

F. RAPETTI (*)

LE TEMPERATURE INVERNALI E GLI EPISODI DI FREDDO INTENSO DI LUCCA (TOSCANA) DAL 1928 AL 1996 (**)

Riassunto - Dopo brevi considerazioni sulla tendenza pluriennale delle temperature invernali in Toscana, si analizzano i dati di Lucca dal 1928 al 1996.

Si propone una classificazione degli inverni della città sulla base della temperatura media stagionale, pur non trascurando altri parametri quali le medie delle temperature massime e minime, il numero di giorni con gelo e di quelli senza disgelo, la somma di tutte le temperature negative e delle tre minime assolute di ciascun inverno: gli inverni più rigidi risultano quelli del 1929, 1942, 1963, mentre quelli più miti cadono nel 1977, 1980, 1988. Tale analisi conferma tuttavia la difficoltà di assumere criteri di classificazione univoci e certi, comprensivi allo stesso tempo della durata e dell'intensità delle basse temperature.

Si osserva la tendenza all'aumento delle temperature massime, minime e medie, con una velocità di variazione compresa tra $0,14^\circ$ e $0,16^\circ/10$ anni, sia pure con fluttuazioni in senso caldo e in senso freddo distribuite con una certa regolarità e con un tempo di ritorno di circa venti anni. Altri indicatori del freddo più intenso mostrano una sensibile tendenza alla diminuzione.

Si osserva la banda di oscillazione delle temperature mensili e di quelle diurne: il mese più freddo è quello di gennaio, mentre i valori massimi e minimi assoluti giornalieri sono rispettivamente di $22,0^\circ$ (febbraio 1991) e di $-13,4^\circ$ (gennaio 1985).

Si individuano le date più precoci e più tardive dei giorni con gelo.

Si analizza l'episodio di gelo del gennaio 1985, che ha interessato con maggiore intensità la Toscana settentrionale pianiziarica e collinare, e che può essere considerato il più intenso del XX secolo.

Si discutono brevemente le possibili cause degli andamenti descritti.

Parole chiave - Climatologia, temperature invernali, Lucca (Toscana).

Abstract - *Winter temperatures and events of intense cold in Lucca (Tuscany) from 1928 to 1996.* After making a few short remarks upon the general trend of winter temperatures in Tuscany over the years, data concerning Lucca from 1928 to 1996 are analysed.

A classification of winters in Lucca is proposed, on the ground of the average season temperature, without neglecting other parameters such as number of days with frost and of days without thaw, the sum of all negative temperatures and of the three absolute minimum ones in each winter: the hardest winters show to be in 1929, 1942, 1963, while the mildest ones fall in 1977, 1980, 1988. Nevertheless, the study affords confirmation of the difficulty for assuming univocal and reliable classification standards, account-

ing both for low temperatures duration and for their intensity.

An upward trend of maximum, minimum and average temperatures is inferred, varying at a rate of $0,14^\circ$ up to $0,16^\circ/10$ years, showing however upward and downward fluctuations, distributed with some regularity and with a recurrence period of about twenty years. Other cold indicators show a downward trend.

The range of monthly and daily temperatures is studied: the coldest month is January, while absolute maximum and minimum temperatures are respectively $22,0^\circ$ (February 1991) and $-13,4^\circ$ (January 1985).

The earliest and latest days of frost are singled out.

Analysis of the frost event occurred in January 1985, which touched most severely the plains and hills in northern Tuscany and can thus be regarded as the most intense one in the 20th century.

Possible causes of the above-mentioned trends are briefly discussed.

Key words - Climatology, winter temperatures, Lucca (Tuscany).

PREMESSA

Dopo il lento esaurimento della «piccola età glaciale», dalla metà del XIX e sino alla metà del XX secolo, l'emisfero settentrionale è stato interessato da una fluttuazione termica in senso caldo. In Europa il fenomeno è stato più marcato nelle regioni settentrionali, ma è risultato evidente anche in quelle centrali e meridionali. Dal 1950 tale tendenza ha subito una inversione, con una fase, della durata di circa venticinque anni, in cui si è osservata una diminuzione delle temperature, con intensità diversa da luogo a luogo, ma più marcata nelle aree continentali. Negli anni Ottanta la temperatura ha ripreso a salire in modo sensibile: in molte regioni infatti questo decennio è stato probabilmente il più caldo del secolo (Pinna, 1996).

Lo studio delle lunghe serie termometriche fondato sui valori medi non rappresenta tuttavia un criterio sufficientemente analitico, poichè essi non consentono di osservare, ad esempio, le tendenze termiche in senso oceanico o in senso continentale. Non è infrequente infatti che le temperature massime e minime, oppure quelle delle stagioni abbiano anda-

(*) Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, CNR (dir. Antonio Rau) c/o Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa - Via S. Maria 53 - Pisa.

(**) Ricerca finanziata dal Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino CNR - Pisa.

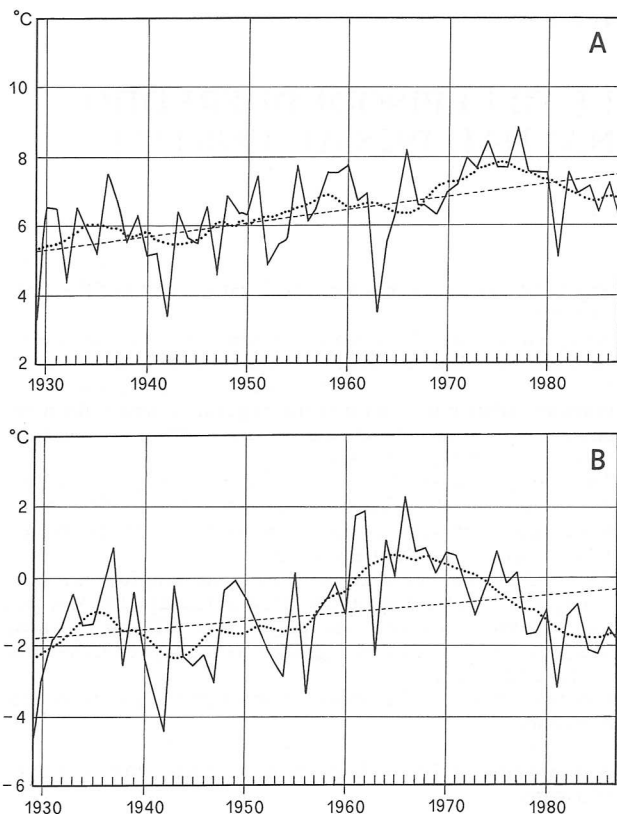


Fig. 1 - Andamento interannuale delle temperature medie invernali di Firenze (A) e di Boscolungo (B) dal 1929 al 1987. Sono indicate le medie mobili di ordine cinque (punteggiato) e il trend (tratteggiato).

menti opposti, come ad esempio si è verificato in Toscana nell'ultimo secolo, in cui, dall'estremo settentrionale a quello meridionale, dalle zone costiere alle località più interne della regione, con poche eccezioni, al netto aumento tendenziale delle temperature invernali ha fatto riscontro la stabilità o la lieve diminuzione di quelle estive (Rapetti e Vittorini, 1992). È lecito pensare che si tratti di un fenomeno non legato a fattori locali, poichè riguarda sia località che negli ultimi decenni hanno registrato una forte espansione urbana e industriale, come la conurbazione Firenze-Prato (Fig. 1A), dove lo stato termico dei bassi strati atmosferici può aver subito l'influenza dell'«isola di calore» legata alle attività antropiche, sia piccoli centri, in cui si è avuto un modesto sviluppo, sia località come Boscolungo (1340 m), nell'alto Appennino settentrionale (Fig. 1B), di caratteristiche spiccatamente rurali.

