

STUDIO DELLE EVENTUALI VARIAZIONI DELLE STRUTTURE METEOROLOGICHE E DEI REGIMI PLUVIOMETRICI ITALIANI

DOMENICO VENTO(*), STANISLAO ESPOSITO(*), ROBERTO EPIFANI(**), RAFFAELE MORELLI(*)
(*) Ufficio Centrale di Ecologia Agraria
(**) già Capo del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica

INTRODUZIONE

A livello della comunità scientifica internazionale è ormai consolidata l'ipotesi che l'effetto antropico abbia determinato un'accelerazione dei cambiamenti climatici, peraltro sempre esistiti nell'evoluzione del pianeta, negli ultimi decenni.

Questa situazione ha notevoli riscontri oggettivi per quanto riguarda la temperatura media globale: nel corso dell'ultimo millennio è aumentata di 1°C circa ma, al di là dell'aumento medio generalizzato della temperatura della bassa troposfera, molto più complicata è l'interpretazione degli effetti fisici di tale cambiamento. Il sistema climatico è, in effetti, complesso e per lo più non sono completamente note le interconnessioni tra i diversi fenomeni atmosferici e le scale temporali e spaziali degli stessi. Ciò che sembra più probabile è che ci sia una più spiccata variabilità del tempo e una maggiore propensione ai fenomeni meteorologici estremi quali, ad esempio, lunghi periodi siccitosi e precipitazioni molto intense.

FINALITÀ DELLA RICERCA

Le finalità specifiche di questa linea di ricerca sono quelle di individuare e valutare le eventuali variazioni climatiche di alcuni aspetti specifici del fenomeno precipitazione, con particolare riguardo alle precipitazioni molto intense e lunghi periodi di pioggia o di assenza di pioggia. In maniera più puntuale, i settori su cui si è avviata l'attività di ricerca riguardano essenzialmente:

- mettere in luce se, eventualmente, i fenomeni di precipitazione estremi siano aumentati nel corso degli ultimi anni sia per quanto riguarda la frequenza degli eventi sia la loro intensità e se è plausibile l'ipotesi che tali variazioni si manifestino in modo non omogeneo tra zone rurali e zone urbane;
- individuare negli eventi continui di giorni consecutivi con pioggia e con assenza di pioggia, eventuali variazioni climatiche della loro distribuzione in aree a spiccata vocazione agricola (regimi pluviometrici).

CREAZIONE DEL DATABASE

In Italia esistono diversi organismi che raccolgono dati di precipitazione sia livello nazionale, quali il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM), l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA), il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) e sia a livello locale (Servizi Meteo e Agrometeo Regionali, altri). C'è dunque molta ricchezza di dati ma anche grandissima disomogeneità nelle modalità di raccolta degli stessi (p.e. diversi orari cui si riferiscono le precipitazioni), nelle lunghezze delle serie e anche sul controllo all'origine e sulla struttura degli archivi. Pertanto, per ogni tipo di studio occorre evidentemente acquisire i dati dalle diverse fonti e strutturare un database specifico per le finalità che si intendono raggiungere.

Per questo scopo, nella costituzione del nostro archivio, si sono imposti i seguenti vincoli:

- rappresentatività climatologica. Per ogni sito urbano ci si è assicurati che la stazione di rilevamento disponibile sia posta effettivamente all'interno della città (p.e. le stazioni dell'AM non sono, a priori, rappresentative delle aree urbane poiché poste in corrispondenza degli aeroporti, certo limitrofi ma non interni all'area urbana); e per ciascuna zona urbana si è individuata una stazione posta in ambiente sicuramente rurale e sufficientemente vicina ad essa in modo da rendere significativo il confronto;
- facilità di reperimento su supporto magnetico e completezza della serie;
- standardizzazione della strumentazione e delle procedure di raccolta dati.

Pertanto, al momento, sono stati acquisiti i dati di pioggia appartenenti alle seguenti Reti:

- 20 stazioni della Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN) che hanno una frequenza di acquisizione ogni 10 minuti e una lunghezza della serie di almeno 10 anni;
- 26 stazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare delle quali si dispone di rilevazioni cumulate ogni 12 ore, a partire dal 1951 ad oggi;
- 38 stazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale delle quali si dispone di rilevazioni giornaliere, generalmente dal 1951 al 2000.

