

ANNA MARIA SIANI - GIUSEPPE ROCCO CASALE -
FABIO SERMONETA - COSIMO PALAGIANO - SABINO PALMIERI (*)

CLIMATOLOGIA DEL NOVECENTO

CONFRONTO TRA LA FREQUENZA DELLA NEBBIA IN DUE PERIODI CONTIGUI: 1958-1970 E 1971-1991

Introduzione. – È ben noto come la nebbia costituisca un fenomeno di enorme rilevanza specie sotto il profilo della sicurezza e affidabilità dei trasporti, sia in superficie sia aerei. Gli studi più recenti sull'argomento, in particolare per quanto si riferisce all'Italia, sono polarizzati intorno a due aspetti fondamentali: *a)* da un punto di vista chimico-fisico, come analisi dei processi eterogenei che sono responsabili della composizione chimica dell'acqua che forma la nebbia (Fuzzi e altri, 1988; Kokkola, Romakkaniemi e Laaksonen, 2003); *b)* sotto il profilo osservativo, come costruzione di una climatologia della nebbia basata su dati da satellite (Bendix, 1994, 2000 e 2001).

Il presente studio è di taglio retrospettivo e si riferisce al confronto della frequenza della nebbia in Italia settentrionale in due periodi contigui: 1958-1970 e 1971-1991. Le variazioni osservate sono presumibilmente correlate a un'apprezzabile e documentata variazione del clima di fondo occorsa proprio a cavallo dei due periodi anzidetti.

Il tema della frequenza della nebbia è stato affrontato in modo sistematico con la mappatura delle frequenze della nebbia (isomicle) per il periodo 1958-1970 (Palagiano, 1974). La disponibilità di un insieme di dati della frequenza della nebbia in millesimi per il periodo 1961-1991 (ENEL-SMAM, 1993) ha consentito: di produrre una mappa di isomicle per la Pianura Padana relativa all'intero periodo coperto dai dati e quindi una rielaborazione della mappa del periodo 1958-1970 per un periodo più esteso; di estrarre i dati di osservazione per il periodo 1971-1991 per un confronto tra due periodi contigui e non sovrapposti e per la interpretazione delle variazioni.

Dal confronto dei due risultati si evidenziano analogie che riguardano le aree maggiormente interessate dalla riduzione della visibilità, mentre evidenti sono le

(*) Sabino Palmieri è scomparso l'8 febbraio 2007.

differenze della frequenza tra i due periodi contigui. Risulta evidente la diminuzione dei casi di nebbia per il secondo periodo analizzato. Il lavoro si propone di indicare i possibili motivi alla base della diminuzione dei casi di nebbia.

Nebbia, processi fisici. – Per nebbia s'intende una sospensione colloidale nell'aria di minutissime goccioline d'acqua che determinano una riduzione della visibilità orizzontale minore di 1 km.

La portata visuale (V) nella nebbia può essere espressa (Koschmieder, 1924) mediante la formula:

$$V = (C d) W^{-1}$$

nella quale C è una costante, d è il raggio delle goccioline e W è il contenuto di acqua liquida per unità di volume. Per un valore determinato di W la visibilità diminuisce linearmente in funzione della dimensione delle gocce. Una nebbia densa richiede un contenuto di acqua liquida di almeno $0,3 \text{ gm}^{-3}$. Il limite superiore della portata visuale nella nebbia (visibilità pari a 1 km) viene raggiunto quando il contenuto di acqua liquida è di circa $0,02 \text{ gm}^{-3}$.

Per la formazione della nebbia è necessario che operi almeno uno dei seguenti processi (Colella, 2003): *a*) aria calda e umida che scorrendo orizzontalmente transita su una superficie a temperatura più bassa, si raffredda e diviene satura (nebbia da avvezione); *b*) aria fredda che passa su una superficie calda e si umidifica per effetto di evaporazione di acqua che sia più calda dell'aria (nebbia da evaporazione); *c*) pioggia relativamente calda che attraversa uno strato più freddo (nebbia frontale); *d*) raffreddamento radiativo della superficie che a sua volta raffredda lo strato d'aria a contatto (nebbia da irraggiamento).

Generalmente più cause si susseguono o coesistono anche se una è dominante. Le nebbie da raffreddamento radiativo sono quelle che più interessano l'Italia e in particolare la Pianura Padana. Il raffreddamento notturno deve essere accoppiato a ventilazione debole, in particolare quando l'aria è stata in precedenza umidificata dalla pioggia o dal terreno bagnato. Quando la radiazione infrarossa in uscita supera la radiazione in entrata, la temperatura del suolo comincia a diminuire e di conseguenza anche la temperatura dell'aria a contatto col terreno diminuisce. Se il vento è debole il flusso turbolento di calore non è sufficiente a mantenere un normale gradiente verticale di temperatura e si forma una inversione in superficie. Col progredire del raffreddamento l'inversione aumenta di spessore e l'umidità relativa aumenta. Quando la soglia del 90% viene superata, se vi sono nuclei di condensazione in numero sufficiente, si forma la nebbia. Nella nebbia la radiazione viene assorbita e riemessa sia verso l'alto sia verso il basso. Conseguenza che la superficie radiante non è più il suolo, ma si sposta alla sommità dello strato nebbioso, mentre al disotto l'atmosfera tende a una stratificazione isoterma.

