

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

204

GIORNATA MONDIALE DELL'ACQUA

LA SICCIÀ IN ITALIA

(Roma, 21 marzo 2003)



ROMA
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
2004

DOMENICO CASARANO^(a), MAURIZIO POLEMIO^(a)

PIOVOSITÀ E RECENTI SICCIITÀ IN ITALIA MERIDIONALE^(*)

INTRODUZIONE

La recente siccità che ha interessato le regioni meridionali fino all'estate 2002, causando forti ripercussioni sulla disponibilità di risorse idriche e danni alle attività agricole, ha portato all'attenzione generale l'evoluzione del clima ed in particolare la variabilità della piovosità nel tempo (Polemio-Petrucci 2003).

Questo studio prende in considerazione la piovosità, su base mensile ed annuale, in Italia meridionale (Campania, Puglia, Calabria e Basilicata) nel periodo 1821-2001, per cui sono disponibili dati storici affidabili e con continuità temporale, integrando ed ampliando quanto descritto da Cotecchia *et al.* (2003). È stata anche completata la raccolta dei corrispondenti dati termometrici, la cui analisi è in fase preliminare.

Lungi dal formulare previsioni sugli andamenti futuri o dall'ipotizzare le cause su scala globale dei fenomeni osservati, si è avviata una ricerca, tuttora in corso, che ha come finalità ultima la caratterizzazione delle tendenze evolutive dei principali fattori climatici, piovosità e temperatura, e dei relativi regimi, fattori significativi per la formazione della piovosità efficace o utile, l'aliquota della piovosità effettiva in grado di rendere disponibili risorse idriche.

Particolare attenzione è rivolta alle recenti siccità e alle più importanti tra le precedenti. Le evidenze emerse dallo studio delle serie storiche sono trattate con criteri geostatistici mediante supporto GIS.

DATI DISPONIBILI E DATI UTILIZZATI

Nel territorio studiato hanno operato, considerando solo quelle attivate prima del 1970, 817 stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico

^(a) CNR – IRPI, Sezione di Bari – c/o Politecnico di Bari – Via Orabona, 4 – 70125 Bari – e-mail: d.casarano@ba.irpi.cnr.it, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

^(*) Pubblicazione redatta dalla U.O.4.14 nell'ambito dell'attività del GNDCI-CNR.

e Mareografico Nazionale (SIMN), ricadenti nelle sezioni di Napoli (312), Bari (141) e Catanzaro (364), che include buona parte del territorio lucano (SIMN 1976). 458 stazioni erano attive prima del 1925 e soltanto 40 prima del 1900. Sono stati raccolti tutti i dati termopluviometrici mensili ed annui disponibili fino al 2001 (Eredia 1918; SIMN 1916-2000). I dati più recenti sono stati raccolti grazie alla cortese disponibilità delle tre sezioni idrografiche. Le misure sono risultate disponibili con maggiore regolarità nel periodo 1921-2001. Per tale ragione, nel seguito, numerose elaborazioni saranno riferite a tale periodo, definito periodo di studio.

Per condurre lo studio sono state selezionate 126 stazioni, 40 in Campania, 26 in Puglia, 40 in Calabria, 20 in Basilicata. Il criterio di selezione ha privilegiato l'anno di attivazione e l'assenza di lacune, con criteri via via meno restrittivi fino a raggiungere una sufficiente continuità nello spazio delle variabili considerate. Una preliminare valutazione dell'affidabilità della banca dati costituita, risultata confortante, è derivata dal confronto tra la mappa della piovosità annuale per il periodo 1921-2001 con quelle disponibili in letteratura (SIMN 1958). Le stazioni infine considerate operano da prima degli anni '20. Per quanto si siano compiuti sforzi, alcune serie presentano lacune, generalmente colmate utilizzando i dati delle stazioni più vicine e meglio correlate.

Le operazioni cartografiche e geostatistiche sono state effettuate in ambiente GIS, operando su una griglia costituita da celle quadrate di lato pari ad un chilometro. Il valore associato a ciascuna cella è stato ottenuto pesando i dati relativi alle stazioni più vicine, con pesi inversamente proporzionali al quadrato della distanza. Utilizzando le funzionalità del GIS, sono state determinate numerose grandezze medie per l'intero territorio o per le regioni che lo costituiscono, tra le quali la *Piovosità Media Annuo*, PMA, e il corrispondente volume delle precipitazioni, denominato *Afflusso Medio Annuo*, AMA (Tab. 1).