PRIME VALUTAZIONI

Una prima serie di analisi ha riguardato le precipitazioni giornaliere e le precipitazioni orarie e, più in dettaglio, gli eventi estremi, intesi come precipitazioni che, per ogni singola località, superano la soglia del 99° percentile su base annuale o il 98° su base semestrale ovvero ogni singolo campione è costituito dalle piogge più intense cumulate nelle 24 ore nel cinquantennio 1951-2000 che, nel complesso degli eventi piovosi, si sono verificate con frequenza dell'1% (anno) o del 2% (semestre).

L'obiettivo, come detto, è quello di mettere in luce variazioni sia della frequenza degli eventi sia della loro intensità attraverso il confronto dell'andamento nel periodo 1951-1975 rispetto al periodo 1976-2000 e se tali variazioni si manifestano in maniera non omogenea nelle zone rurali ed in quelle urbane.

Si è operato sulle serie di dati con una completezza di almeno il 97%. In tal modo ci si aspetta, con livello di confidenza del 90%, che tra i dati mancanti non ci sia più di un valore estremo. Inoltre si è effettuato un controllo diretto, ove possibile, sulla documentazione cartacea disponibile in originale. Atteso che l'elemento fondamentale consiste nel confronto tra le serie dei dati del primo periodo (1951-1975) e quelle del secondo (1976-2000), esso viene effettuato sulla base del test binomiale, per quanto attiene alle frequenze degli eventi, mentre il confronto delle intensità viene effettuato sulla base dei test del chi-quadrato, della t di Student, per la media, e del test di Mann-Whitney (M-W) per la mediana.

Nelle tabelle 4, 5 e 6 vengono riportati i primi risultati delle applicazioni sopra indicate per le stazioni finora prese in esame.

Gli accoppiamenti città–campagna sono al momento i seguenti: Torino/Mazzè; Milano/Bergamo; Bologna/Ravenna; Firenze/Nave di Rosano; Roma/Vigna di Valle, mentre per le città di Napoli e Palermo al momento si è operata l’analisi solo sulla stazione posta nel sito urbano.

Nella prima parte delle tabelle sono indicate le variazioni di frequenza percentuale dell’occorrenza degli eventi estremi del periodo 1976-2000 rispetto al periodo 1951-1976, mentre la seconda parte riporta le variazioni percentuali della media e della mediana delle intensità degli eventi estremi sempre del periodo 1976-2000 rispetto al periodo 1951-1976. Accanto a ciascuna colonna, è riportato il risultato dei test di significatività (“N” test negativo, “S” test positivo).

L’analisi delle variazioni è stata effettuata sia su scala annuale sia su scala semestrale dividendo l’anno in due semestri: autunno-inverno (1 ottobre – 31 marzo) e primavera-estate (1 aprile – 30 settembre).

Si ribadisce che queste prime valutazioni sono soltanto indicazioni di massima e che tutto è da verificare su base più ampia e più solida che si sta costituendo.

STAZIONE	VAR. FREQUENZA			VAR. INTENSITA'			
	EVENTI	TEST Binomiale	MEDIA	TEST t-Student	MEDIANA	TEST Chi-Quadrato	TEST M-W
TORINO	-19%	N	2%	N	1%	N	N
MAZZE'	38%	N	5%	N	5%	N	N
MILANO	33%	N	7%	N	4%	N	N
BERGAMO O.	11%	N	0%		0%		
VERONA V.	12%	N	16%	N	5%	N	N
TRIESTE	7%	N	16%	N	4%	N	N
BOLOGNA	22%	N	6%	N	5%	N	N
RAVENNA	28%	N	5%	N	10%	N	N
FIRENZE	44%	S	1%	N	7%	N	N
NAVE di ROSANO	14%	N	-4%	N	3%	N	N
ROMA	16%	N	-17%	S	-20%	S	S
VIGNA di VALLE	4%	N	0%		4%	N	N
NAPOLI	29%	N	8%	N	-3%	N	N
PALERMO	10%	N	-8%	N	-1%	N	N

Tabella 1 - Variazioni percentuali dei parametri riferite al periodo 1976-2000 rispetto al periodo 1951-1975. Periodo annuale.