La frequenza della nebbia nella penisola italiana, mappatura dei dati. – Un contributo significativo cui si fa riferimento è un precedente studio (Palagiano, 1974), di cui un capitolo è dedicato al tema della frequenza della nebbia nella pe-

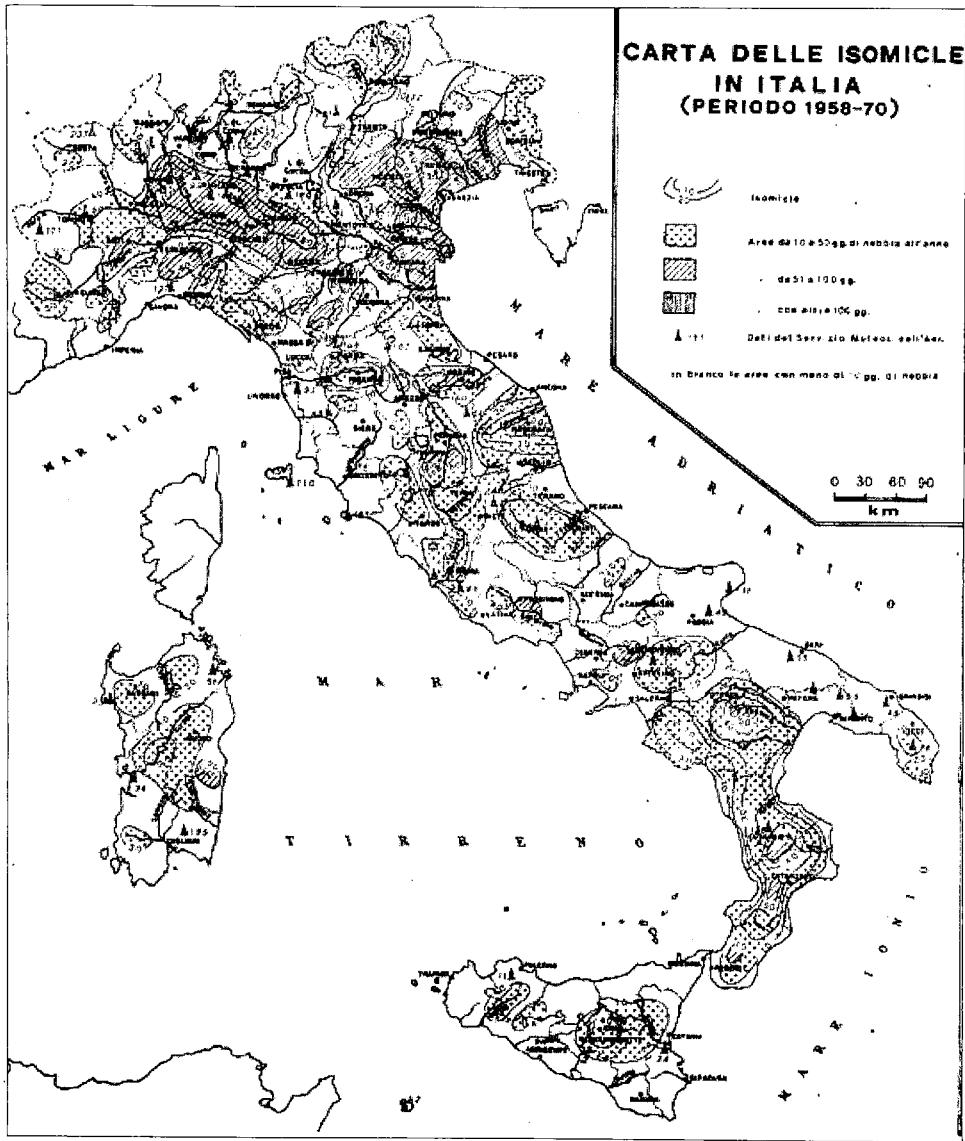


Fig. 1 – Carta delle isomicle in Italia relativa al periodo 1958-1970

Fonte: Palagiano, 1974

nisola italiana. L'autore, grazie a dati di osservazione riguardanti il periodo 1958-1970, ha realizzato una carta dell'Italia (fig. 1) con isolinee di uguale frequenza del fenomeno nebbia (isomicle). Una isomicle racchiude aree che presentano una frequenza annua di presenza della nebbia.

In tempi recenti lo studio è stato ripreso concentrando l'attenzione sull'Italia settentrionale e sulla costruzione di una mappa aggiornata della stessa variabile relativa a un periodo ultratrentennale (1961-1991), che comprende quindi in gran

parte l'intero intervallo di tempo sotto esame. La finalità principale del lavoro è stata quella di estendere lo studio di Palagiano basato su un decennio di osservazioni e di valutare l'eventuale tendenza evolutiva del fenomeno insieme con le variazioni nella geometria delle isomicle.

I giorni di nebbia che vengono considerati sono tutti quei giorni in cui, in un momento della giornata, la visibilità si è ridotta al di sotto di 1 km. Per la costruzione della carta delle isomicle per l'intero periodo 1961-1991 si sono prese in considerazione quattro classi di visibilità orizzontale, V : 1) $V < 0,1$ km; 2) $0,1$ km $< V < 0,3$ km; 3) $0,4$ km $< V < 0,5$ km; 4) $0,6$ km $< V < 0,9$ km.

