto alla x , nell'intervallo di temperature compreso fra $-9,26^\circ\text{C}$ e $12,67^\circ\text{C}$: $y = 125,511 - 18,9650 x + 0,7483 x^2$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,88$, $r = 0,94$ significativa a meno dello 0,1 %.

L'analogo confronto fra il numero di giorni senza disgelo, espresso in unità e chiamato y e l'altitudine, espressa in metri e chiamata x , ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione parabolica della y rispetto alla x nell'intervallo di altitudini compreso fra $-332,60$ m e $4058,54$ m: $y = 9,148 - 0,0172 x + 0,000026 x^2$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,83$, $r = 0,91$, significativa a meno dello 0,1 %. Si osserva che la quota negativa di $-332,60$ ha soltanto una ragione matematica e non fisica.

Da quanto sopra si deduce che è possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni senza disgelo in una stazione del bacino padano nella quale sia nota la temperatura media annua. È inoltre possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni senza disgelo in una stazione nella quale sia nota l'altitudine, ma non la temperatura media annua, cercando la temperatura media annua della stazione più vicina, determinandone la temperatura media annua per mezzo del gradiente termico normale medio annuo e passando poi dalla temperatura media annua così ottenuta al corrispondente numero medio annuo di giorni senza disgelo.

A titolo di esempio si riporta qui di seguito la stima dei giorni senza disgelo per una stazione a 1800 m di altitudine con temperatura media annua incognita. La stazione più vicina a temperatura media annua conosciuta è ubicata a 1296 m ed ha la temperatura media annua di $6,78^\circ\text{C}$ e 31 giorni senza disgelo. La temperatura media annua all'altitudine di 1800 m è: $t = 6,78 - 0,0053 \times 504 = 4,10^\circ\text{C}$; il numero di giorni senza disgelo sarà: $n = 125,511 + 18,9650 \times 4,10 + 0,7483 \times 4,10^2 = 60,33$.

Elaborando statisticamente i centonovantatré dati rela-

tivi alle temperature medie mensili nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti e al numero mensile di giorni senza disgelo, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la possibile correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra il numero di giorni senza disgelo, chiamato y e la temperatura media mensile, durante l'anno 1970, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 23,148 - 5,811 x$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,74$, $r = 0,86$ significativa a meno dello 0,1 %. Dall'equazione scritta sopra si deduce che affinché tutti i giorni del mese siano giorni senza disgelo occorre che la temperatura media mensile sia inferiore o uguale a $-13,23^\circ\text{C}$, mentre affinché nessun giorno del mese sia senza disgelo occorre che la temperatura media mensile sia maggiore o uguale a $3,98^\circ\text{C}$. Per conoscere il numero di giorni senza disgelo del mese in esame, espresso in unità, occorrerà dividere per cento il numero di giorni ottenuto per mezzo dell'equazione sopra riportata e moltiplicarlo poi per il numero di giorni ($31, 30, 28,3$) del mese relativo. Volendo stimare il numero medio mensile di giorni senza disgelo di una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media mensile sconosciuta, si dovrà determinarne dapprima la temperatura media mensile per mezzo del gradiente termico mensile normale, quindi, nota la temperatura media mensile, determinarne il numero medio mensile di giorni senza disgelo, espresso dapprima in percentuale, indi in unità.

2.3. NUMERO DI GIORNI DI GELO

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta in due fasi, la prima relativa alla temperatura media annua dell'anno 1970, la seconda relativa alle temperature medie mensili dello stesso anno. Utilizzando i cinquantadue dati relativi alle temperature medie annue nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti ed il numero di giorni di gelo, espresso in unità, assunto come variabile dipendente si è cercato di trovare la correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. Chiamato y il numero di giorni di gelo ed x la temperatura media annua, durante l'anno 1970, è stata calcolata, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione parabolica della y rispetto alla x nell'intervallo di temperature compreso fra $-6,70^\circ\text{C}$ e $15,51^\circ\text{C}$: $y = 108,640 + 9,2099 x - 1,0455 x^2$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,70$, $r = 0,84$, significativa a meno dello 0,1 %.