STAZIONE	VAR. FREQUENZA			VAR. INTENSITA'			
	EVENTI	TEST Binomiale	MEDIA	TEST t-Student	MEDIANA	TEST Chi-Quadrato	TEST M-W
TORINO	-12%	N	-4%	N	-4%	N	N
MAZZE'	-45%	N	5%	N	5%	N	N
MILANO	21%	N	12%	N	7%	N	N
BERGAMO O.	46%	S	-7%	N	-3%		
VERONA V.	11%	N	13%	N	3%	N	N
TRIESTE	-70%	S	26%	S	10%	S	S
BOLOGNA	28%	N	12%	N	11%	N	N
RAVENNA	10%	N	16%	N	23%	N	S
FIRENZE	44%	S	4%	N	5%	N	N
NAVE di ROSANO	23%	N	-26%	S	-3%	N	N
ROMA	26%	N	-31%	S	-28%	N	N
VIGNA di VALLE	20%	N	-3%	N	-1%	N	N
NAPOLI	26%	N	-31%	S	-28%	N	N
PALERMO	5%	N	-5%	N	-1%	N	N

Tabella 2 - Variazioni percentuali dei parametri riferiti al periodo 1976-2000 rispetto al periodo 1951-1975. Periodo primaverile-estivo.

STAZIONE	VAR. FREQUENZA			VAR. INTENSITA'			
	EVENTI	TEST Binomiale	MEDIA	TEST t-Student	MEDIANA	TEST Chi-Quadrato	TEST M-W
TORINO	-73%	S	13%	N	8%	N	N
MAZZE'	96%	S	6%	N	8%	N	N
MILANO	12%	N	3%	N	5%	N	N
BERGAMO O.	-81%	S	-1%		-19%	N	N
VERONA V.	19%	N	6%	N	6%	N	N
TRIESTE	0%		5%	N	0%		
BOLOGNA	11%	N	-1%	N	-4%	N	N
RAVENNA	12%	N	-4%	N	4%	N	N
FIRENZE	42%	S	-3%	N	-4%	N	N
NAVE di ROSANO	24%	N	8%	N	-1%	N	N
ROMA	32%	N	-2%	N	-1%	N	N
VIGNA di VALLE	15%	N	-7%	N	-9%	N	N
NAPOLI	12%	N	12%	N	4%	N	N
PALERMO	16%	N	-5%	N	2%	N	N

Tabella 3 - Variazioni percentuali dei parametri riferiti al periodo 1976-2000 rispetto al periodo 1951-1975. Periodo autunnale-invernale.

Relativamente all'intero anno (tabella 1), anche se solo sporadicamente i test mostrano livelli significativi di variazione tra i due periodi, non si può non rilevare la circostanza che sia per le frequenze assolute, sia per le intensità si osserva un aumento generalizzato. Le poche diminuzioni riguardano quasi esclusivamente le città.

Il confronto per il semestre primavera-estate (tabella 2), sembra caratterizzato da una maggiore variabilità; anche se ancora prevalenti le variazioni positive, aumentano i casi di variazioni negative e, in generale, i valori assoluti delle variazioni sono più consistenti. Le città del centro e del sud mostrano una certa diminuzione dell'intensità.

Per il semestre autunno-inverno (tabella 3) il quadro è simile a quello annuale, salvo una più spiccata tendenza alla diminuzione dell'intensità. A livello di singola località solo sporadicamente si osserva una variazione significativa della frequenza o dell'intensità e non sembra rilevabile un effetto della urbanizzazione

La seconda serie di analisi di questa linea di ricerca ha riguardato le precipitazioni orarie. I dati considerati sono stati quelli di pioggia rilevati dalla RAN. Le stazioni prese in considerazione sono le 15 per le quali si dispone di un periodo per quanto più lungo possibile di rilevazioni (almeno il decennio 1992-2002). La scelta del periodo è stata una diretta conseguenza della necessità di consentire la "confrontabilità temporale" tra le stazioni in esame, anche a livello grafico.

Le prime analisi hanno interessato lo studio delle distribuzioni di frequenza stagionali¹ degli eventi di precipitazione superiori alla soglia del 95°, 98° e 99° percentile. Gli eventi sono stati rappresentati rispetto all'asse del tempo, sull'intero decennio disponibile, come frequenze assolute (numero di casi) delle osservazioni orarie che hanno superato il valore soglia.