I valori relativi al periodo 1961-1991 si riferiscono alla frequenza media della nebbia espressa in millesimi in diverse località della penisola italiana e alla suddivisione nelle quattro classi d'intensità del fenomeno. Sommando i valori delle quattro classi è stato ricavato, per varie località italiane, il numero di casi di nebbia ogni mille osservazioni sinottiche. Per la costruzione della carta sono state escluse le stazioni di collina o di montagna concentrando l'attenzione sulla Pianura Padana.

Analisi delle caratteristiche locali di nebbia. – La seconda carta che è stata realizzata (fig. 2) rappresenta la frequenza della nebbia in millesimi per un periodo di trenta anni per l'Italia settentrionale con particolare riguardo alla Pianura Padana e quindi rappresenta una sintesi di entrambi i periodi considerati. Dall'analisi della carta delle isomicle relativa al trentennio 1961-1991 si riscontra una diminuzione delle presenze di nebbia rispetto alla mappa 1958-1970, ma l'area che racchiude la maggiore frequenza della nebbia è pressoché identica.

Nelle regioni nord-occidentali la località che ha registrato maggiori casi di nebbia è stata Torino-Brik della Croce con 158,2 giorni di nebbia. Seguono Novara-Cameri, Vercelli e Mondovì che hanno registrato rispettivamente una media di 126,1, 110,4 e 48,9 giorni. In Lombardia la località che secondo i dati ricavati dalla raccolta ENEL-SMAM (1993) ha registrato una maggiore frequenza della nebbia è stata Brescia-Ghedi con 153 giorni di nebbia. Seguono Milano-Linate, Bergamo-Orio al Serio e Sondrio che hanno registrato 146,9, 77,2 e 8,6 episodi di nebbia. In Veneto spicca la località di Verona-Villafranca che con 113 casi di nebbia ha avuto il primato della frequenza della nebbia in questa regione. In Friuli-Venezia Giulia le località con maggiore frequenza di nebbia sono state Udine-Rivolto con 40,1 casi di nebbia e Gorizia con 29,2. In Trentino-Alto Adige, Bolzano ha avuto 34,6 eventi. La regione che tuttavia mantiene il primato della frequenza nel trentennio analizzato è l'Emilia-Romagna. Infatti la maggiore frequenza di nebbia si è avuta a Ferrara con 146,9 giorni, segue Parma con 140,9, Piacenza con 130,4, Bologna-Borgo Panigale con 95,1, Marina di Ravenna con 82,6, Forlì con 67,4 e Rimini con 58,6 giorni.

Comparazione tra i due periodi considerati. – Si è effettuato poi un confronto tra i dati estratti dalla carta delle isomicle di Palagiano relativa al periodo 1958-1970 con i dati del 1971-1991, evidenziando come, in analogia ad altri fenomeni

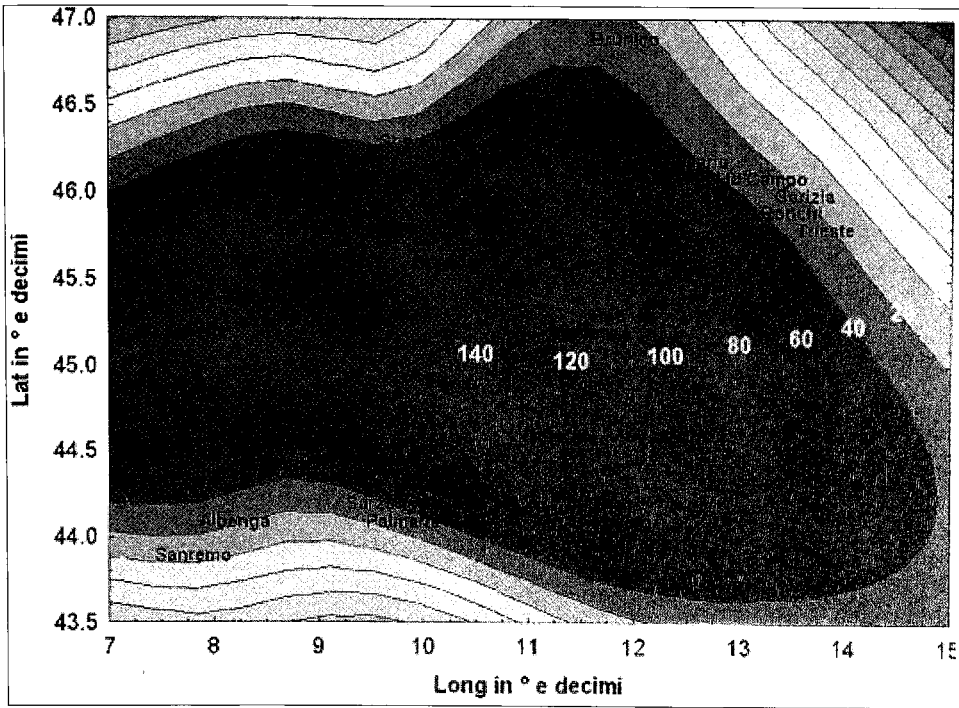


Fig. 2 – Carta delle isomicle nell'Italia settentrionale frequenze dei casi di nebbia in millesimi, periodo 1961-1991