Nello studio degli inverni, per una migliore definizione delle caratteristiche della stagione, oltre naturalmente all'andamento delle temperature medie, che costituiscono l'elemento meteorologico più importante, è dunque opportuno considerare quello delle massime e delle minime e, con opportuni altri elementi, la durata e la ricorrenza dei principali episodi di freddo intenso.

In questo studio, nell'ambito delle indagini sul clima della Toscana, si considerano le temperature invernali e i principali eventi di gelo di Lucca dal 1928 al 1996; i dati editi sono tratti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa (Annali Idrologici, 1928-1996), quelli inediti sono stati forniti dallo stesso Ufficio. Essi devono essere considerati con la necessaria cautela, poichè la stazione termometrica ha subito nel tempo alcuni significativi spostamenti: in data anteriore al 1933 essa era posta presso la vecchia stazione di sollevamento dell'acquedotto civico (La Rotta); nel giugno del 1933 fu collocata nell'Istituto di Igiene e Profilassi della città, all'interno di una costruzione sopraelevata rispetto al tetto dell'edificio, ad una altezza dal suolo di circa 22 m, dov'è rimasta fino al dicembre 1984, per essere infine trasferita presso l'Orto Botanico della città, dove si trova tuttora. Nello studio delle serie storiche, in cui sia prevalente l'interesse per le tendenze degli elementi meteorologici, è necessario valutare se gli spostamenti del sito di rilevamento abbiano introdotto nella serie disomogeneità così gravi da metterne in discussione la validità. Tra i metodi statistici adatti a questo scopo è stato utilizzato quello di Thom (1966), il quale, pur non improntato alla massima severità, costituisce un indicatore sufficientemente attendibile della omogeneità dei dati in esame, ovvero delle tendenze fittizie che possono essere indotte dalla disomogeneità (Giuffrida e Conte, 1991) (1). L'applicazione del test alle temperature massime, minime e medie mostra la buona omogeneità delle minime e delle medie e la non omogeneità delle massime, che appaiono generalmente più sensibili a questa analisi. Per queste ultime è dunque opportuno tener presente che il trend e le fluttuazioni riscontrati potrebbero essere stati influenzati dai cambiamenti intervenuti nel sito di rilevamento. L'analisi delle fluttuazioni e delle tendenze è stata condotta con metodi statistici semplici, quali il calcolo delle medie mobili e quello della regressione lineare. La serie delle temperature presenta interruzioni negli anni 1930, 1931, 1988, 1989, che sono state colmate con una interpolazione rispetto ai dati termici di Pisa e di Mutigliano, mentre per gli anni 1932 e 1933 si presenta qualche difficoltà di interpretazione delle schede termometriche originali. I dati relativi a tali anni devono perciò essere considerati con particolare prudenza.

(1) - Questo metodo, com'è noto, consiste nel determinare la mediana di una serie di valori e contare il numero di passaggi al di sopra e al di sotto di questo parametro, secondo la serie cronologica dei dati. Detto N il numero degli elementi trattati e P il numero dei passaggi intorno alla mediana, se: $N/2 + 10\% > P > N/2 - 10\%$, la serie può considerarsi omogenea, con un intervallo di confidenza dell'80%. Se P è minore di $N/2 - 10\%$ la serie non è omogenea e può essere affetta da un trend fittizio, mentre se P è maggiore di $N/2 + 10\%$ si possono registrare fluttuazioni non dovute e variazioni climatiche.

LA CLASSIFICAZIONE DEGLI INVERNI

Nello studio delle serie storiche la nozione di anno caldo o freddo e/o di stagione calda o fredda non si presta a definizioni universalmente accettate, per la difficoltà di fissare criteri tassonomici oggettivi, validi per qualunque combinazione dei fattori meteorologici. Tale difficoltà nasce dalla esigenza di dover considerare, oltre al livello termico stagionale medio, anche la durata e l'intensità delle basse temperature. Tra i vari tentativi di classificazione è di particolare interesse quello di Easton (1928), il quale, considerando anche i criteri adottati da altri AA. (Angot, 1913; Hellmann, 1917; Brazier, 1927), propone un ordinamento degli inverni della «provincia climatica dell'Europa occidentale» dal 1205 al 1756 sulla base di informazioni tratte da fonti storiche di varia natura e provenienza, quelli dal 1757 al 1851 utilizzando i dati termometrici antichi, ed infine quelli dal 1852 al 1928 con i dati moderni (2). Gli elementi meteorologici che considera sono i seguenti:

- 1) media mensile dell'inverno: questo elemento è considerato la miglior base per la definizione delle caratteristiche dell'inverno, anche se risulta insufficiente per gli inverni anormali, con una distribuzione molto variabile delle temperature;
- 2) giorni con gelo: elemento importante ma piuttosto influenzato dalle condizioni locali della stazione;
- 3) giorni senza disgelo: importante per gli inverni molto freddi, ma inutile per quelli tiepidi o miti;
- 4) giorni con temperatura massima minore di $-10,0^{\circ}$: elemento molto severo, adatto solo alle alte latitudini;
- 5) media delle tre minime estreme dei mesi da novembre a marzo.

A ciascun elemento, trattato con un metodo statistico già utilizzato da Angot (1913) nei suoi studi sul clima della Francia, l'Autore attribuisce un coefficiente secondo una scala centesimale. I singoli coefficienti vengono opportunamente combinati fino ad ottenere per ciascun inverno un «coefficiente di intensità». Si tratta di un interessante metodo di impronta positivista, che, per la caratteristica degli elementi considerati, non è purtroppo di applicazione generale.

Tra gli studiosi italiani che hanno trattato l'argomento si può ricordare Eredia, che ha analizzato gli inverni di Roma dal 1854 al 1930 utilizzando i seguenti elementi meteorologici: deviazione della media invernale dalla normale, somma delle temperature minime sotto zero, frequenza delle temperature minori o uguali a zero, somma delle tre minime assolute (Eredia, 1930). La difficoltà di generalizzare l'applicazione

dei criteri fino ad ora proposti ha portato in questa indagine più semplicemente a ordinare gli inverni di Lucca sulla base delle temperature medie stagionali, pur considerando le temperature massime e quelle minime, la temperatura minima assoluta, il numero di giorni consecutivi con gelo, la somma di tutte le temperature minime minori di zero, la somma delle tre minime dell'inverno. Sono stati definiti normali (3) gli inverni con la frequenza percentuale più elevata (VIII classe), mentre le altre classi, con le loro specifiche aggettivazioni, sono state fissate ad intervalli di $0,5^{\circ}$ (Tav. 1, f.t.).

