

I. AGARINI (*), F. RAPETTI (*)

LE «NOTTI TROPICALI» A LUCCA IN RELAZIONE AL DISAGIO TERMICO NELL'UOMO (1929-2004)

Riassunto - Si analizzano gli andamenti delle temperature minime diurne estive e del numero di «notti tropicali» ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) a Lucca nel periodo 1929-2004, sulla base delle osservazioni meteorologiche condotte nella città toscana dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Le temperature medie stagionali delle minime hanno mostrato una tendenza molto lieve all'aumento, in conseguenza della debole diminuzione di quelle di giugno, del trascurabile aumento di quelle di luglio e del sensibile aumento dei livelli termici di agosto, che hanno registrato un incremento tendenziale di circa $0,2^{\circ}\text{C}/10$ anni. Le «notti tropicali», che costituiscono un indicatore indiretto del disagio meteorologico per le popolazioni umane, mostrano una lieve tendenza stagionale positiva, stimabile in 1,5 notti/10 anni, soprattutto per il contributo di agosto, che registra un incremento valutabile in 0,9 notti/10 anni. Nel complesso si osserva un moderato aumento dei livelli termici minimi estivi, con una sensibile accentuazione del fenomeno dai primi anni '90 al 2003. Le condizioni termiche delle estati dal 2004 al 2006 rientrano invece nei valori «normali» di Lucca.

Parole chiave - Temperature minime diurne estive, «notti tropicali», bioclimatologia umana, Lucca (Toscana).

Abstract - «*Tropical nights*» in Lucca and heat discomfort in human beings (1929-2004). Trends of minimum summer temperatures in the day-time and the number of «tropical nights» ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) in Lucca in the years 1929-2004 are here analysed, on the ground of the meteorological observations made and recorded in the above mentioned town by the Ufficio Idrografico e Mareografico (Hydrographic and Mareographic Office) of Pisa. The season average of the minimum temperatures showed a slight upward trend, as a consequence of the weak decrease recorded in June, of the negligible increase in July and of the appreciable increase of thermic levels recorded in August, which showed an upward trend of about $0.2^{\circ}\text{C}/10$ years. The number of «tropical nights», which represent a significant indicator of heat discomfort for human populations, shows a slight seasonal upward trend, of about 1.5 nights/10 years, especially due to the contribution of the month of August, when an increase of about in 0.9 nights/10 years is recorded. On the whole, a moderate increase of summer thermic levels in recorded, with an appreciable increase of the phenomenon from the early Nineties to the year 2003. On the other hand, the thermic conditions recorded in summers from 2004 to 2006 are well within the average of the series concerning the town of Lucca.

Key words - Minimum summer temperatures in the day-time, «tropical nights», human bioclimatology, Lucca (Tuscany).

INTRODUZIONE

Il benessere o il disagio climatico nell'uomo dipendono dalla combinazione tra i valori della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria, del vento e della radiazione solare (Rapetti, 1996); tra questi la temperatura dell'aria svolge un ruolo fondamentale, che può essere esaltato o mitigato dalle condizioni igrometriche dell'atmosfera e dal vento. In questa ricerca, per la mancanza dei dati meteorologici necessari per la valutazione complessiva del disagio climatico, è stato possibile considerare solo le temperature minime diurne nell'aria, che rappresentano tuttavia un efficace indicatore dello «stress» da caldo nell'estate.

Le temperature minime e massime diurne definiscono lo stato termico dell'atmosfera in un dato luogo, poiché ne fissano il campo di variazione. In particolare quelle dell'inverno e dell'estate, che ordinariamente contengono i valori estremi annui, risultano di notevole interesse nel campo della bioclimatologia umana poiché concorrono a determinare lo stato di benessere o di disagio climatico delle popolazioni. Il sistema della termoregolazione dell'uomo, nelle condizioni di piena sanità e di equilibrio termodinamico, controlla la temperatura corporea centrale tra 36 e 37°C , mentre si ammette che i limiti estremi vitali siano compresi tra 24 e 44°C . Nello spettro delle temperature dell'aria presenti in un luogo si definisce «optimum termico» l'intervallo che consente il miglior equilibrio della termoregolazione, fissato da alcuni autori tra 18 e 22°C . In questo quadro appare con piena evidenza il ruolo di attenuazione del disagio termico determinato dalle temperature minime diurne estive, quando alle medie latitudini i valori massimi diurni possono superare di molto i 30°C , anche per molte ore al giorno e per molti giorni. La temperatura minima diurna di 20°C costituisce dunque un buon discrimine tra le notti calde, dette «tropicali», e quelle più fresche, che consentono un periodo di relativo «confort» termico durante il riposo notturno.