Fonte: Sermoneta, 2004

meteorologici, quali pioggia, neve e temperatura, anche per la nebbia vi sono stati sensibili cambiamenti che riguardano la frequenza e l'intensità del fenomeno. A titolo d'esempio, in Emilia-Romagna la città di Piacenza, nella carta delle isomicle di Palagiano, rientra nell'intervallo compreso tra 51 e 100 giorni di nebbia all'anno, mentre nel trentennio successivo, Piacenza ha avuto una media di 130,4 casi su mille, ossia 48 giorni di nebbia in un anno. In Lombardia, la città di Milano rientra nella carta di Palagiano nell'intervallo compreso tra 51 e 100 giorni di nebbia, mentre nell'ultimo trentennio ha avuto una media di appena 37 giorni di nebbia in un anno. Dal confronto dei due lavori emerge una generalizzata diminuzione dei casi di nebbia in tutta l'Italia settentrionale. Nella carta di Palagiano si riscontra un'area piuttosto estesa dell'Italia settentrionale che presenta tra 51 e 100 giorni di nebbia in un anno. Tale area comprende le città di Novara, Vercelli, Piacenza e Parma e lambisce la città di Mantova e include Cremona e Milano.

Discussione dei risultati: variazioni del clima tra il 1958-1970 e il 1971-1991, possibili effetti sulla frequenza delle nebbie. – È importante sottolineare che i dati di Palagiano sono stati disponibili in forma grafica (isomicle). Quindi si è reso necessario passare dalla mappa delle isomicle a valori in corrispondenza

Tab. 1 – *Classi di frequenza delle nebbie*

Classe	Frequenza nebbia (giorni/anno)
1	0 – 10
2	11 – 50
3	51 – 100
4	> 100

delle singole località secondo le classi in tabella 1. Questa operazione, pur essendo stata condotta con la massima scrupolosità, non è esente da qualche soggettività e incertezza.

Il confronto tra i due insiemi di dati suddetti mostra, per ogni località, le differenze di frequenza tra i due insiemi di dati. Appare evidente una netta e generalizzata diminuzione quando si passa dalla raccolta delle osservazioni più remota a quella 1971-1991. La diminuzione percentuale è in media del 39,2%.

È stato possibile identificare l'andamento di alcuni parametri climatici dei vari mesi dell'anno in due diversi intervalli di tempo. Il primo periodo va dal 1958 al 1970, il secondo dal 1971 al 1991. Poiché la nebbia è un fenomeno prettamente invernale e autunnale, si discutono le differenze nei due bimestri novembre-dicembre e gennaio-febbraio. Trattandosi di un numero limitato di anni si è preferito caratterizzare i periodi con la mediana anziché con la media. La mediana esprime meglio le tendenze evolutive del clima ed è meno influenzata da eventuali *outliers* (Velleman e Hoaglin, 1981). I risultati sono esposti nelle tabelle 2 e 3.

Le variazioni tra i due periodi contigui sono più accentuate per il bimestre novembre-dicembre. In entrambi i bimestri considerati si riscontra: una diminuzione lieve della mediana della temperatura; una diminuzione apprezzabile della mediana dell'umidità specifica; un aumento marcato della mediana della pressione atmosferica.

Un esame degli andamenti temporali nei due periodi. – Il periodo climatico 1958-1970 è stato caratterizzato, nel bimestre novembre-dicembre, da pressione atmosferica molto più bassa rispetto al periodo successivo. Ciò implica un passaggio più frequente di perturbazioni, più nubi e precipitazioni, umidità specifica dell'aria decisamente maggiore. Questo ha contribuito certamente a incrementare le nebbie.

Il periodo 1971-1991 si presenta con temperature quasi stazionarie fino agli anni Ottanta poi in rapida crescita (fig. 3) e l'umidità specifica si mantiene apprezzabilmente più bassa che non nel periodo precedente (fig. 4). Con gli anni Settanta si concreta una rapida variazione climatica drammaticamente evidenziata dall'aumento della pressione atmosferica nel bimestre novembre-dicembre (fig. 5). La variazione della pressione atmosferica e conseguentemente dei regimi sinottici dominanti è anche evidenziata dalla distribuzione della pressione atmosferica media sulla Pianura Padana (fig. 6) nei due periodi indicati.