L'analogo confronto fra il numero di giorni di gelo, espresso in unità e chiamato y e l'altitudine, espressa in metri e chiamata x , ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione parabolica della y rispetto alla x nell'intervallo di altitudini compreso fra $-472,92$ m e $4077,08$ m; $y = 46,378 + 0,0865 x - 0,000024 x^2$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,51$, $r = 0,71$, significativa a meno dello 0,1 %.

Da quanto sopra si deduce che è possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di

giorni di gelo in una stazione del bacino padano nella quale sia nota la temperatura media annua. È inoltre possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni di gelo in una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media annua incognita, con il metodo proposto nel paragrafo relativo ai giorni senza disgelo.

Analizzando i trecentocinquantacinque dati relativi alle temperature medie mensili dell'anno 1970, espresse in gradi centigradi ed i corrispondenti valori del numero di giorni di gelo, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno, si è notato come il numero di giorni di gelo aumentava regolarmente nell'intervallo di temperature medie mensili compreso fra $-8,6^{\circ}\text{C}$ e $2,7^{\circ}\text{C}$ e diminuiva regolarmente nell'intervallo di temperature medie mensili comprese fra $2,8^{\circ}\text{C}$ e $13,4^{\circ}\text{C}$.

L'elaborazione statistica dei dati sopra citati ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione parabolica fra il numero di giorni di gelo, chiamato y e la temperatura media mensile, chiamata x : $y = 58,352 - 0,4442x - 0,3920x^2$, coefficiente di determinazione $r^2 = 0,55$, $r = 0,74$, significativa a meno dello 0,1 %. Dall'equazione risulta che il massimo numero di giorni di gelo si ha con la temperatura media mensile di $-0,57^{\circ}\text{C}$, mentre il numero di giorni di gelo diventa nullo per temperature minori o uguali a $-12,78^{\circ}\text{C}$ e maggiori o uguali a $+11,65^{\circ}\text{C}$. Per conoscere il numero di giorni di gelo espresso in unità e per stimare il numero medio mensile di giorni di gelo di una stazione d'altitudine nota, ma di temperatura media mensile sconosciuta, si seguirà il metodo precedentemente indicato per il numero di giorni senza disgelo.

2.4. NUMERO DI GIORNI SENZA GELO

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta in due fasi: la prima relativa alla temperatura media annua dell'anno 1970, la seconda relativa alle temperature medie mensili dello stesso anno. Utilizzando i cinquantadue dati relativi alle temperature medie annue nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti ed il numero di giorni senza gelo, espresso in unità, assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. Chiamato y il numero di giorni senza gelo ed x la temperatura media annua, durante l'anno 1970, è stata calcolata, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 114,570 + 14,7169x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,86$, $r = 0,93$, significativa a meno dello 0,1 %.

L'analogo confronto fra il numero di giorni senza gelo, espresso in unità e chiamato y e l'altitudine, espressa in metri e chiamata x , ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 309,460 - 0,0726x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,71$, $r = 0,84$, significativa a meno dello 0,1 %, gradiente medio di 7,26 giorni senza gelo ogni 100 m di dislivello.

Da quanto sopra si deduce che è possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni senza gelo in una stazione del bacino padano nella

quale sia nota la temperatura media annua. È inoltre possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni senza gelo in una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media annua incognita con il metodo indicato nei paragrafi precedenti.