Negli ultimi decenni l'Italia è stata interessata da eventi termici freddi e caldi di eccezionale intensità, che hanno avuto profonde ripercussioni sull'ambiente e sulla salute delle popolazioni umane (Rapetti & Vittorini, 1986, 1992; Rapetti, 2004). Il rischio «climopatologico» si sviluppa nell'uomo in seguito ad un parossismo meteorologico di entità superiore ad una deter-

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, via S. Maria 53, 56126 Pisa. E-mail: rapetti@dst.unipi.it
Research by EROMED II: «Influenza delle variazioni climatiche e delle modificazioni di uso del suolo sul processo di erosione idrica in ambiente mediterraneo» (Resp. Scient. Naz. Programma di Ricerca: prof. Giuliano Rodolfo; Resp. Scient. dell'Unità di Ricerca: prof. Franco Rapetti).

minata soglia, variabile da individuo a individuo in relazione all'età, allo stato di salute, al tipo di attività fisica svolta, all'abbigliamento indossato. Tali parossismi possono determinare stati di malessere, di malattia conclamata e, nei casi più gravi, la morte di individui. Ad essere colpiti sono soprattutto i bambini e gli anziani, i quali, per una minore efficienza dei sistemi della termoregolazione, sono più vulnerabili alle condizioni meteorologiche limite (Besancenot, 1995). Il più recente evento di caldo estremo in Europa si è verificato nell'estate del 2003, quando in una vasta area, dal Mediterraneo settentrionale alla Scandinavia, è stato registrato un forte incremento di decessi. In Francia, secondo un'indagine governativa, tale incremento è stato stimato superiore al 60% di quello atteso in un'estate media. In 21 città italiane, assunte dall'Istituto Superiore di Sanità a campione dell'andamento dei decessi, la mortalità ha subito un incremento del 15,2% rispetto all'anno precedente, con punte del 22,3% nelle regioni del Nord-Ovest (Agostini *et al.*, 2005). Anche a Lucca tutti gli indicatori del caldo estremo relativi all'estate 2003 sono senza riscontro negli ultimi settantasei anni, compreso il numero di «notti tropicali», che sono state 38, delle quali 7 consecutive (10-16 agosto).

RAPPRESENTATIVITÀ METEOROLOGICA E STATISTICA DEI DATI

Il catalogo termico di Lucca presenta un'interruzione nel 1931; ciò nonostante è stato dimostrato che la serie termometrica non presenta significative «eterogeneità non dovute a cause climatiche», dipendenti dalla storia operativa della stazione (Rapetti, 1998). Per il carattere sostanzialmente indipendente e aleatorio e per la scarsa organizzazione interna, il catalogo termometrico di Lucca si caratterizza anche per un'accettabile «rappresentatività statistica» dei dati (Cortemiglia, 2002).

TEMPERATURE MINIME ESTIVE

La temperatura media estiva delle minime è stata di 17,4°C, con valori di 15,8, 18,2 e di 18,1°C rispettiva-

mente in giugno, luglio e agosto. Il campo di variazione delle medie mensili ha oscillato tra 12,4 (giugno 1995) e 21,3°C (luglio 1982), quello delle minime diurne è compreso tra 7,0 e 24,2°C in giugno, 9,1 e 25,0°C in luglio e 7,5° e 25,7°C in agosto (Tab. 1).

L'andamento interannuale delle minime indica un'impercettibile flessione in giugno, pur in presenza di un'impennata dei valori nel 2000 (18,5°C) e nel 2003 (18,4°C); la tendenza di luglio è positiva ma inapprezzabile, mentre in agosto si registra l'incremento tendenziale più sensibile, valutabile in 0,2°C/10 anni. La tendenza positiva di agosto condiziona quella dell'estate, anche se nel complesso le temperature minime della stagione possono essere considerate sostanzialmente stabili (Fig. 1). Tale tendenza viene peraltro confermata in recenti analisi condotte su alcuni cataloghi ultracentenari dell'Italia settentrionale, come segnale di un innalzamento dei livelli termici minimi dell'atmosfera al livello del suolo (Ceschia & Pietrobon, 2006).