Tab. 2 – Differenze tra il periodo 1971-1991 e il periodo 1958-1970 per il bimestre novembre-dicembre (i dati si riferiscono alla latitudine di 45° N e all'intera Pianura Padana)

Bimestre novembre-dicembre	Mediana temperatura (° C)	Mediana umidità specificà (g/kg)	Mediana pressione (hPa)
1958-1970	4,94	6,65	1013,18
1971-1991	4,35	6,09	1018,74
differenza 1971-1991/1958-1970	-0,59	-0,56	5,56

Tab. 3 – Differenze tra il periodo 1971-1991 e il periodo 1958-1970 per il bimestre gennaio-febbraio (i dati si riferiscono alla latitudine di 45° N e all'intera Pianura Padana)

Bimestre gennaio-febbraio	Mediana temperatura (° C)	Mediana umidità specificà (g/kg)	Mediana pressione (hPa)
1958-1970	2,22	5,31	1015,34
1971-1991	2,10	5,16	1017,42
differenza 1971-1991/1958-1970	-0,12	-0,15	2,09

Analisi della distribuzione spaziale delle variazioni tra i due periodi. – Le carte che descrivono le variazioni della pressione atmosferica in superficie e del geopotenziale a 500 hPa (figg. 7-8) tra il secondo e il primo periodo indicano in modo assai evidente un marcato aumento a scala sinottica, centrato sulla Francia centro-meridionale e sulla Pianura Padana. In particolare la distribuzione spaziale delle variazioni di questa grandezza appare caratterizzata da un forte nucleo di variazione negativa sull'Europa orientale che si estende nella direzione dell'Italia settentrionale.

Infine le variazioni delle correnti verticali tra i due periodi considerati mostrano un aumento delle correnti verticali discendenti nell'area sottovento alle Alpi e un corrispondente nucleo di aumento delle correnti ascendenti a nord della catena alpina (fig. 9). Un campo di variazione a dipolo a cavallo della catena alpina implica una maggior frequenza di situazioni di *föhn* a grande scala specie nella porzione centro-occidentale della Pianura Padana (si nota un nucleo ben distinto di correnti ascendenti nella media troposfera a nord della catena montuosa e un altrettanto evidente nucleo di correnti discendenti a sud; questa struttura dipolare a grande scala indica ascendenza a nord delle montagne e discendenza a sud).

La variazione delle precipitazioni tra i due periodi analizzati (fig. 10) è negati-

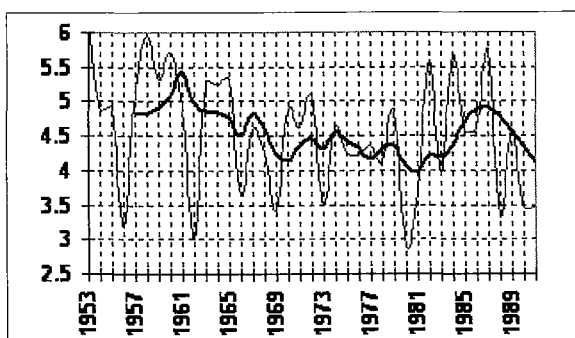


Fig. 3 – Andamento della temperatura media (linea sottile) e della media mobile (linea spessa) nei mesi di novembre e dicembre nell'intero periodo considerato

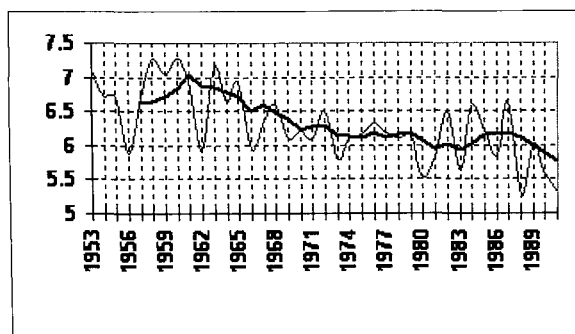


Fig. 4 – Andamento dell'umidità specifica media (linea sottile) e della media mobile (linea spessa) nei mesi di novembre e dicembre nell'intero periodo considerato

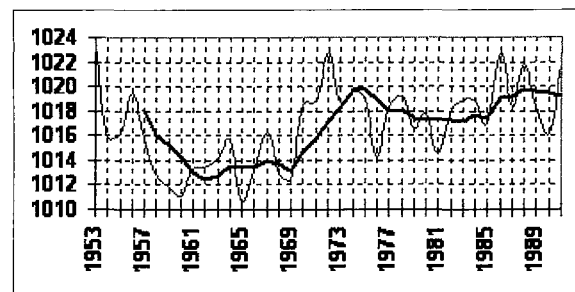


Fig. 5 – Andamento della pressione atmosferica media in superficie (linea sottile) e della media mobile (linea spessa) nei mesi di novembre e dicembre dell'intero periodo considerato

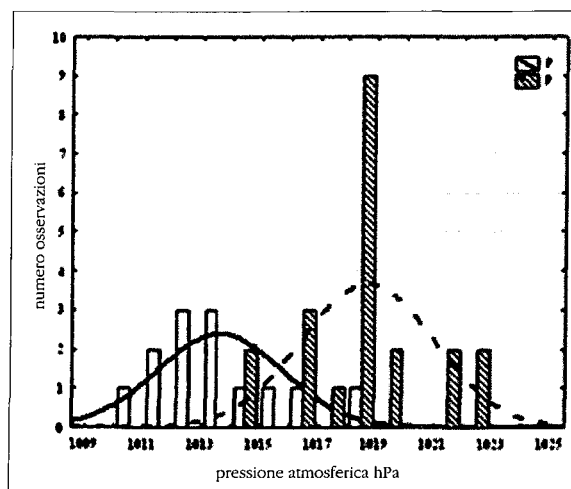


Fig. 6 – Distribuzione della pressione atmosferica media per il bimestre novembre-dicembre sulla Pianura Padana nei due periodi 1958-1970 (istogrammi in bianco) e 1971-1991 (istogrammi a tratti diagonali); in ordinate il numero di anni