Elaborando statisticamente i trecentocinquantacinque dati relativi alle temperature medie mensili nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti e al numero mensile di giorni senza gelo, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno, assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la possibile correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra il numero di giorni senza gelo, chiamato y e la temperatura media mensile, durante l'anno 1970, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 23,345 + 6,3158x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,74$, $r = 0,86$, significativa a meno dello 0,1 %. Dall'equazione scritta sopra si deduce che affinché tutti i giorni del mese siano giorni senza gelo, occorre che la temperatura media mensile sia maggiore o uguale a $12,14^{\circ}\text{C}$, mentre affinché nessun giorno del mese sia senza gelo occorre che la temperatura media mensile sia minore o uguale a $-3,70^{\circ}\text{C}$. Per conoscere il numero di giorni senza gelo, espresso in unità e per stimare il numero medio mensile di giorni senza gelo di una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media mensile sconosciuta, si seguirà il metodo indicato nei paragrafi precedenti.

2.5. NUMERO DI GIORNI CON TEMPERATURA MEDIA MAGGIORE O UGUALE A 10°C

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta in due fasi: la prima relativa alla temperatura media annua dell'anno 1970, la seconda relativa alle temperature medie mensili dello stesso anno. Utilizzando i cinquantadue dati relativi alle temperature medie annue nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti ed il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10°C , espresso in unità, assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. Chiamato y il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10°C ed x la temperatura media annua, durante l'anno 1970, è stata calcolata, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 44,630 + 13,3364x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,97$, $r = 0,98$, significativa a meno dello 0,1 %.

L'analogo confronto fra il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10°C , espresso in unità e chiamato y e l'altitudine, espressa in metri e chiamata x , ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 222,487 - 0,0681x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,86$, $r = 0,93$, significativa a meno dello 0,1 %, gradiente medio di 6,81 giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10°C ogni 100 m di dislivello.

Da quanto sopra si deduce che è possibile conoscere

con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C in una stazione del bacino padano nella quale sia nota la temperatura media annua. È inoltre possibile conoscere con buona approssimazione il numero medio annuo di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C in una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media annua incognita con il metodo indicato nei paragrafi precedenti.

Elaborando statisticamente i trecentottantacinque dati relativi alle temperature medie mensili nell'anno 1970, espresse in gradi centigradi, assunte come variabili indipendenti e al numero mensile di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno, assunto come variabile dipendente, si è cercato di trovare la possibile correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, chiamato y e la temperatura media mensile, durante l'anno 1970, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = -21,702 + 7,1860 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,87$, $r = 0,94$, significativa a meno dello 0,1 %. Dall'equazione scritta sopra si deduce che affinché tutti i giorni del mese abbiano temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, occorre che la temperatura media mensile sia maggiore o uguale a 16,94 °C, mentre affinché nessun giorno del mese abbia temperatura media maggiore o uguale a 10 °C occorre che la temperatura media mensile sia minore o uguale a 3,02 °C. Per conoscere il numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C espresso in unità e per stimarne il numero medio mensile in una stazione di altitudine nota, ma di temperatura media mensile sconosciuta, si seguirà il metodo indicato nei paragrafi precedenti.

2.6. ESCURSIONE ANNUA DELLA TEMPERATURA MEDIA MENSILE

L'elaborazione statistica dei dati termici a disposizione si è svolta utilizzando i cinquantaquattro dati relativi all'escursione annua delle temperature normali medie mensili rapportate all'anno 1970. Elaborando statisticamente i dati relativi all'escursione annua, espressa in gradi centigradi ed assunta come variabile dipendente e alla temperatura normale media annua, pure espressa in gradi centigradi ed assunta come variabile indipendente, si è cercato di trovare la possibile correlazione fra le coppie di dati delle due variabili. I risultati del confronto fra l'escursione annua, chiamata y e la temperatura normale media annua, chiamata x , hanno permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 15,199 + 0,5061 x$; coefficiente di determinazione $r^2 = 0,53$, $r = 0,73$, significativa a meno dello 0,1 %.

L'analogo confronto fra l'escursione termica annua, espressa in gradi centigradi e chiamata y e l'altitudine espressa in metri e chiamata x , ha permesso di calcolare, col metodo dei minimi quadrati, la seguente regressione lineare della y rispetto alla x : $y = 22,284 - 0,0031 x$;

coefficiente di determinazione $r^2 = 0,66$, $r = 0,81$, significativa a meno dello 0,1 %, gradiente medio dell'escursione annua di 0,31 °C ogni 100 m di dislivello.