La curva delle frequenze delle temperature minime diurne ha un andamento quasi gaussiano, con una lieve asimmetria destra, con la frequenza più elevata spettante alla classe 16,1-18,0°C (28,3%); seguono le classi tra 18,1-20,0°C (27,5%) e tra 14,1-16,0°C (18,7%). Nelle «code» della curva è interessante segnalare le classi 12,1-14,0°C e 20,1-24,0°C, con percentuali rispettive dell'8,9% e dell'11,2% degli elementi (Tab. 2, Fig. 2). La suddivisione del periodo in intervalli di quattordici anni mostra che le minime estive più elevate hanno avuto un sensibile incremento dall'inizio degli anni '70, a conferma di una fluttuazione calda che negli ultimi tre decenni sta interessando le estati della Toscana settentrionale costiera (Tab. 3).

NOTTI TROPICALI ESTIVE

Nelle settantacinque estati considerate, su un totale di 6900 notti, si sono verificate 1148 «notti tropicali», pari al 16,34% dell'intero campione, con la seguente distribuzione mensile: 110 notti in giugno (1,59%), 577 in luglio (8,36%) e 461 in agosto (6,68%).

Il loro campo di variazione indica che in vari anni e in tutti i mesi dell'estate possono essere assenti, mentre il

Tab. 1 - Campo di variazione delle temperature (°C) minime diurne e mensili nei mesi estivi a Lucca (1929-2004).

		G	L	A	Estate
T _{diurne}	Min	7,0	9,1	7,5	-
	Data	Vari	12/1980	29/1989	-
	Max	24,2	25,0	25,7	-
	Data	01/1985	17/1982	01/1985	-
T _{mensili}	Min	12,4	15,8	14,8	14,4
	Data	1995	1989	1989	1989
	Max	18,8	21,3	21,0	19,6
	Data	1979	1982	2003	2003
Medie mensili		15,8	18,2	18,1	17,4

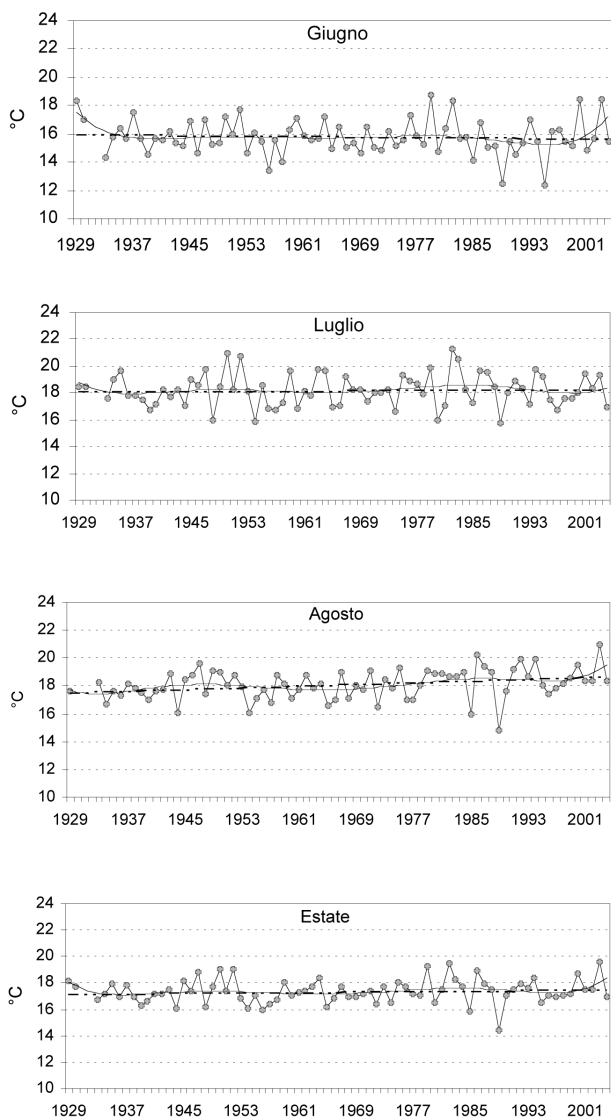


Fig. 1 - Andamento interannuale delle temperature medie delle minime estive a Lucca (1929-2004).

massimo mensile si è verificato nel mese di luglio del 1983, quando si verificarono 24 «notti tropicali», delle quali 18 consecutive (Tab. 4, Fig. 3).