GLI ELEMENTI METEOROLOGICI CARATTERISTICI

La temperatura media dell'inverno è di $7,1^{\circ}$ ($\sigma=1,133^{\circ}$), con valori estremi di $9,7^{\circ}$ (1977) e di $3,5^{\circ}$ (1929). La serie storica mostra un trend positivo, con un incremento di circa $1,1^{\circ}$, pari a $0,16^{\circ}/10$ anni, e sensibili fluttuazioni positive e negative, della durata di circa dieci anni: negli ultimi due decenni si alterna un periodo di inverni caldi, all'incirca dal 1970 al 1980, in cui si registrano i valori più elevati dell'intero periodo, e di inverni relativamente freschi dal 1980 ad oggi (Fig. 2). Gli inverni più freddi ($t_{med} < 5^{\circ}$) in ordine cronologico sono quelli del 1929, del 1932, del 1942 e del 1963; quelli miti ($t_{med} \geq 8,5^{\circ}$) cadono nel 1955, 1977, 1979, 1980, 1988. È interessante osservare che negli ultimi trent'anni la temperatura media dell'inverno non è più scesa sotto i $5,0^{\circ}$.

La temperatura media delle massime è di $10,8^{\circ}$ ($\sigma=1,506^{\circ}$), con valori estremi di $12,7^{\circ}$ (1989) e di $7,6^{\circ}$ (1929); la tendenza generale è positiva, con un incremento di circa $1,0^{\circ}$, pari a $0,14^{\circ}/10$ anni, mentre si osservano modeste fluttuazioni positive e ne-

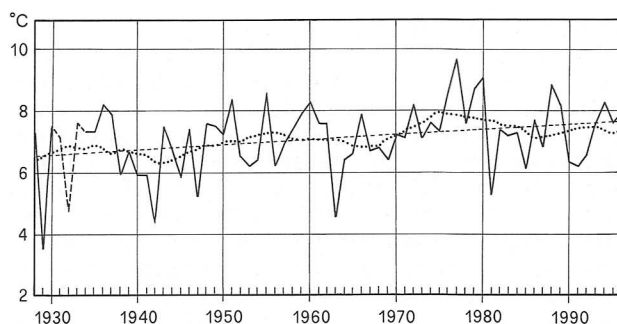


Fig. 2 - Andamento interannuale delle temperature medie invernali di Lucca dal 1928 al 1996.

(2) - Easton propone la seguente classificazione: Grand hiver, H. très rigoureux; H. rigoureux; H. froid; H. normal, plutôt froid; Hiver normal; H. normal, plutôt tiède; H. tiède; H. doux; H. très doux.

(3) - L'attribuzione del termine *inverno normale*, e di tutte le altre aggettivazioni, può derivare da due modalità di indagine: una modalità statistica che, ad esempio, consideri le frequenze delle varie classi di temperatura in una data località, oppure da un criterio che metta in primo piano la sensazione termica dell'uomo. Quest'ultima però è di difficile determinazione poiché non dipende solo dalla temperatura ma anche da altri fattori, quali l'umidità relativa dell'aria, la velocità del vento, la temperatura radiante, ed infine il grado di attività fisica e di copertura dei soggetti.

gative, alternate a fasi di sostanziale stabilità (Fig. 3). I valori più bassi si verificano nel 1929, in tre anni consecutivi dal 1940 al 1942, e nel 1963; solo nel 1929 e nel 1963 le temperature massime sono state inferiori a $8,0^\circ$. Quelle più elevate sono concentrate nell'ultimo decennio, con il massimo principale della serie nel 1989.

La temperatura media delle minime è di $3,4^\circ$ ($\sigma = 1,521^\circ$), con valori estremi di $7,3^\circ$ (1977) e di $-1,7^\circ$ (1932). La retta di tendenza indica un incremento complessivo di circa $1,1^\circ$, pari a $0,16^\circ/10$ anni. L'andamento delle medie mobili mostra una sostanziale stabilità fino al 1970, per poi subire una fluttuazione in senso caldo della durata di circa un decennio, seguita da una fluttuazione fredda che si protrae fino ad oggi (Fig. 3). Le minime più elevate sono concentrate negli anni dal 1977 al 1980, mentre quelle più basse cadono nel 1929, nel 1932 e nel 1942, anche se sono degne di nota quelle del 1963, del 1981 e del 1990.

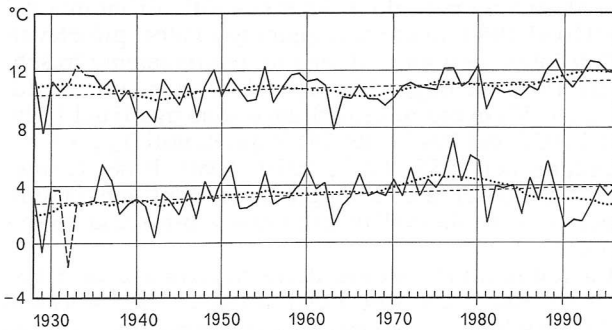


Fig. 3 - Andamento interannuale delle temperature massime e minime invernali.

Il numero medio dei giorni con gelo è di 19,5 ($\sigma = 12,0$), con estremi di 54 giorni nel 1929 e nessun giorno nel 1977. L'andamento delle medie mobili mette in rilievo un periodo di circa quindici anni, dal 1935 al 1950, di fluttuazione positiva, seguito, dopo un intervallo di sostanziale stabilità, da una profonda flessione del numero di questi giorni della durata di circa venti anni, dal 1965 al 1985; da quest'ultima data ad oggi i giorni con gelo sono in rapida crescita (Fig. 4). La tendenza generale è negativa, con un decremento di circa $0,8$ giorni/10 anni.

Il numero medio dei giorni consecutivi con gelo è di 7,3 ($\sigma = 5,7$), con estremi di 25 giorni nel 1956 e nessun giorno nel 1977; la serie mostra una sostanziale stabilità fino al 1960 ed una sensibile flessione dal 1960 al 1985, seguita da un rapido aumento, che si protrae fino ad oggi (Fig. 4).

A Lucca i giorni senza disgelo, come nel resto della Toscana pianiziarica e collinare, sono rari e costituiscono un elemento di valutazione molto selettivo del rigore invernale; se ne contano infatti appena sette in tutto il periodo: uno nel 1947, due nel 1956, uno nel 1963, uno nel 1968 e due nel 1985.