Da quanto sopra si deduce che è possibile conoscere con buona approssimazione il valore dell'escursione termica annua in una stazione del bacino padano della quale sia nota la temperatura media annua oppure l'altitudine.

3. CONCLUSIONI

Dopo quanto è stato scritto fin qui è possibile fare un'analisi critica dei risultati ottenuti osservando in primo luogo che le cinquantadue stazioni del bacino padano a regime termico completo durante l'anno 1970 sono ubicate fra le altitudini di -1 m e 2 340 m con la seguente distribuzione: 33 al di sotto dei 500 m, 8 fra 501 e 1 000 m, 7 fra 1 001 e 1 500 m, 2 fra 1 501 e 2 000 m e 2 fra 2 001 e 2 340 m. La diversa distribuzione delle stazioni nelle diverse classi d'altitudine e la minor frequenza al crescere dell'altitudine stessa possono essere la conseguenza della minor significatività delle regressioni fra parametri fisici derivati da parametri termici ed altitudine, rispetto alle regressioni fra parametri fisici e parametri termici.

Per mettere in evidenza i risultati della presente ricerca, descritti nei paragrafi precedenti, sono riportati qui di seguito i diagrammi che illustrano le funzioni calcolate.

La fig. 1, relativa al regime del gradiente termico normale, porta in ascissa i mesi dell'anno e in ordinata il gradiente termico normale, rapportato all'anno 1970, di ogni singolo mese e dell'anno, espresso in gradi centigradi

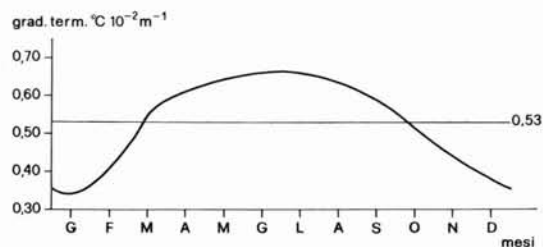


FIG. 1 - Regime del gradiente termico normale.
Annual cycle of the thermal normal gradient.

per ogni 100 m di dislivello. Questo diagramma può essere utilizzato per stimare le temperature medie mensili ed annua di stazioni di altitudine nota, ma prive di dati termici e prossime a stazioni termometriche pure di altitudine nota.

La fig. 2, relativa al numero di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, porta in ascissa la temperatura media annua, espressa in gradi centigradi e in ordinata il numero medio annuo di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, espresso in unità. Dall'esame del diagramma si osserva come la somma delle ordinate delle tre funzioni risulti all'incirca uguale in tutto il diagramma a 365,25 giorni, eccetto che nei tratti prossimi alle estremità a sinistra e a destra dei grafici stessi, ove questa somma differisce da 365,25 giorni dallo 0 % al 18 %. La somma delle tre ordinate presenta un errore massimo del 4 %

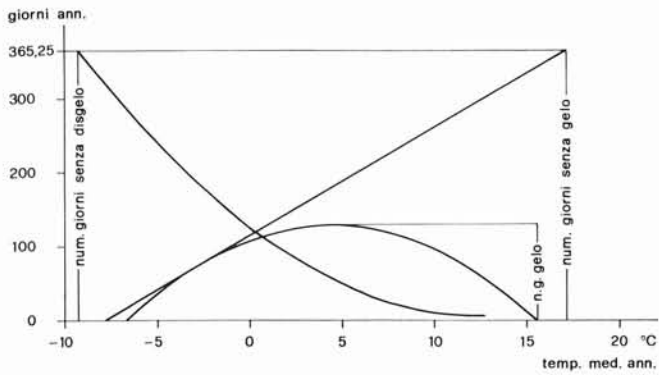


FIG. 2 - Numero medio annuo di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo in funzione della temperatura media annua.
Annual average number of days without thaw, with and without frostness in function of the annual average temperature.

nel tratto di ascissa compreso fra 0 °C e 13 °C ed un errore nullo nel tratto di ascissa compreso fra 4 °C ed 11 °C.