La scelta dei percentili, anziché di una soglia fissa (costante per tutte le stazioni), è legata alla maggiore rappresentatività di questo valore per ciascuna stazione. Il valore espresso in millimetri di pioggia che resta individuato dal percentile, di qualunque ordine esso sia, è indissolubile dalla storia pregressa della stazione e la caratterizza. Esattamente il contrario di quanto accade fissando una

¹ Dal punto di vista meteorologico il periodo invernale comprende i mesi da dicembre a febbraio ed a seguire per le restanti stagioni.

soglia arbitraria, che causa una vera e propria distorsione dovuta alla differente valenza che assume una precipitazione in relazione alla collocazione geografica, quindi, ad esempio, una precipitazione pari a 20mm rilevata in una stazione situata in Lombardia non può essere considerata alla stregua di una uguale quantità di pioggia rilevata in Puglia.

In seconda analisi si è rivolta l'attenzione all'intensità oraria di precipitazione (intendendo per intensità oraria la quantità di precipitazione espressa in mm/h; nel caso in esame sono state considerate come base, per il calcolo delle intensità orarie trimestrali e delle intensità orarie mensili, solo le precipitazioni orarie che hanno superato la soglia di 1 mm/h, ciò al fine di restringere il campione ai dati più significativi). In questo caso i dati sono stati elaborati in due modi differenti sempre con lo scopo di mettere maggiormente in evidenza le eventuali variazioni nei trend.

L'analisi è stata condotta sui valori dell'*intensità oraria* anziché sui *valori massimi orari di precipitazione*: questo perché un punto di massimo può essere un evento isolato, proprio come un evento che supera il valore del percentile indicato, mentre l'intensità è uno stimatore decisamente più consistente per valutare la persistenza di un fenomeno.

La tabella 4 mostra una visione riassuntiva stagionale di quanto è accaduto in questi ultimi dieci anni per quanto riguarda gli eventi estremi di precipitazione. I dati indicano il numero delle stazioni in cui la retta di trend è in aumento, stazionaria o in diminuzione, sul totale delle 15 stazioni prese in esame.

<i>Trend</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>
positivo	8	9	5	1
stazionario	4	2	2	8
negativo	3	4	8	6

Tabella 4 - Numero delle stazioni con indicazioni del trend degli eventi estremi di precipitazione

Dai risultati emerge, seppur con le dovute riserve, che in quest'ultimo decennio le precipitazioni estreme (superiori al valore del 98° percentile) hanno certamente subito un incremento, e che ciò si è verificato prevalentemente per il periodo primaverile ed estivo. Al contrario, il bilancio delle tendenze è negativo per l'autunno e per l'inverno, dove il segno negativo è prevalente. In figura 1 viene presentato il riepilogo annuale, dove gli andamenti sono più evidenti rispetto alla scomposizione stagionale in tabella 4. Una informazione importante che possiamo dedurre dalla tabella è che l'incremento su base annuale, per 11 stazioni su 15, evidenziato dalla figura 1 si riflette poi in una tendenza meno marcata a livello stagionale.