TENDENZA DEL NUMERO DELLE NOTTI TROPICALI

Le «notti tropicali» mostrano una lieve tendenza stagionale positiva, stimabile in 1,5 notti/10 anni, soprattutto per il contributo di agosto, che registra l'incremento più sensibile, valutabile in 0,9 notti/10 anni. Nell'ambito di tale tendenza generale sono tuttavia osservabili alcune fluttuazioni, come quella calda che ha interessato la metà degli anni '80, seguita da un'ac-

centuata diminuzione del numero di «notti tropicali», culminata nel 1998, quando si verificarono soltanto tre di tali notti. Da quella data la curva di tendenza mostra invece una velocità di variazione che non trova riscontro nei periodi precedenti, fino al culmine raggiunto nel 2003.

ANDAMENTI TERMICI NELLE ESTATI DAL 2003 AL 2006

Gli studi sulla classificazione termica delle stagioni sono poco numerosi, soprattutto quelli riguardanti le estati, nonostante che le condizioni meteorologiche presenti in questa stagione alle medie latitudini possano determinare nelle popolazioni umane stati di forte disagio climatico, specialmente quando le alte temperature siano associate a valori elevati dell'umidità relativa dell'aria.

I criteri adottati dai diversi autori nella classificazione dei caratteri termici degli inverni e delle estati non sono riconducibili ad uno schema universalmente accettato, a causa delle forti differenze termiche che caratterizzano le diverse aree della Terra, legate ai fattori cosmici e geografici del clima (Angot, 1913; Easton, 1928).

L'ordinamento adottato in questa ricerca considera i seguenti elementi: le temperature medie; le temperature medie delle massime e delle minime; il numero di giorni tropicali ($T_{\max} \geq 30,0^{\circ}\text{C}$) e quello dei giorni tropicali consecutivi; il numero di giorni con $T_{\max} \geq 35,0^{\circ}\text{C}$; la temperatura massima assoluta dell'estate; la somma delle tre temperature più elevate dell'estate; il numero di «notti tropicali» (Rapetti, 1998).

Le estati del 2004 e del 2005, che hanno seguito quella eccezionale del 2003, sono state significativamente più moderate, come mostrano tutti gli indicatori del caldo estremo. Nel giugno 2006, dopo la fase fresca della prima decade, le temperature hanno iniziato a crescere fino ai primi giorni di luglio, con valori prossimi alle medie del periodo; nei giorni successivi, e per tutto il mese, i valori termici hanno invece raggiunto livelli confrontabili con quelli dell'estate del 2003 (Tab. 5). La «canicola», che ha interessato con maggiore intensità l'Europa occidentale e quella sud-orientale continentale, è stata la causa di numerosi decessi, oltre a quelli attesi in una stagione «normale». Per questo aspetto la Francia, soprattutto nelle sue regioni orientali, come ad esempio l'Alsazia, risulta essere stato il Paese più colpito, con 64 morti ufficialmente accertate, delle quali il 63,5% costituito da persone di età superiore a 75 anni (Le Soir, 28 luglio 2006).

CONCLUSIONI

Il disagio o il benessere climatico nell'uomo sono determinati da particolari combinazioni della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria, della ventosità, dell'irraggiamento del suolo e dell'atmosfera, secondo relazioni empiriche non lineari che definiscono il grado di equilibrio del corpo umano. La distribuzione delle temperature minime e massime diurne costituisce

Tab. 2 - Distribuzione di frequenza delle classi delle temperature minime diurne estive a Lucca (1929-2004).

Classi	G	L	A	Estate	%
6,1-8,0	3	0	2	5	0,1
8,1-10,0	29	2	4	35	0,5
10,1-12,0	154	15	21	190	2,8
12,1-14,0	410	104	96	610	8,9
14,1-16,0	653	329	308	1290	18,7
16,1-18,0	591	633	728	1952	28,3
18,1-20,0	322	785	788	1895	27,5
20,1-22,0	79	385	308	772	11,2
22,1-24,0	8	68	52	128	1,9
24,1-26,0	1	4	10	15	0,2
Totale	2250	2325	2317	6892	100