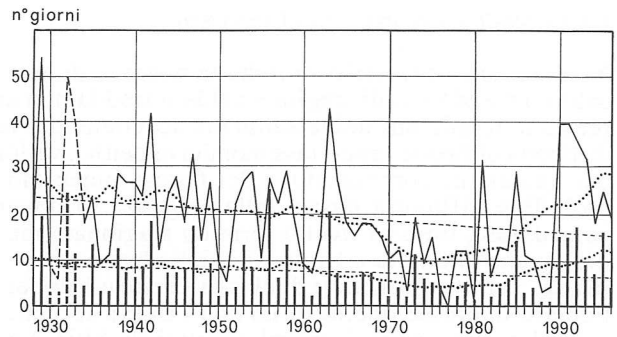


Fig. 4 - Andamento interannuale del numero di giorni con gelo (linee) e di giorni consecutivi con gelo (barre).

La somma di tutte le temperature minime negative da dicembre a febbraio, che può essere considerata come un indice della diffusione del freddo moderatamente intenso, ha un valore medio di $-34,8^\circ$, con estremi di $-180,0^\circ$ nel 1990 e zero nel 1977. Si osserva una generale flessione dell'elemento dall'inizio delle osservazioni alla metà degli anni Settanta, seguita da una ripresa piuttosto rapida che si protrae fino ad oggi. Gli inverni con la massima diffusione del freddo ($\Sigma < -120^\circ$) sono quelli del 1929, 1942, 1985, 1990 (Fig. 5).

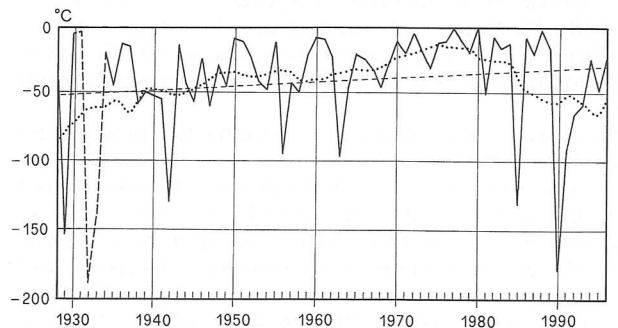


Fig. 5 - Andamento interannuale della sommatoria delle temperature minime diurne invernali minori di zero.

La somma delle tre temperature minime dell'inverno ha un valore medio di $-10,4^\circ$, con estremi di $-38,5^\circ$ nel 1985 e nessun valore negativo nel 1977. Si evidenzia una fluttuazione positiva dal 1929 alla fine degli anni Cinquanta, seguita da un periodo di sostanziale stabilità e, successivamente, da una fluttuazione negativa di notevole intensità nel decennio 1970-1980. Infine, nell'ultimo quindicennio, si registra una netta ripresa delle temperature negative. Nella serie storica di questo parametro l'inverno del 1985 si distingue nettamente dagli altri, seguito da quelli del 1929 e del 1956 (Fig. 6).

La distribuzione di frequenza delle temperature medie, di tipo unimodale con obliquità destra, mostra il valore più elevato nella VIII classe classe ($7,5^\circ \leq t < 8,0^\circ$: inverni normali) con il 24,6% dei casi. Gli inverni

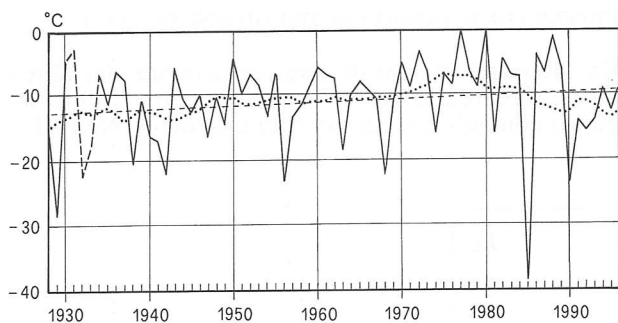


Fig. 6 - Andamento interannuale della somma delle tre temperature invernali più basse.

più freddi ($t \leq 6,0^\circ$; I, II, III, IV classe) hanno frequenze comprese tra il 2,9% e il 5,8% (Fig. 7). La media, la moda e la mediana hanno il valore rispettivamente $7,1^\circ$, $7,7^\circ$, $7,3^\circ$.

Il criterio di ordinamento utilizzato, adatto a definire le caratteristiche generali della stagione, non può invece mettere in luce gli aspetti relativi alla durata ed alla intensità delle basse temperature: l'inverno del 1929, ad esempio, noto negli annali come molto rigido, già citato da Eredia (1930) come l'inverno più freddo dal 1854 al 1930 in Italia e in Europa, occupa la prima posizione tra i valori minimi sia per la temperatura media delle massime, sia per la temperatura media stagionale, sia per il massimo valore del numero dei giorni con gelo, ma non per la minima assoluta, né per il numero di giorni consecutivi con gelo, né per la sommatoria delle temperature negative, né per la somma delle tre temperature più basse; in questo inverno, inoltre, non si è registrato nessun giorno senza disgelo. L'inverno del 1985, inserito nella V classe ($6,0^\circ \leq t < 6,5^\circ$: inverno piuttosto freddo), ha una temperatura media di $6,1^\circ$, ma occupa la prima posizione sia per la temperatura minima assoluta ($-13,4^\circ$), sia per la somma delle tre temperature minime. L'inverno del 1977, che appartiene alla X classe ($t \leq 8,5^\circ$: inverno mite), si pone all'ultimo posto per tutti gli elementi considerati, ad eccezione della temperatura media delle massime ($12,1^\circ$), superata dal valore di $12,7^\circ$ del

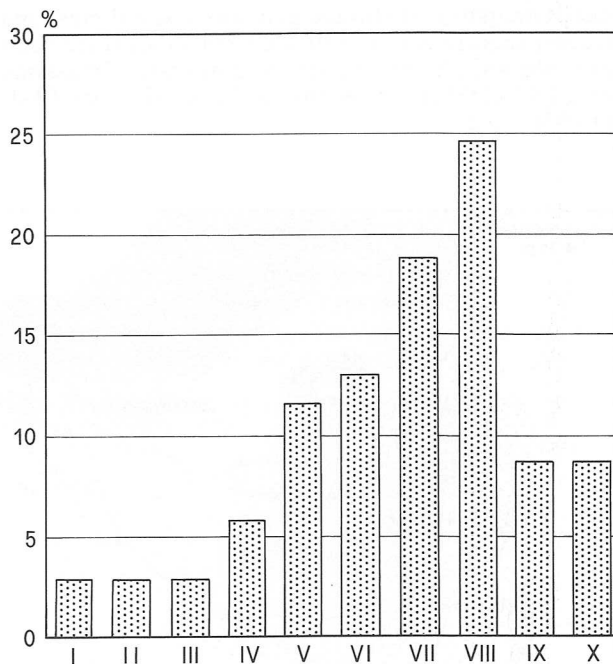


Fig. 7 - Distribuzione percentuale di frequenza degli inverni.

1989. Riguardo alle tendenze del clima termico si può osservare che gli inverni della IX e della X classe, salvo l'eccezione del 1936, sono posteriori al 1950.