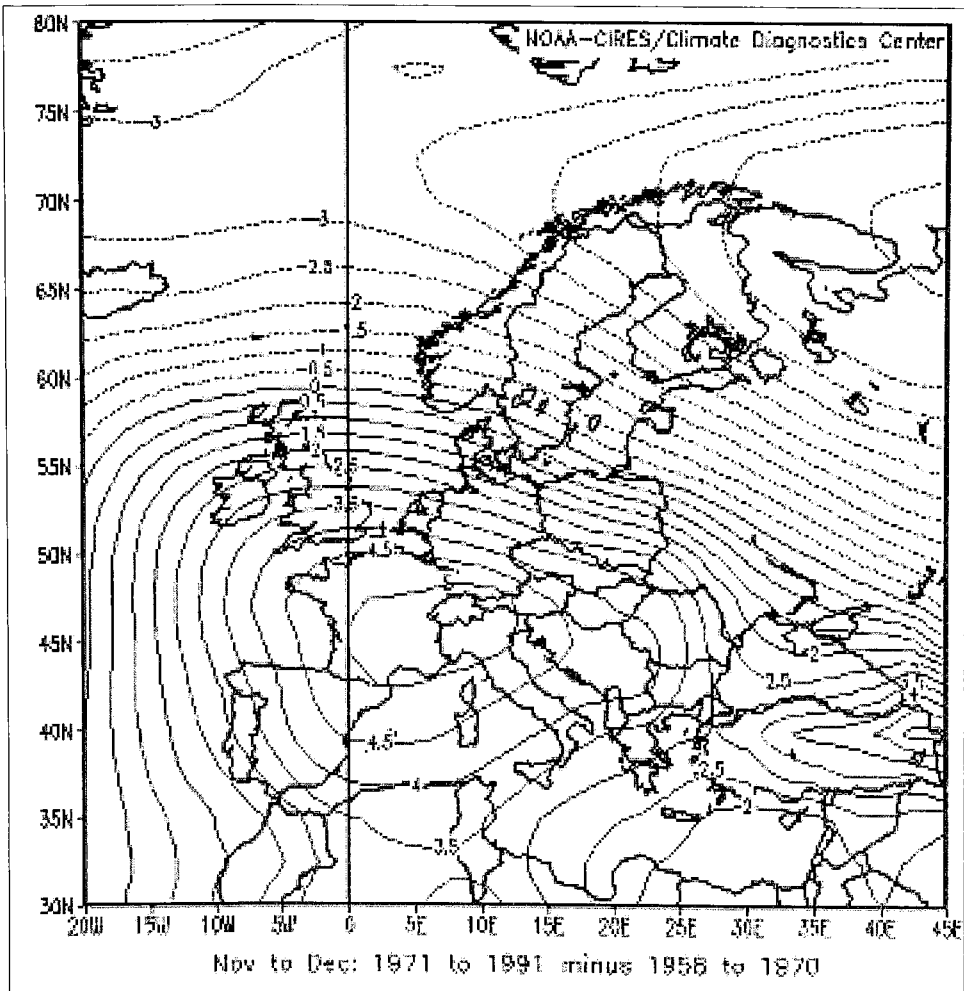


Fig. 7 – Differenza della pressione atmosferica (hPa) in superficie tra i periodi 1971-1991 e 1958-1970 nel bimestre novembre-dicembre

Fonte: National Center for Environmental Protection

va sul Mediterraneo occidentale e sull'Italia settentrionale. In altri termini nel bimestre novembre-dicembre le precipitazioni diminuiscono nel periodo 1971-1991 di circa 1 mm/giorno rispetto al periodo precedente. Questo è coerente con una indagine sul clima in Italia negli ultimi cinquanta anni (Palmieri, Siani e Casale, 2004), nella quale si evidenzia l'esistenza di un *change point* delle precipitazioni invernali nel 1974 e un successivo *trend* negativo.

Altri fattori che possono aver contribuito a variazioni nella climatologia della nebbia. – Un'altra possibile concausa della diminuzione dei giorni nebbiosi nel periodo 1971-1991 è la riduzione, negli ultimi trenta anni, dell'inquinamento da