La fig. 3, relativa al numero di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, porta in ascissa l'altitudine, espressa in metri e in ordinata il numero medio annuo di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, espresso in unità. Dall'esame del diagramma si osserva come la somma delle

ordinate delle tre funzioni risulti in tutto il diagramma all'incirca uguale a 365,25 giorni con scarti massimi del 5 % nei tratti prossimi alle estremità a sinistra e a destra dei grafici stessi. La somma delle tre ordinate coincide con il valore di 365,25 giorni nell'intervallo di ascissa compreso fra 300 e 2 500 m di altitudine.

La fig. 4, relativa al numero di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, porta in ascissa la temperatura media mensile, espressa in gradi centigradi e in ordinata il numero medio mensile di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno. Dall'esame del diagramma si osserva come la somma delle ordinate delle tre funzioni risulti in tutto il diagramma all'incirca uguale al 100 % della durata dei giorni di ogni singolo mese dell'anno, con scarti massimi dell'8 % attorno all'ascissa - 7 °C. La somma delle tre ordinate coincide con la percentuale del 100 % negli intervalli di ascissa compresi tra - 3,70 e - 1,00 °C e tra 1 e 5 °C.

La fig. 5, relativa al numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, porta in ascissa la temperatura media annua, la temperatura media mensile, espresse in gradi centigradi e l'altitudine, espressa in metri e in ordinata il numero medio annuo di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, espresso in unità e il numero medio mensile di giorni

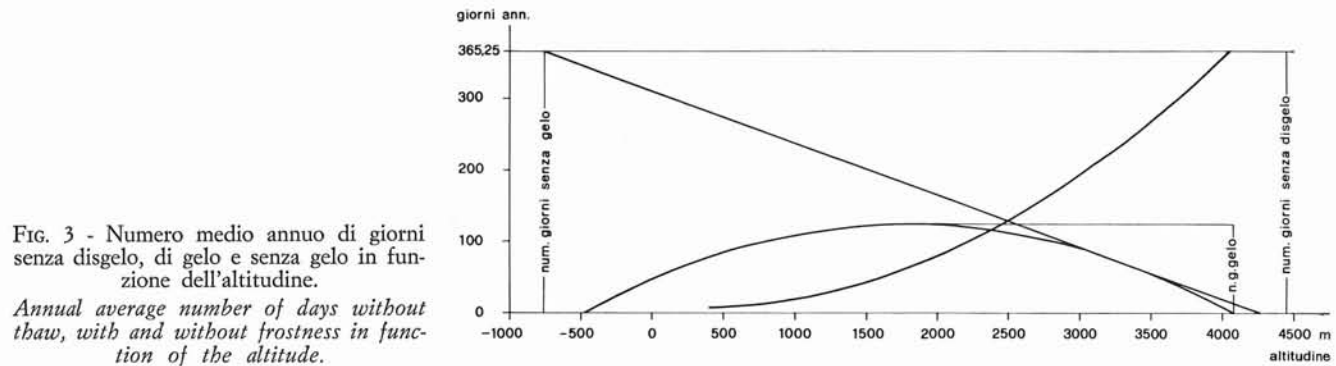


FIG. 3 - Numero medio annuo di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo in funzione dell'altitudine.
Annual average number of days without thaw, with and without frostness in function of the altitude.