I VALORI ESTREMI MENSILI E DIURNI

Di notevole interesse statistico ed applicativo è la conoscenza della banda di oscillazione delle temperature. Si tratta, com'è ovvio, di valori superabili in qualsiasi inverno a venire, ma, quando l'indagine sia estesa ad un lungo intervallo di tempo, essi possono costituire un ulteriore criterio di caratterizzazione del clima locale, oltre a fornire utili indicazioni per tutte le attività influenzate dalla temperatura dell'aria. La tabella 1 mostra i valori limite raggiunti a Lucca: per

Tab. 1 - Temperature estreme medie mensili e diurne ($^\circ\text{C}$).

	Dicembre	Gennaio	Febbraio
Valori mensili			
max delle massime	$14,2^\circ$ (1933)	$12,7^\circ$ (1994)	$16,0^\circ$ (1990)
min delle massime	$6,8^\circ$ (1941)	$6,3^\circ$ (vari)	$6,4^\circ$ (1929)
max delle minime	$7,5^\circ$ (1979)	$7,4^\circ$ (1936)	$8,4^\circ$ (1977)
min delle minime	$-1,7^\circ$ (1932)	$-2,3^\circ$ (1990)	$-3,6^\circ$ (1932)
Valori diurni			
max assoluta delle max	$19,2^\circ$ (01-1932)	$19,3^\circ$ (28-1932)	$22,0^\circ$ (25-1991)
max assoluta delle min	$12,5^\circ$ (13-1955)	$14,8^\circ$ (varie)	$13,0^\circ$ (27-1990)
min assoluta delle max	$0,5^\circ$ (31-1939)	$-1,8^\circ$ (08-1985)	$0,0^\circ$ (varie)
min assoluta delle min	$-7,5^\circ$ (01-1989)	$-13,4^\circ$ (11-1985)	$-11,5^\circ$ (15-1929)

quelli mensili si distingue gennaio, che è il mese più freddo, mentre per i diurni si possono osservare i dati di febbraio, che ha registrato temperature massime di 22,0° (1991) e massime delle minime di 13,0° (1990).

PRECOCITÀ E TARDIVITÀ DEI GIORNI DI GELO

Un ulteriore criterio di caratterizzazione del clima locale riguarda le date estreme di inizio e di fine dei giorni con gelo (gelate precoci e tardive). Nella To-

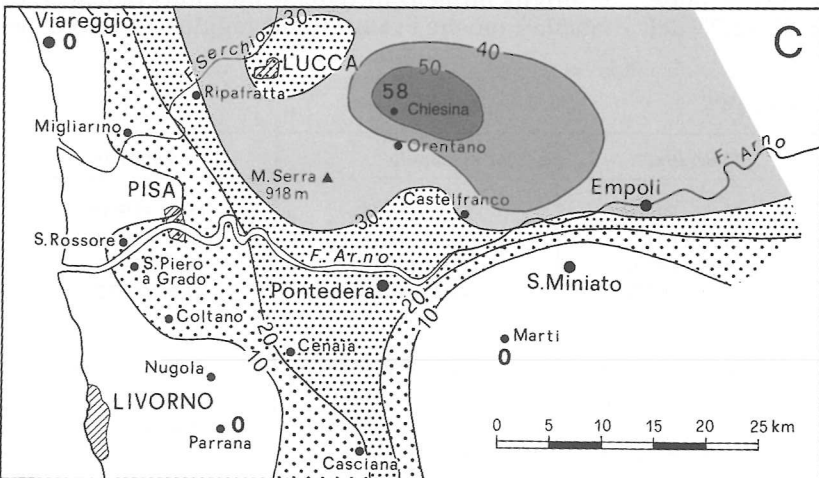
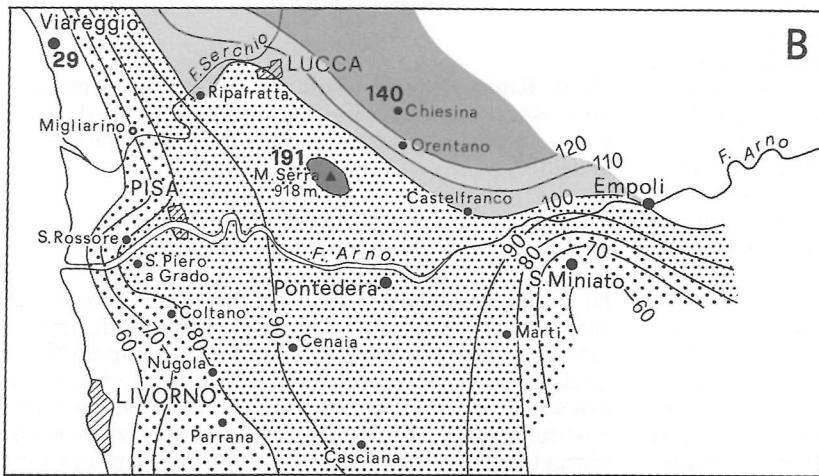
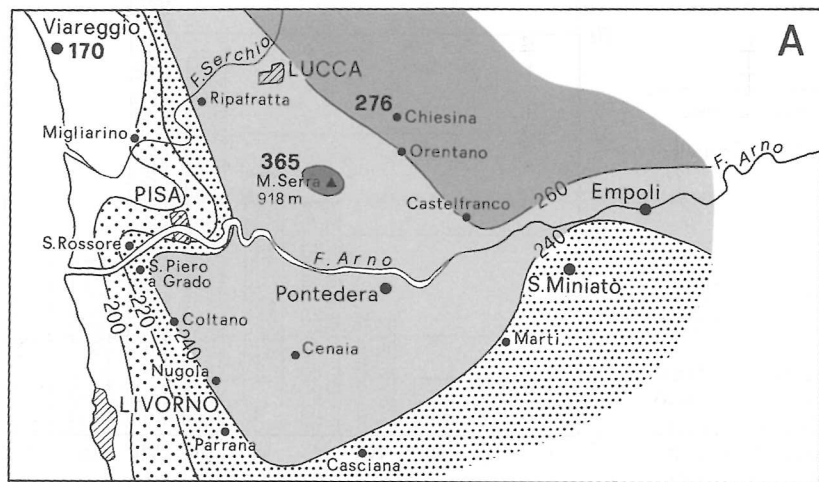


Fig. 8 - Numero di ore di permanenza della temperatura sotto 0° (A), -5,0° (B), -10,0° (C) nella bassa valle dell'Arno e lungo la costa tirrenica durante l'episodio di gelo del gennaio 1985.

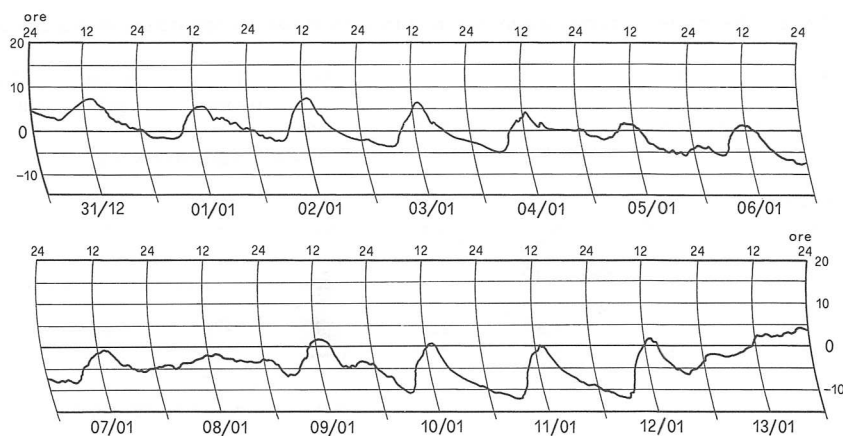


Fig. 9 - Andamento della temperatura dell'aria all'Orto Botanico di Lucca dal 31 dicembre 1984 al 13 gennaio 1985.