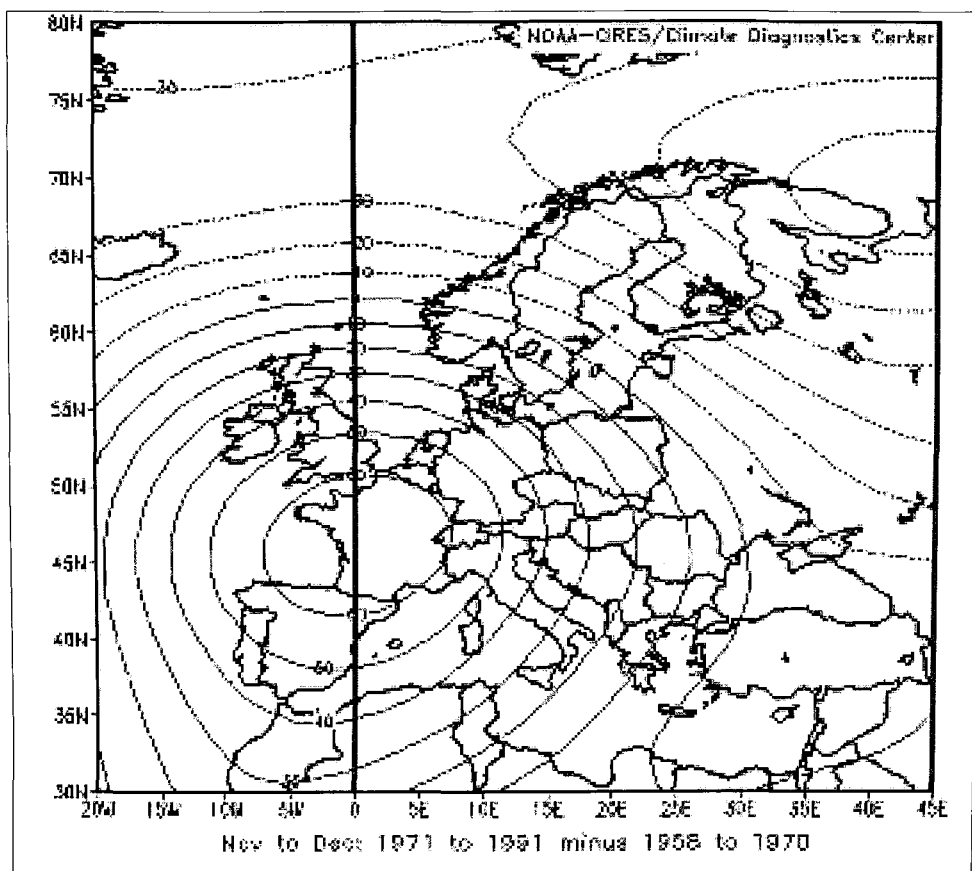


Fig. 8 – Differenza delle topografie a 500 hPa (in m) tra i periodi 1971-1991 e 1958-1970 nel bimestre novembre-dicembre

Fonte: National Center for Environmental Protection

combustibili utilizzati per le attività industriali, per il riscaldamento domestico e per i trasporti e il decentramento delle attività industriali. Si è così distribuita e in parte abbattuta l'immissione nell'aria di specie chimiche che contribuiscono a formare i nuclei di condensazione attorno a cui si verifica la condensazione. Inoltre, nel corso degli anni, il drenaggio delle acque superficiali in Pianura Padana è certamente migliorato, determinando condizioni del suolo meno favorevoli all'umidificazione degli strati bassi dell'atmosfera.

Conclusione. – Partendo da una prima analisi della frequenza della nebbia sull'Italia relativa al periodo 1958-1970, si è proposto un aggiornamento di questa analisi per l'Italia settentrionale ricostruendo la mappatura del fenomeno per un periodo più esteso (1961-1991). Successivamente, sono stati considerati due periodi pluriennali contigui del Novecento sotto il profilo della nebbia, con partico-