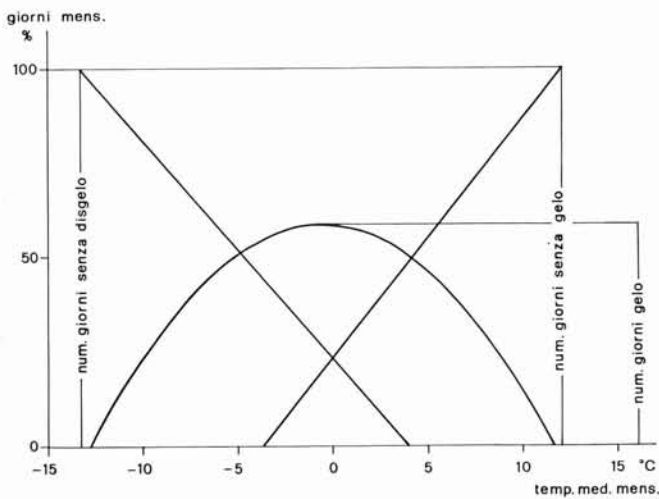


FIG. 4 - Numero medio mensile di giorni senza disgelo, di gelo e senza gelo in funzione della temperatura media mensile.
Monthly average number of days without thaw, with and without frostness in function of the monthly average temperature.

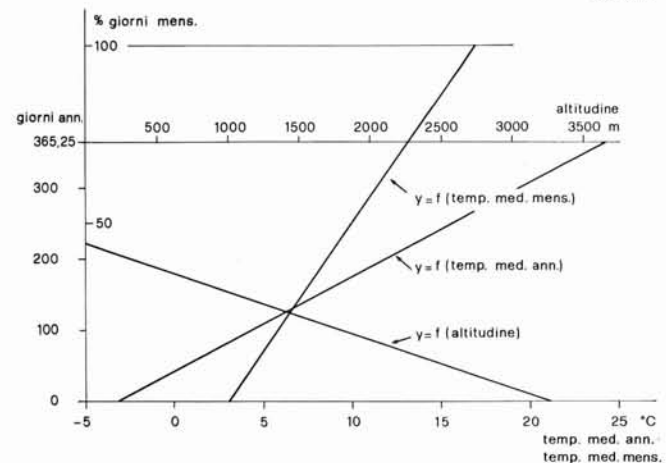


FIG. 5 - Numero medio annuo di giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C in funzione della temperatura media annua, dell'altitudine e della temperatura media mensile.
Annual average number of days with an average temperature greater than or equal to 10 °C in function of the annual and monthly average temperature and the altitude.

con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C, espresso in percentuale della durata di ogni singolo mese dell'anno. Il confronto di questi diagrammi con quelli relativi al numero di giorni senza gelo in funzione della temperatura media annua, della temperatura media mensile e dell'altitudine mostra una notevole analogia fra le funzioni corrispondenti, come risulta da quanto segue:

num. giorni senza gelo e temp. med. ann.
 $y = 114,570 + 14,7169 x$

num. giorni con t.m. ≥ 10 °C e temp. med. ann.
 $y = 44,630 + 13,3364 x$

num. giorni senza gelo e temp. med. mens.
 $y = 23,345 + 6,3158 x$

num. giorni con t.m. ≥ 10 °C e temp. med. mens.
 $y = -21,702 + 7,1860 x$

num. giorni senza gelo e altitudine
 $y = 309,460 - 0,0726 x$

num. giorni con t.m. ≥ 10 °C e altitudine
 $y = 222,487 - 0,0681 x$

Infatti nelle equazioni sopra riportate i coefficienti della variabile indipendente x nelle funzioni relative ai giorni senza gelo ed ai giorni con temperatura media maggiore o uguale a 10 °C sono pressoché uguali, il che fa pensare che possa essere determinata tutta una serie di relazioni analoghe, fra il numero di giorni con una determinata temperatura media e le variabili indipendenti esaminate, rappresentabili in un diagramma cartesiano con una serie di rette parallele.

La fig. 6, relativa all'escursione annua della temperatura media mensile, porta in ascissa la temperatura normale media annua espressa in gradi centigradi e l'altitudine espressa in metri e in ordinata l'escursione annua della temperatura media mensile, espressa in gradi centigradi. Dall'esame del diagramma risulta evidente come l'escursione annua della temperatura media mensile aumenti all'aumentare della temperatura media annua e diminuisca all'aumentare dell'altitudine.