Tab. 2 - Numero di ore di permanenza della temperatura entro determinate classi di valori, numero massimo di ore consecutive con temperatura minore o uguale a zero, numero di cicli di gelo-disgelo.

	0°/-2,0°	-2,1°/-4,0°	-4,1°/-6,0°	-6,1°/-8,0°	-8,1°/-10,0°	-10,1°/-12,0°	n° ore	n° cicli
n° ore	60,7	62,5	51,7	26,0	12,9	18,1	69	24
%	19,5%	20,0%	16,6%	8,3%	4,1%	5,8%	22,0%	-

scana planiziaria e collinare si possono segnalare ad esempio i casi di Firenze e di Siena dove le date estreme si sono registrate rispettivamente il 25 ottobre 1970 e il 10 aprile 1958 e il 9 novembre 1981 e il 6 aprile 1929. A Lucca (1951-1992) tali date sono cadute l'8 novembre 1990 e il 10 aprile 1958.

L'EPISODIO DI GELO DEL GENNAIO 1985

Nella prima quindicina del gennaio 1985 la Toscana planiziaria e collinare, soprattutto la parte situata a nord dell'Arno, fu interessata da una fase di freddo intenso, di durata relativamente breve, nella quale però furono raggiunte le temperature negative più basse dell'ultimo secolo (Rapetti e Vittorini, 1986) e si verificarono durate di gelo estremo eccezionalmente prolungate per le nostre latitudini: fino a 58 ore con temperatura minore di $-10,0^{\circ}$ nella stazione di Chiesina di Padule (Fig. 8).

A Lucca questo episodio ebbe inizio il 1° gennaio e si protrasse fino al 13 del mese; il valore minimo della temperatura fu raggiunto alle ore 06.41 del giorno 11 con $-13,4^{\circ}$ (Fig. 9). Su un totale di 312 ore, che rappresentano la durata della fase più fredda, 232 ore risultarono con temperatura minore o uguale a zero

gradi, ma si registrarono ben 18,1 ore con temperatura minore di $-10,0^{\circ}$ (4).

Per le ripercussioni sull'ambiente fisico e antropico è noto che le temperature sotto lo zero e le oscillazioni termiche intorno a tale valore producono effetti di varia intensità, sia per lo stato fisico dell'uomo, sia per gli aspetti economici, specialmente quelli dell'economia agricola. Infatti le piante arboree coltivate di origine mediterranea, come ad esempio l'olivo, sono molto sensibili all'esposizione al gelo e ai cicli gelo-disgelo. Per questa pianta, che ha un ruolo di grande importanza nell'economia agricola lucchese, la temperatura critica del danno permanente, secondo gli esperti, si aggirerebbe intorno a sei gradi sotto lo zero, limite superato all'Orto Botanico di Lucca per ben 57 ore (Tab. 2).

A margine di queste considerazioni di carattere termico, specialmente per le conseguenze sul disagio da freddo-umido nell'uomo (Rapetti, 1996), è opportuno segnalare che l'umidità media relativa dell'aria nel corso dell'evento meteorologico fu del 59%, con estremi dell'85% e del 19% (7 gennaio). Le precipitazioni, verificatesi in forma prevalentemente solida, furono di 28 mm (equivalente liquido) e il manto nevoso, che raggiunse l'altezza massima di circa 30 cm, ricoprì il suolo per 11 giorni, dal 4 al 14 gennaio.

(4) - Questi dati e il diagramma dell'evento di gelo sono tratti da un termografo meccanico situato nell'Orto Botanico, e differiscono sensibilmente da quelli registrati dallo strumento automatico dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, del quale non sono più reperibili le registrazioni.

Tav. I - Distribuzione degli inverni di Lucca in dieci classi di temperatura media crescente.

Anno	t _{med}	t _{max}	t _{min}	Δt	t _{min} assoluta	n° gg. gelo	n° gg. cons. gelo	n° gg. senza disgelo	Σ temp. negative	Σ tre min assolute
t < 4,5° (grandi inverni)										
1929	3,5°	7,6°	-0,7°	8,3°	-11,5°	54	19	0	-153,3°	-28,5°
1942	4,3°	8,3°	0,3°	8,0°	-8,5°	42	18	0	-128,5°	-22,1°
4,5° ≤ t < 5,0° (inverni molto rigidi)										
1963	4,5°	7,8°	1,2°	6,6°	-7,8°	43	20	1	-96,7°	-18,6°
1932	4,7°	11,1°	1,7°	12,8°	-7,7°	50?	24 ?	0	-188,5°?	-22,5°?
5,0° ≤ t < 5,5° (inverni rigidi)										
1947	5,2°	8,6°	1,7°	6,9°	-6,2°	33	17	1	-58,5°	-16,4°
1981	5,3°	9,2°	1,4°	7,8°	-6,2°	32	7	0	-49,7°	-16,0°
5,5° ≤ t < 6,0° (inverni freddi)										
1945	5,8°	9,6°	2,0°	7,6°	-5,0°	28	7	0	-55,3°	-12,5°
1938	5,9°	9,8°	2,0°	7,8°	-6,2°	29	12	0	-57,2°	-20,8°
1940	5,9°	8,6°	3,1°	5,5°	-6,2°	27	6	0	-51,3°	-16,3°
1941	5,9°	9,1°	2,6°	6,5°	-5,8°	24	8	0	-53,6°	-17,0°
6,0° ≤ t < 6,5° (inverni piuttosto freddi)										
1985	6,1°	10,2°	2,0°	8,2°	-13,4°	29	14	2	-130,5°	-38,5°
1953	6,2°	9,8°	2,5°	7,3°	-4,0°	27	13	0	-39,7°	-8,5°
1956	6,2°	9,7°	2,7°	7,0°	-8,8°	28	25	2	-94,2°	-23,3°
1991	6,2°	10,8°	1,6°	9,2°	-5,0°	40	15	0	-92,0°	-14,0°
1990	6,3°	11,4°	1,1°	10,3°	-8,0°	40	15	0	-180,0°	-23,5°
1954	6,4°	9,9°	2,9°	7,0°	-5,2°	29	8	0	-46,3°	-3,2°
1964	6,4°	10,1°	2,6°	7,5°	-3,8°	27	7	0	-44,6°	-9,8°
1969	6,4°	9,5°	3,3°	6,2°	-4,8°	15	5	0	-25,6°	-11,0°
6,5° ≤ t < 7,0° (inverni freschi)										
1952	6,5°	10,6°	2,4°	8,2°	-5,0°	22	4	0	-21,6°	-6,8°
1965	6,6°	10,0°	3,2°	6,8°	-3,5°	18	5	0	-19,5°	-8,0°
1992	6,6°	11,6°	1,5°	10,1°	-5,5°	36	17	0	-64,5°	-15,5°
1939	6,7°	10,6°	2,7°	7,9°	-3,8°	27	7	0	-48,2°	-10,7°
1944	6,7°	10,4°	2,9°	7,5°	-3,6°	24	7	0	-41,4°	-10,6°
1967	6,7°	10,0°	3,3°	6,7°	-4,2°	18	7	0	-31,1°	-10,6°
1968	6,8°	10,8°	3,5°	6,5°	-8,8°	17	7	1	-44,9°	-22,6°
1987	6,8°	10,5°	3,0°	7,5°	-4,2°	10	4	0	-19,6°	-6,6°
1957	6,9°	10,7°	3,1°	7,6°	-5,0°	22	6	0	-41,1°	-13,2°
7,0° ≤ t < 7,5° (inverni piuttosto freschi)										
1931	7,1°	10,5°	3,7°	6,8°	-	6	3	0	-2,8°	-2,6°
1971	7,1°	10,8°	3,3°	7,5°	-4,0°	12	4	0	-18,8°	-8,8°
1973	7,1°	10,8°	3,3°	7,5°	-2,4°	19	11	0	-17,7°	-6,5°
1950	7,2°	10,1°	4,3°	5,8°	-1,5°	10	2	0	-7,8°	-4,2°
1970	7,2°	10,0°	4,4°	5,6°	-2,0°	10	2	0	-9,9°	-4,9°
1983	7,2°	10,4°	3,9°	6,5°	-2,0°	13	4	0	-15,4°	-6,9°
1934	7,3°	11,7°	2,8°	8,9°	-3,5°	18	4	0	-17,9°	-6,6°
1935	7,3°	11,6°	2,9°	8,7°	-4,0°	24	13	0	-43,1°	-11,3°
1975	7,3°	10,6°	3,9°	6,7°	-3,2°	15	5	0	-10,5°	-6,6°
1984	7,3°	10,5°	4,0°	6,5°	-3,0°	12	6	0	-11,9°	-7,1°
1946	7,4°	11,1°	3,7°	7,4°	-4,0°	18	8	0	-22,3°	-9,8°
1958	7,4°	11,6°	3,2°	8,4°	-4,6°	29	13	0	-48,2°	-11,6°
1982	7,4°	4,1°	6,6°	-2,0°	-2,0°	6	2	0	-5,4°	-4,3°