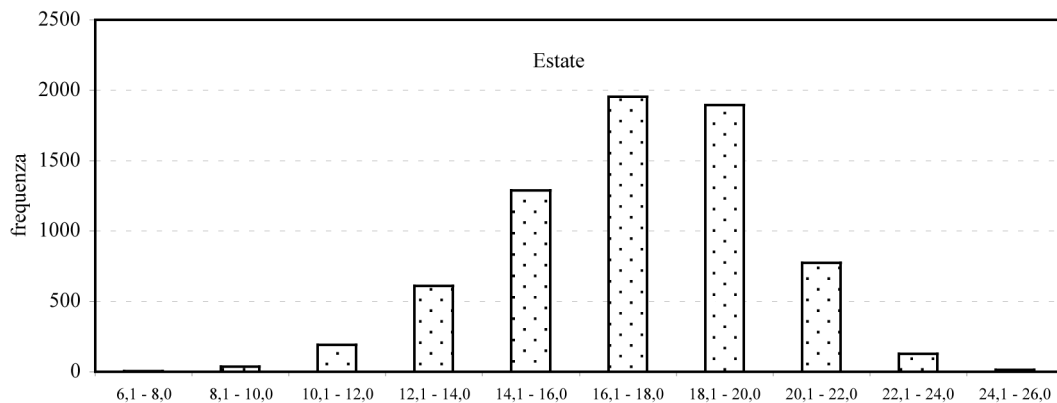
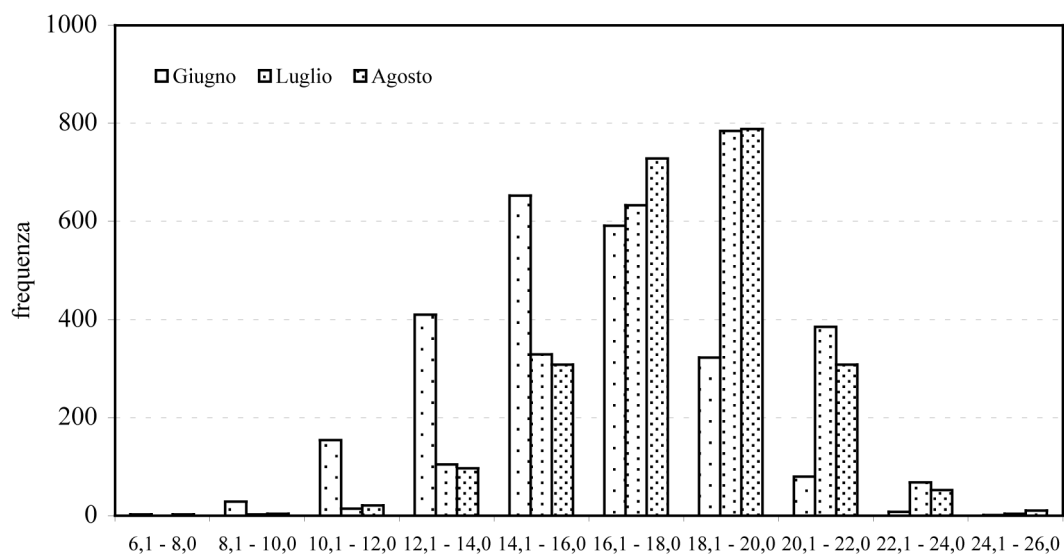


Fig. 2 - Distribuzione di frequenza delle classi termiche (valori diurni) a Lucca (1929-2004).

Tab. 3 - Andamento delle temperature medie delle minime estive per periodi di quattordici anni a Lucca (1929-2004).

Decenni	G	L	A	Estate
1929-43	15,7	17,7	17,4	17,0
1944-58	15,6	18,1	18,0	17,3
1959-73	15,8	18,2	17,8	17,3
1974-88	16,0	18,6	18,4	17,7
1989-04	15,7	18,2	18,4	17,4
Media	15,8	18,2	18,1	17,4

Tab. 4 - Campo di variazione e numero medio di «notti tropicali» a Lucca (1929-2004).