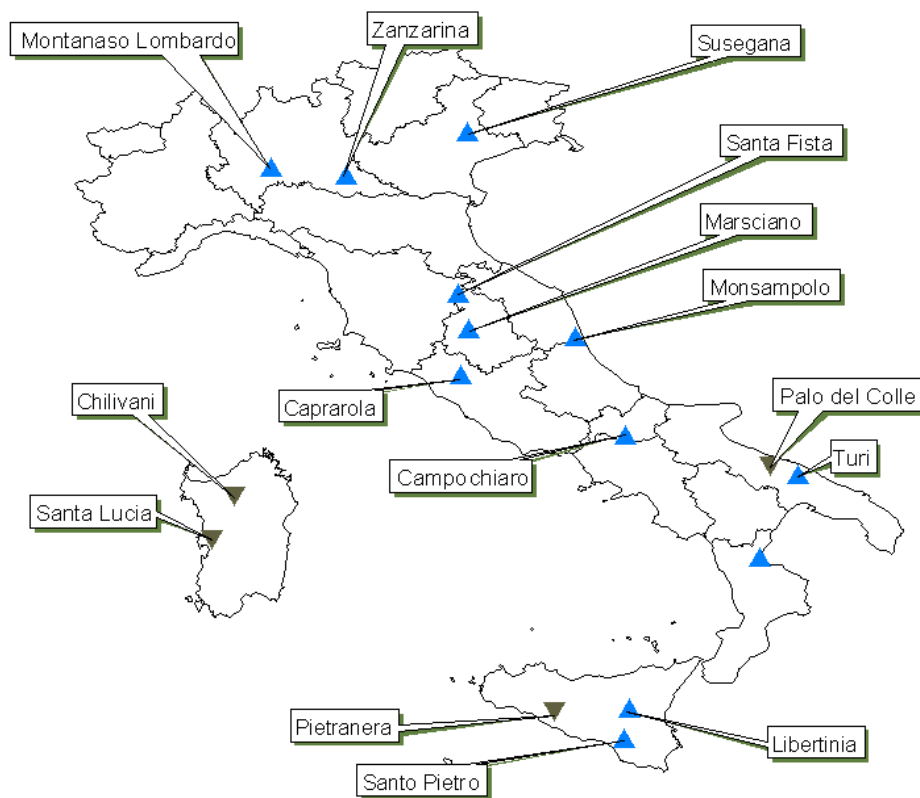


Figura 1 - Andamento degli eventi estremi di precipitazione. Riepilogo annuale.

I dati dell'intensità oraria trimestrale per tutte le stazioni rafforzano ulteriormente quanto già accennato in precedenza per gli eventi estremi di precipitazione. In questo caso infatti, nel bilancio globale si rileva una netta prevalenza del segno positivo (aumento) per tutte le stagioni. Nella tabella 5 possiamo vedere il riepilogo dell'andamento: soltanto per 3 stazioni, delle 15 esaminate, il segno del trend è negativo per il periodo autunnale ed invernale; il numero scende a 2 per l'estate e per la primavera.

Precisando che l'informazione che giunge dai dati è chiara ed evidenzia un aumento pressoché generalizzato dell'intensità oraria trimestrale, ulteriori conferme saranno cercate nell'analisi delle sequenze e nelle metodologie di analisi proprie delle serie storiche di precipitazione.

Stazione	Provincia	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
Caprarola	VT	+	+	+	+
Marsciano	PG	+	+	+	-
Turi	BA	+	+	+	+
Palo del Colle	BA	+	-	-	+
Susegana	TV	+	+	+	+
Zanzarina	MN	+	+	+	-
Libertinia	CT	+	+	+	+
Santo Pietro	CT	+	+	+	+
Pietranera	AG	+	+	-	+
Montanaso Lombardo	LO	+	+	-	-
Santa Fista	PG	+	+	+	+
Monsampolo	AP	+	+	+	+
Campochiaro	CB	+	+	+	+
Chilivani	SS	-	-	+	+
Santa Lucia	OR	=	+	+	+

Tabella 5 – Riepilogo del trend stagionale degli eventi estremi di precipitazione per le stazioni prese in esame.

Per quanto riguarda il filone di indagine sulle sequenze e sulla persistenza si intende studiare le caratteristiche delle serie molto lunghe di dati di tipo dicotomico: nel caso specifico, le sequenze di giorni con precipitazione e di giorni con assenza di precipitazione.

Questo particolare tipo di indagine richiede la disponibilità di serie ininterrotte di dati per un periodo molto lungo, possibilmente secolare: ad oggi sono state acquisite (anche grazie alla collaborazione con il dott. Maugeri responsabile della linea di ricerca 1.1) le serie Milano, Bologna, Roma e Palermo.

Si intende testare la coerenza di alcune distribuzioni teoriche (processi Markoviani, serie binomiale negativa, serie logaritmica, serie di Eggemberg-Polya ed altre) ai dati reali delle sequenze per individuare quella o quelle che meglio rispondono alle caratteristiche climatiche del territorio italiano.

Il lavoro è appena iniziato. Si stanno mettendo a punto le tecniche computazionali e le metodologie di applicazione delle distribuzioni teoriche sopra riportate sulla base di studi analoghi sviluppati all'estero.