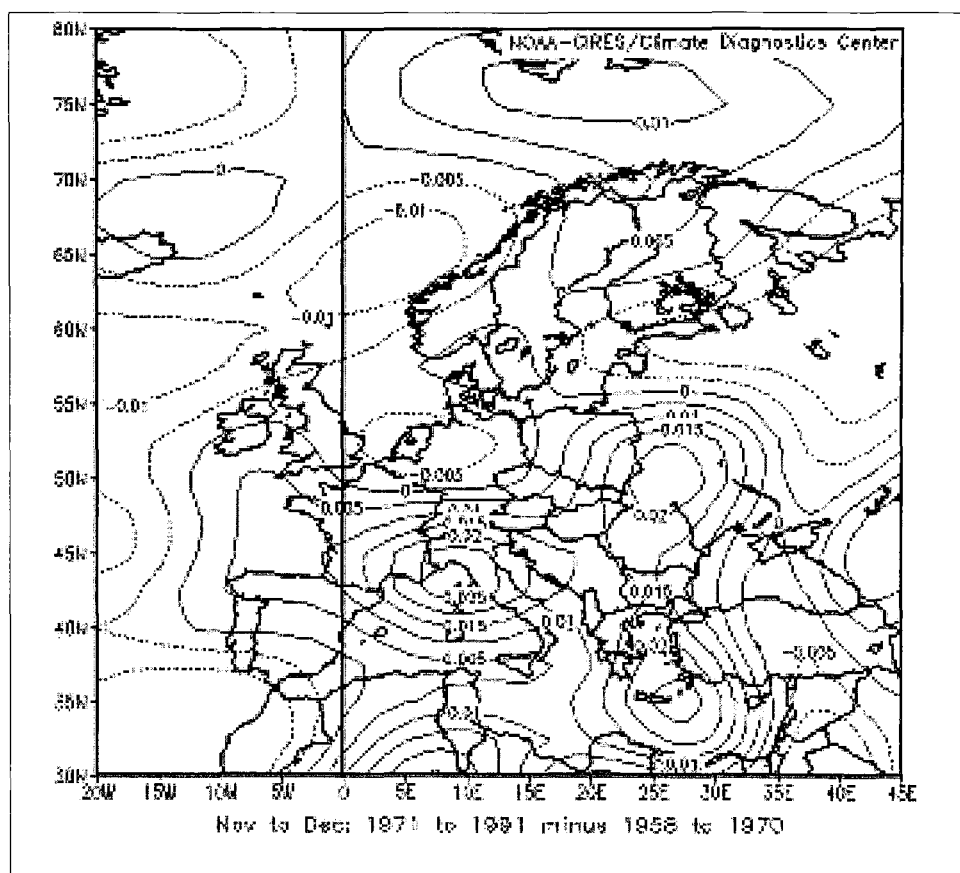


Fig. 9 – Differenza delle correnti verticali tra i periodi 1971-1991 e 1958-1970 nel bimestre novembre-dicembre (coordinata verticale di pressione, unità Pascal/s; valori positivi indicano correnti discendenti)

Fonte: National Center for Environmental Protection

lare riferimento alla Pianura Padana. Sebbene vi sia qualche problema in relazione alla omogeneità dei dati disponibili tra i due periodi esaminati, appare evidente un'apprezzabile diminuzione della frequenza del fenomeno nebbia quando si passa dal 1958-1970 al 1971-1991.

L'interpretazione più plausibile della variazione di frequenza è legata a una relativamente brusca variazione del clima nel periodo invernale durante il quale le nebbie sono più frequenti. La grandezza che meglio caratterizza la variazione è la pressione atmosferica. Quando si esamina l'andamento temporale di questa variabile, la brusca salita della pressione intorno agli anni Settanta appare molto evidente. Se poi si analizzano i campi di variazione tra i due periodi si nota che: *a*) tra il 1971 e il 1991 si è riscontrato un marcato aumento della pressione atmosferica centrato sulla Francia meridionale con estensione sull'Italia settentrionale; *b*) un dipolo di variazione delle correnti verticali a cavallo delle Alpi occidentali costituisce un sintomo di incremento di correnti di *föhn* nella zona sottovento alle

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BENDIX J., *Fog Climatology of the Po Valley*, in «Rivista di Meteorologia Aeronautica», Roma, 1994, 3-4, pp. 25-36.
- BENDIX J., *A Fog Monitoring Scheme Based on MSG Data*, in *Proceedings 1st MSG RAO Workshop (Bologna 17-19 May 2000)*, 2000, ESA SP-452, pp. 131-134.
- BENDIX J., *A 10 Years Fog Climatology of Germany and the Alpine Region Based on Satellite Data-preliminary Results*, in *Proceedings Conference on Fog and Fog Collection (St. John's, Canada, 15-20 July 2001)*, ICRS Germany, 2001, pp. 357-360.
- COLELLA G., *Meteorologia Aeronautica IV edizione*, Roma, Istituto Bibliografico Napoleone, Ed. IBN, 2003.
- ENEL-SMAM (Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare), *Caratteristiche diffusive dell'atmosfera*, Ed. ENEL SpA, 1993.
- FUZZI S. e altri, *Heterogeneous Processes in the Po Valley Radiation Fog*, in «Journal of Geophysical Research», Washington, 1988, 93, pp. 11141-11151.
- KOKKOLA H., S. ROMAKKANIELMI e A. LAAKSONEN, *On the Formation of Radiation Fogs Under Heavily Polluted Conditions*, in «Atmospheric Chemistry and Physics», Lindau, 2003, 3, pp. 581-589.
- KOSCHMIEDER H., *Theorie der horizontalen Sichtweite*, in «Physik freien Atmosphäre», Lipsia, 1924, 12, pp. 33-53 e 171-181.
- PALAGIANO C., *La nebbia come fattore geografico*, in «Pubblicazioni dell'Istituto di Geografia della Facoltà di Lettere e Filosofia», Roma, 1974, serie A, 19.
- PALMIERI S., A.M. SIANI e G.R. CASALE, *Evoluzione del clima in Italia negli ultimi 50 anni*, in «Atti dei Convegni dei Lincei», Roma, 2004, 204, pp. 57-71.
- SERMONETA F., *Climatologia della nebbia con particolare riferimento all'Italia settentrionale*, tesi di laurea in Geografia, Università di Roma «La Sapienza», 2004.
- VELLEMAN P.F. e D.C. HOAGLIN, *ABC of Exploratory Data Analysis*, Boston (Mass.), Duxbury Press, 1981.

CLIMATOLOGY OF THE TWENTIETH CENTURY: A COMPARISON BETWEEN FOG FREQUENCY IN THE TWO PERIODS 1958-1970 AND 1971-1991. – This paper analyses fog frequency in Italy during the period 1958-1991 updating a previous study focussing on the period 1958-1970. Data for two contiguous periods, 1958-1970 and 1971-1991, were investigated with particular attention to the Po Valley (North Italy). A significant decrease in fog frequency was observed in 1971-1991 compared to 1950-1970. This downward tendency was related to changes in winter climatic conditions. Other factors such as atmospheric pollution and soil drainage were taken into account as possible causes of fog decrease.

Università di Roma «La Sapienza», Dipartimento di Fisica

Università di Roma «La Sapienza», Dipartimento di Geografia Umana