	G	L	A	Estate
Min	0	0	0	0
Data	Vari	Vari	Vari	Vari
Max	12	24	17	41
Data	2002	1983	1992	1979 e 1986
Media	1,47	7,69	6,15	15,31

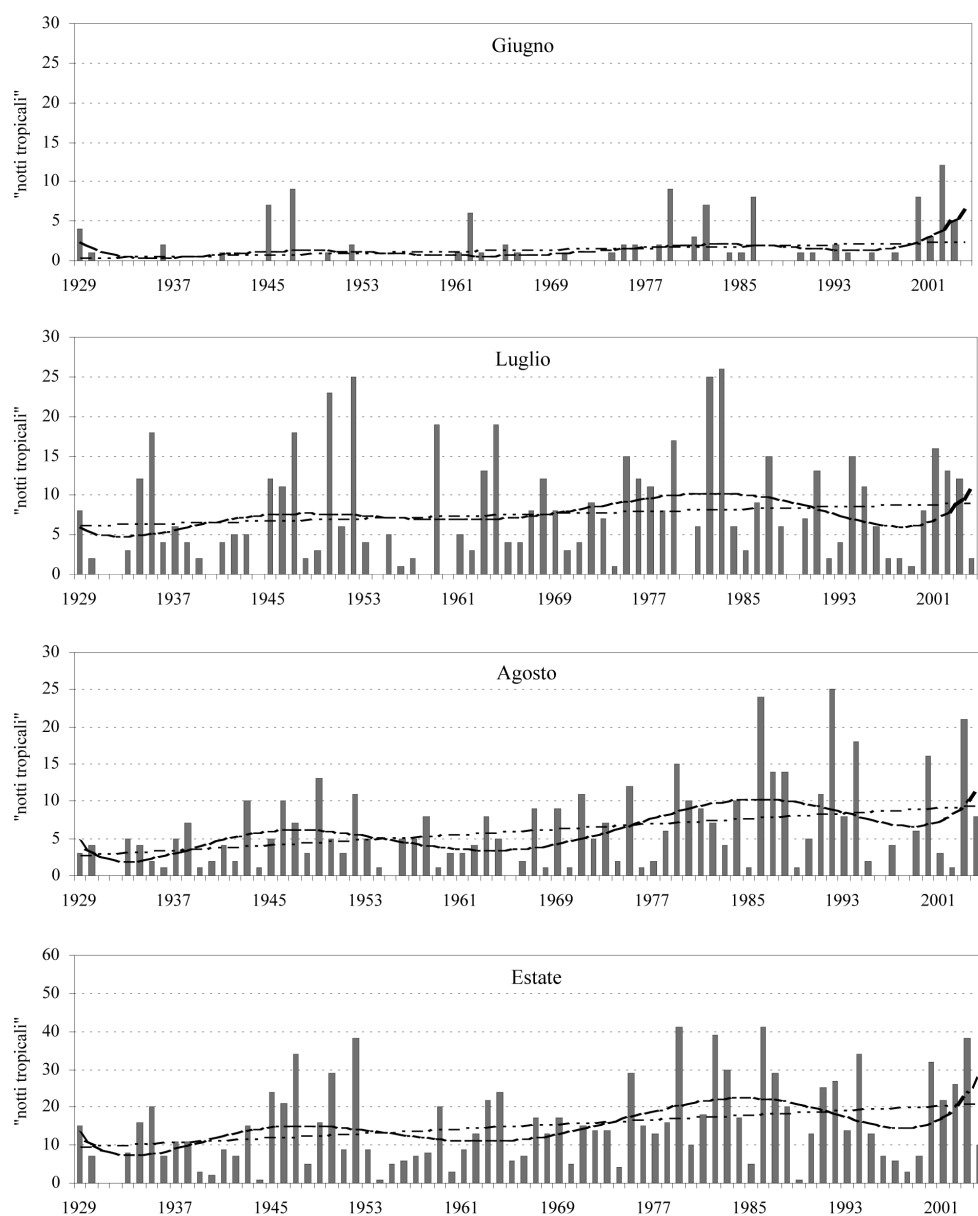


Fig. 3 - Andamento interannuale del numero delle notti tropicali estive a Lucca (1929-2004).

Tab. 5 - Elementi per la classificazione termica delle estati 2003, 2004, 2005 e 2006 a Lucca. I valori sono confrontati con le medie del periodo 1929-1996.

Estat	$T_{m \min}$	$T_{m \max}$	$T_{m \text{ med}}$	n. gg. $T_{\max} \geq 30,0^\circ$	n. gg. consec.	n. gg. $T_{\max} \geq 35,0^\circ$	$T_{\max \text{ ass.}}$	Σ ($T_1 + T_2 + T_3$)	«Notti tropicali»
2003	19,6	33,7	26,6	86	30	22	40,2	112,3	38
2004	17,0	30,2	23,6	60	35	0	34,9	102,4	11
2005	17,0	30,2	23,6	55	15	3	38,8	107,6	13
2006	17,1	30,6	23,9	53	26	13	36,8	108,8	19
Medie	17,3	28,6	23,0	35,3	14,4	2,7	35,5	104,6	15

pertanto un indicatore indiretto e parziale della condizione di benessere o di disagio climatico, utilizzabile solo in mancanza degli altri elementi meteorologici concorrenti.