Da quanto sopra si può concludere che la presente ricerca ha raggiunto con buona approssimazione lo scopo che si era proposto, pur non essendo le stazioni termometriche distribuite in modo adeguato in altitudine nel bacino padano. La presente ricerca, pur volendo essere soltanto un mezzo di indagine a carattere statistico, con l'approssimazione derivante dal breve periodo di tempo esaminato, ha fatto intravedere la possibilità del calcolo di ulteriori relazioni fra temperature medie mensili ed annue e numero di giorni con temperatura media maggiore o uguale ad un determinato valore, nonché la possibilità di determinare le relazioni che intercorrono fra le funzioni così calcolate e di rappresentarle in un unico grafico.

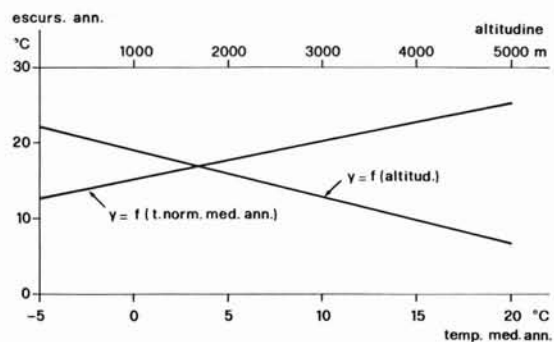


FIG. 6 - Escursione annua della temperatura media mensile in funzione della temperatura normale media annua e dell'altitudine.
Annual variation of the monthly average temperature in function of the normal annual average temperature and the altitude.

BIBLIOGRAFIA

- BELLONI S. (1969) - *Il clima della Valtellina in relazione alla difesa del suolo*. Mem. Ist. Lomb. Acc. Sc. Lett., 26, mem. 1, 1-76, 37 ff.
- BELLONI S. (1972) - *Il clima della Valtellina in relazione all'utilizzazione del suolo, alla sua evoluzione ed alla sua difesa*. Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, Milano, 86, 1-47, 25 ff.
- BELLONI S. (1973) - *Il clima della Valtellina in relazione all'utilizzazione del suolo, alla sua evoluzione ed alla sua difesa*. Atti 21° Congr. Geogr. It., Verbania, 1971; vol. 3, 7-22, 11 ff.
- BELLONI S. (1975a) - *Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici*. Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, Milano, 99, 1-95, 30 ff.
- BELLONI S. (1975b) - *Lo studio della temperatura come parametro per la determinazione della permanenza del manto nevoso*. Geol. Tecnica, 5, 202-210, 6 ff.
- DE PHILIPPIS A. (1937) - *Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*. Nuovo Giorn. Bot. It., n.s., 44, 1-169, 18 ff., 4 carte 1:250 000.
- GAUSSEN H. (1954) - *Théorie et classification des climats et des microclimats*. 8° Congr. Int. Bot., sez. 7, Paris.
- HANN J. & SÜRING R. (1926) - *Lehrbuch der Meteorologie*, vol. 4, 1-883, 6 tt., 6 carte, Tauchnitz, Leipzig.
- DE MARTONNE E. (1926) - *Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité*. La Météorologie, n.s., 19.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO, SEZIONE DI PARMA (1970) - *Annali Idrologici*.
- PATERSON S. S. (1956) - *The forest area on the world and its potential productivity*. Göteborg Roy. Univ. Dept. Geogr., 216. In: « PARDE J. (1958) - C.R., Rev. Forest. Franc., 1958, 195-201, Nancy ».
- PEGUY C. P. (1961) - *Précis de Climatologie*. 347, 97 ff., 3 tt., Masson & C., Paris.
- PEGUY C. P. (1970) - *Précis de Climatologie*. 468, 119 ff., 3 tt., Masson & C., Paris.
- RUBNER K. (1934) - *Die Pflanzen geographischen Grundlagen des Waldbaus*. Neudamm.
- SUPAN A. (1887) - *Die mittlere Dauer der Haupt-wärmep perioden in Europa*. Peterm. Mitt., 33, 165-172.