Continua

Anno	t _{med}	t _{max}	t _{min}	Δt	t _{min} assoluta	n° gg. gelo	n° gg. cons. gelo	n° gg. senza disgelo	Σ temp. negative	Σ tre min assolute
7,5° ≤ t < 8,0° (inverni normali)										
1930	7,5°	11,2°	3,7°	7,5°	-1,3°	9	3	0	-4,4°	-4,1°
1943	7,5°	11,4°	3,5°	7,9°	-2,2°	12	4	0	-11,9°	-5,7°
1949	7,5°	12,0°	2,9°	9,1°	-6,9°	27	9	0	-43,7°	-14,6°
1933	7,6°	12,4°	2,7°	9,7°	-6,2°	39	11	0	-138,8 ?	-17,6°?
1948	7,6°	10,9°	4,3°	6,6°	-3,6°	14	3	0	-27,2°	-10,1°
1961	7,6°	11,3°	3,8°	7,5°	-3,4°	7	2	0	-8,6°	-6,8°
1962	7,6°	10,9°	4,2°	6,7°	-2,6°	14	4	0	-21,6	-7,4
1974	7,6°	10,7°	4,5°	6,2°	-7,0°	9	6	0	-29,8°	-16,0°
1978	7,6°	10,8°	4,3°	6,5°	-2,6°	12	2	0	-10,4°	-6,2°
1993	7,6°	12,6°	2,6°	10,0°	-5,0°	32	9	0	-58,0°	-14,0°
1995	7,6°	11,9°	3,3°	8,6°	-4,5°	25	16	0	-47,5°	-12,5°
1986	7,7°	10,8°	4,6°	6,2°	-1,3°	11	3	0	-71,0°	-3,5°
1928	7,8°	11,8°	3,7°	8,1°	-6,9°	12	3	0	-21,2	-14,6
1937	7,9°	11,3°	4,5°	6,8°	-3,0°	11	3	0	-27,2°	-7,6°
1959	7,9°	11,8°	4,0°	7,8°	-3,6°	18	4	0	-20,2°	-8,7°
1966	7,9°	10,9°	4,8°	6,1°	-3,4°	15	5	0	-23,6°	-16,0°
1996	7,9°	11,8°	4,0°	7,8°	-4,0°	19	4	0	-20,0°	-8,5°
8,0° ≤ t < 8,5° (inverni tiepidi)										
1936	8,2°	10,7°	5,6°	5,1°	-2,6°	9	3	0	-11,1°	-6,3°
1972	8,2°	11,1°	5,3°	5,8°	-2,0°	3	2	0	-3,4°	-3,4°
1989	8,2°	12,7°	3,6°	9,1°	-3,5°	4	1	0	-16,2°	-6,0°
1960	8,3°	11,2°	5,3°	5,9°	-2,6°	9	4	0	-7,4°	-5,6°
1994	8,3°	12,5°	4,0°	8,5°	-3,5°	18	7	0	-23,0°	-9,0°
1951	8,4°	11,4°	5,4°	6,0°	-4,4°	5	3	0	-10,0°	-9,8°
8,5° ≤ t (inverni miti)										
1976	8,5°	12,1°	4,8°	7,3°	-4,0°	4	4	0	-9,4°	-8,4°
1955	8,6°	12,2°	4,9°	7,3°	-2,5°	10	3	0	-10,0°	-6,7°
1979	8,7°	11,2°	6,2°	5,0°	-4,5°	12	5	0	-17,9°	-8,7°
1988	8,9°	12,0°	5,7°	6,3°	-1,4°	3	1	0	-1,4°	-1,4°
1980	9,1°	12,3°	5,8°	6,5°	-0,2°	1	1	0	-0,2°	-0,2°
1977	9,7°	12,1°	7,3°	4,8°	0,4°	0	0	0	0,0°	0,0°