A Lucca le temperature medie stagionali delle minime hanno mostrato una tendenza molto lieve all'aumento, in conseguenza della debole diminuzione di quelle di giugno, del trascurabile aumento di quelle di luglio e dell'aumento sensibile di quelle di agosto, queste ultime con un incremento tendenziale di circa $0,2^\circ\text{C}/10$ anni. Le «notti tropicali», che costituiscono un efficace indicatore indiretto del disagio termico, poiché condizionano l'equilibrio termodinamico del corpo umano durante il riposo notturno, mostrano una lieve tendenza stagionale positiva, stimabile in 1,5 notti/10 anni, soprattutto per il contributo di agosto, che registra un incremento valutabile in 0,9 notti/10 anni.

Le estati seguenti quella eccezionale del 2003, pur essendo state «piuttosto calde» ($23,5 \leq T_{\text{med}} < 24,0^\circ\text{C}$) (Rapetti, 1998), mostrano segni di rientro verso i valori medi del periodo.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Servizio Idrologico della Regione Toscana - Centro Funzionale Regionale per aver messo a nostra disposizione i dati termometrici inediti raccolti a Lucca dal 1997 al 2006.

BIBLIOGRAFIA

Agostini G., Pinna M., Pinna S. & Russo F., 2005. Bioclimatologia umana: 1-329. UTET, Torino.
Angot A., 1913. Sur un mode de classification des hivers. *Annu. Sac. Météorol. de France*: 172-175.

Besancenot J.P., 1995. Pour une approche géographique des risques climatopathologiques. *Ann. Géogr.* 584: 360-376.

Cortemiglia G.C., 2002. Messa a punto di una procedura per l'analisi climatica delle serie termopluviometriche storiche italiane con relativa applicazione esemplificativa alla serie storica di Genova (1833-2001). Quaderno N. 3. Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'Università di Genova: 1-162. Litocoop Tortona (AL).

Ceschia M., Pitrobon V., 2006. Analisi dell'evoluzione del clima regionale nel contesto globale basandosi sulla serie osservazionale bicentennale di Udine. In: Cortemiglia G.C. (a cura di), La variabilità del clima locale relazionata ai fenomeni di cambiamento climatico globale. *Geografia e organizzazione dello sviluppo territoriale*. Studi regionali e monografici, 37: 129-190. Patron Editore Bologna.

Easton G., 1928. Les hivers dans l'Europe occidentale: 210. Brill, Leida.

Le Soir, 28 luglio 2006. Quotidiano di Bruxelles.

Ministero LL. PP. - Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa (1929-2004). Annali Idrologici, Parte I^a. Istituto Poligrafico dello Stato. Roma.

Missenard A., 1937. L'homme e le climat: 1-270. Ed. Plon, Paris.

Rapetti F., 1996. Discussione su alcuni indici bioclimatici relativi alla foce del Fiume Morto Nuovo (Litorale Pisano). *Riv. Geogr. It.* 103: 31-50.

Rapetti F., 1996. Le temperature invernali e gli episodi di freddo intenso di Lucca dal 1928 al 1996. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A*, 103: 41-50.

Rapetti F., 1998. Le temperature estive e gli episodi di caldo intenso di Lucca dal 1929 al 1996. *Mem. Riv. Geogr. Ital.* LV. In: Ghe-lardoni P. (a cura di), Studi in onore di Mario Pinna: 201-220. Roma.

Rapetti F., 2004. Tendenze attuali del clima termico invernale ed estivo a Lucca (1929-2003). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Ser. A* 109: 85-95.

Rapetti F., Vittorini S., 1986. L'episodio di gelo del gennaio 1985 in Toscana, con particolare riguardo alla bassa valle dell'Arno. *Riv. Geogr. It.* 93: 437-447.

Rapetti F., Vittorini S., 1992. Gli estremi termici in Toscana dal 1929 al 1987. *Riv. Geogr. It.* 99: 415-441.

(ms. pres. il 15 settembre 2006; ult. bozze il 15 febbraio 2007)