TABELLA 1

Piovosità Media Annuo (PMA), Afflusso Medio Annuo (AMA), Trend (T) e Variazione Tendenziale (VT) nel periodo di studio.

Regione	PMA (mm)	AMA (Mm ³)	T (mm/anno)	T/PMA	VT (mm)	VT/PMA
Puglia	644	12.500	-0,80	-0,12%	-65	-10,1%
Basilicata	893	8.900	-1.81	-0,20%	-145	-15,9%
Calabria	1043	15.700	-2,87	-0,28%	-230	-22,0%
Campania	1118	15.200	-2,44	-0,22%	-196	-17,5%

TENDENZA MEDIA DEI VALORI DI PRECIPITAZIONE ANNUALE NEL PERIODO 1921-2001

Per ciascuna serie storica è stata calcolata la retta di regressione lineare, con il metodo dei minimi quadrati. Il coefficiente angolare di tale retta (T) è indicativo della tendenza della piovosità annua di ogni serie storica studiata. Su 126 stazioni considerate, 114 hanno mostrato coefficienti angolari negativi, ovvero tendenza al calo pluviometrico, con valori fino a -9 mm/anno. Le altre 12 hanno mostrato valori positivi, con massimi intorno ai $2,5$ mm/anno. Dall'esame dei coefficienti di correlazione delle rette di regressione lineare risultano «significativi» al 5% (ovvero è inferiore al 5% la probabilità che gli andamenti riscontrati siano compatibili con l'ipotesi di assenza di trend significativo) 60 andamenti negativi e solo 2 andamenti positivi.

Mediante interpolazione in ambiente GIS si è ottenuta una mappatura della tendenza sull'intera area di studio (Fig. 1). L'area interessata da andamenti negativi si estende fino al 96% dell'area complessiva. In particolare, se si considera «rilevante» un trend maggiore di 1 mm/anno in valore assoluto, lo si riscontra rilevante negativo sul 70% dell'area in esame e positivo solo sull'1%.

Alle serie storiche si è applicato il test statistico di Mann-Kendall (Mann 1945; Kendall 1975), finalizzato a evidenziare una tendenza sistematica delle serie temporali. Un evidente scostamento dallo zero della variabile test può essere indicativo di una tendenza in atto. Il risulta-

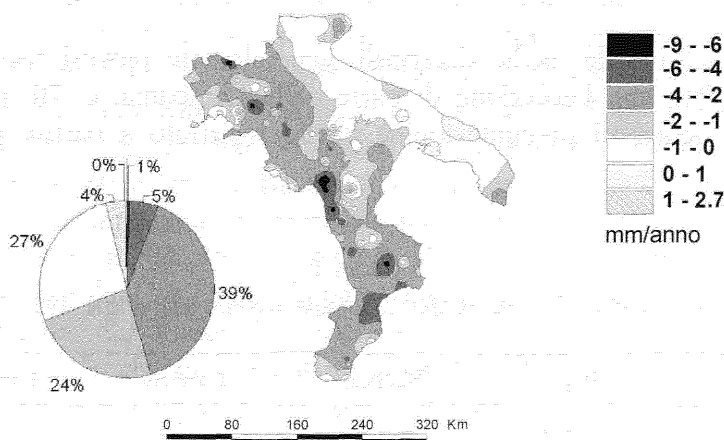


Fig. 1 - Tendenza media della piovosità annua (periodo 1921-2001).

to mostra una tendenza negativa sul 98% della superficie, con uno scostamento negativo superiore a una deviazione standard sul 75% dell'area, e a due deviazioni standard sul 39%. Tale test conferma l'esistenza di una tendenza, evidente e generalizzata, al calo delle precipitazioni nel periodo di studio.

Operando su base GIS ed associando ad ogni cella sia la piovosità media annua che il relativo trend pluviometrico, è possibile raggruppare le celle per classi di piovosità e calcolare il trend medio per ciascuna classe. Si osserva così che la tendenza al calo pluviometrico è positivamente correlata alla piovosità assoluta, ovvero la piovosità tende a calare maggiormente dove piove di più. La tendenza negativa è contenuta entro $-0,8$ mm/anno dove la piovosità è minore di 700 mm, varia tra $-1,5$ e $-3,0$ mm/anno per piovosità compresa tra 700 e 1300 mm, e raggiunge $-6,5$ mm/anno nelle zone con piovosità maggiore di 1800 mm.