CONCLUSIONI

Secondo alcuni analisti la temperatura della troposfera potrebbe subire notevoli variazioni in tempi relativamente brevi, ma, allo stato delle conoscenze, è possibile formulare solo delle congetture circa le cause che determinano i passaggi dalle fasi *calde* alle fasi *fredde*. A questo proposito è opportuno considerare che le variazioni climatiche in senso caldo o in senso freddo possono interessare simultaneamente regioni del globo relativamente prossime, con una distribuzione a mosaico, secondo la latitudine e la continentalità o la oceanicità delle aree. Negli ultimi decenni è stata accreditata l'ipotesi secondo la quale il passaggio da un tipo di funzionamento dell'atmosfera all'altro sarebbe legato alla riorganizzazione a grande scala della circolazione oceanica, come ad esempio quella della corrente del Nord Atlantico, che

influenza in modo significativo il clima dell'Europa occidentale (Broecker, 1996). L'incertezza sui meccanismi di funzionamento della macchina atmosferica indebolisce i modelli di interpretazione delle variazioni climatiche, anche quelli che assumono l'aumento della concentrazione dei gas serra come spiegazione della tendenza positiva della temperatura nel nostro secolo. L'effetto dei gas serra, sicuramente di entità non trascurabile, è però con ogni probabilità di ordine inferiore a quello prodotto dalle fluttuazioni del sistema oceanico e degli altri meccanismi di regolazione del clima. Questa ipotesi sarebbe avvalorata dallo sviluppo dei modelli che analizzano l'influenza della concentrazione del diossido di carbonio sulla distribuzione verticale e meridiana della temperatura. Alcune previsioni ricavate da tali simulazioni si troverebbero infatti in stridente contrasto con i dati osservati, soprattutto rispetto

all'andamento zonale della temperatura. Su questo argomento tra gli analisti non vi è tuttavia uniformità di vedute: per alcuni AA. «il riscaldamento recente è ancora nei limiti della variabilità naturale» (Palmieri, 1991), mentre per altri sarebbero ormai ben riconoscibili i segnali del ruolo del CO₂ sulle tendenze termiche più recenti.

L'aumento delle temperature invernali registrato a Lucca è dunque legato ad una fluttuazione calda che riguarda l'Europa centro-meridionale, ma non si possono trascurare le modifiche degli equilibri termodinamici della città dovute alla liberazione di calore prodotto dall'uso dei combustibili fossili per usi civili, che si sono fortemente incrementate negli ultimi decenni. Dalla seconda metà del secolo scorso il microclima delle città si è infatti sempre più differenziato da quello delle campagne circostanti: una stima di tali differenze è stata proposta da Lansberg (1970), secondo cui le temperature medie invernali delle città, in relazione alle loro dimensioni e all'intensità dei consumi energetici, sarebbero oggi più elevate di 1°/2° rispetto a quelle rurali. In Toscana l'effetto *isola di calore* è stato studiato per Firenze da Pantani e Ciantelli (1979) e da Nannini (1983). Secondo Pantani e Ciantelli nel decennio 1966-1975 le temperature medie annue delle minime del capoluogo toscano sono risultate più elevate di 1,32° rispetto a quelle dell'Aeroporto di Peretola, mentre le massime sono risultate più basse in media di 0,60°. Queste valutazioni sono sostanzialmente confermate da Nannini, secondo il quale dal 1979 al 1981, presso l'Osservatorio Ximeniano, le massime sono risultate più basse di 0,7° e le minime più elevate di 1,4° rispetto a quelle della stazione rurale.

Per Lucca non risulta che siano state svolte indagini di questo tipo, ma è molto probabile che una frazione degli aumenti riscontrati nelle temperature invernali degli ultimi decenni, purtroppo non definibile, sia da imputare all'incremento dei consumi energetici.

Nel periodo considerato l'andamento delle temperature medie dell'inverno mostra sostanzialmente tre fluttuazioni positive e tre fluttuazioni negative: le prime culminano intorno alla metà degli anni Trenta, degli anni Cinquanta e degli anni Settanta, con una ricorrenza di circa venti anni; le seconde culminano nei primi anni Quaranta, a metà degli anni Sessanta e a metà degli anni Ottanta, con una ricorrenza, anche in questo caso, di circa due decenni. Tuttavia i punti di massima flessione, come di massimo incremento, si collocano nel tempo su livelli costantemente più elevati.

Gli altri indicatori della rigidità invernale, come il numero totale dei giorni con gelo e la somma di tutte le temperature minori di zero, mostrano un andamento pressochè simmetrico rispetto a quello delle tem-

perature medie. Molto marcata è, ad esempio, la flessione del numero dei giorni di gelo verificatasi tra l'inizio degli anni Cinquanta e la metà degli anni Ottanta, mentre altrettanto significativo appare il rapido aumento di questo parametro nell'ultimo decennio, che sta determinando la fluttuazione positiva più intensa dell'intero periodo. Analogo andamento si registra per la somma di tutte le temperature negative dell'inverno: ciò, probabilmente, come segnale di una inversione di tendenza degli inverni in Toscana iniziata dagli anni Ottanta.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Direzione e il signor Renato Giola dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa per aver messo a disposizione i dati inediti in possesso dell'Ufficio.

BIBLIOGRAFIA

- Angot, A., 1913. Sur un mode de classification des hivers. Ann. Soc. météorol. de France. 172-185.
- Brazier, E.C., 1927. L'hiver dans la région parisienne d'après quatre-vingts années d'observations. C.R. du Congrès des Soc. des savantes en 1926. 212-224.
- Broecker, W. S., 1996. Il clima caotico. Le Scienze, 329: 46-52.
- Landsberg, H.E., 1970. Climates and Urban Planning, Urban Climates. Geneva: Secretariat of the World meteorological organization.
- Easton, G., 1928. Les hivers dans l'Europe occidentale. Brill: Leida, 210 pp.
- Eredia, F., 1930. Sugli inverni rigidi. Boll. Soc. geogr. ital., 7,7: 859-864.
- Giuffrida, A., e Conte, M., 1991. L'evoluzione a lungo termine del clima italiano. Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo (a cura di Pinna M.) Mem. Soc. geogr. ital., 46: 329-342.
- Hellmann, G., 1917. Ueber strenge Winter. Sitzungberichte K.P. Akademie der Wissenschaften. Berlin, 52: 158-176.
- Min. LL. PP., 1928-1996. Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Parte I.
- Nannini, P., 1983. L'isola di calore a Firenze. Riv. meteor. aer., 43,1/2: 43-52.
- Pinna, M., 1996. Le variazioni del clima. 214 pp. Franco Angeli. Milano, Italia.
- Palmieri, S., 1991. Aspetti evolutivi del clima negli ultimi decenni. Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo (a cura di Pinna M.). Mem. Soc. geogr. ital., 46: 99-113.
- Pantani, F. e Ciantelli G., 1979. Alcune considerazioni sul microclima di Firenze. Riv. meteor. aer., 39, 2: 163-167.
- Rapetti, F. e Vittorini, S., 1986. L'episodio di gelo del gennaio 1985 in Toscana con particolare riguardo alla bassa valle dell'Arno. Riv. geogr. ital., 93, 4: 437-447.
- Rapetti, F. e Vittorini, S., 1992. Gli estremi termici in Toscana dal 1929 al 1987. Riv. geogr. ital., 99: 415-441.
- Rapetti, F., 1996. Discussione su alcuni indici bioclimatici relativi alla foce del fiume Morto Nuovo (Litorale pisano). Riv. geogr. ital. (in corso di stampa).
- Thom, H.C.S., 1966. Some methods of climatological analysis, W.M.O., Technical Note, 81.