In termini di afflusso, meno del 2% proviene da aree in cui si sono osservati incrementi, mentre l'87% interessa aree dove il trend negativo è maggiore in valore assoluto di 0,5 mm/anno. In particolare, la metà dell'afflusso è associato a zone dove la tendenza negativa è maggiore in valore assoluto di 2,5 mm/anno. Nelle regioni più piovose la tendenza al calo è quindi più marcata anche se rapportata alla piovosità assoluta; ad esempio, in Calabria il calo pluviometrico tendenziale nel periodo di studio 1921-2001 (VT) è stimabile in circa il 20% (Tab. 1).

ANALISI DELLE MEDIE MOBILI: PRINCIPALI PERIODI SICCIOSI

Dall'analisi delle medie decennali, generalmente piovosi risultano gli anni '30, '50, con l'eccezione di parte della Campania, e '70, mentre il maggiore deficit di precipitazioni è quello registrato a partire dal 1980 (Tab. 2).

TABELLA 2

Scarto (%) della piovosità media decennale rispetto alla PMA 1921-2001.

	Puglia	Basilicata	Calabria	Campania
1981-1990	-10,5	-8,6	-12,1	-11,4
1991-2000	-3,8	-7,6	-13,4	-14,6

La media decennale tuttavia è spesso il risultato di una compensazione tra periodi piovosi e siccitosi, la cui durata è generalmente inferiore ai 10 anni. Per tener conto della minore e variabile durata delle siccità, sono state analizzate le medie mobili biennali, triennali e quinquennali, di cui la figura 2 rappresenta un esempio.

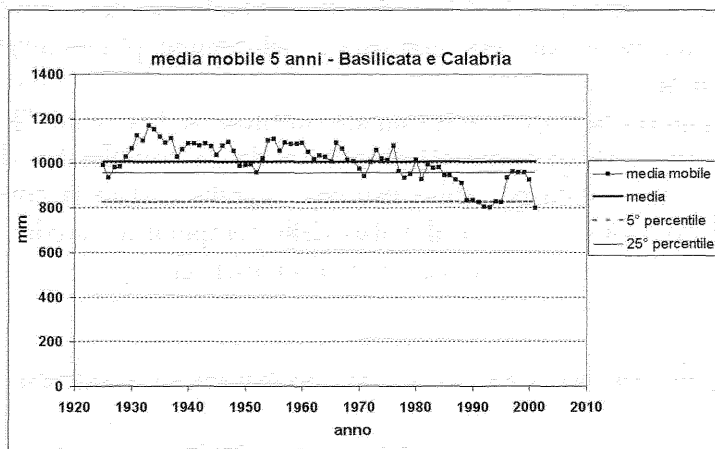


Fig. 2 – Media mobile quinquennale della piovosità annua in Basilicata e Calabria.

Le medie pluriennali confermano che i periodi siccitosi più gravi sono concentrati negli ultimi 25 anni. Il 2000-2001 ed il 1989-1991 sono i due periodi di siccità più gravi nel territorio di studio, seguiti da eventi alla fine degli anni '20 (in particolare in Puglia) caratterizzati peraltro da temperature particolarmente elevate e tali da accentuarne gli effetti, e durante gli anni '40 quando, con l'eccezione della Calabria, si registrano una serie di annate consecutive con precipitazioni inferiori alla media. In Campania il periodo 1997-2001 segna un record negativo anche come media quinquennale; ovunque esso si situa nel 25° percentile inferiore, superato in negativo dai periodi tra il 1942 ed il 1950 in Puglia e tra gli anni '80 e '90 in Basilicata e Calabria. Le medie mobili quinquennali si mantengono inferiori alla media, in modo ininterrotto, a partire dal 1978 (media 1974-1978) per Basilicata e Calabria ed a partire dal 1983 per la Campania. Appare quindi evidente come il contributo determinante alla tendenza negativa complessiva sia dato dal deficit di precipitazioni registratosi a partire circa dal 1980.

Una conferma proviene dal test t-Student, applicato per stabilire se le serie storiche nel periodo 1981-2001 e quelle del 1921-1980 possano ritenersi appartenenti alla stessa popolazione, per ciascuna stazione; in

altre parole se la media annua nell'ultimo ventennio non mostri una discrepanza statisticamente significativa rispetto a quella del primo sessantennio. Su 126 stazioni, 123 mostrano nell'ultimo ventennio piovosità media inferiore a quella dei 60 anni precedenti. In 95 casi si osservano deviazioni con probabilità inferiore al 5%, in 67 casi tale significatività è dell'1%. Operando con il logaritmo della probabilità, il 58% dell'area mostra una significatività all'1%. La percentuale di dati significativi è fortemente indicativa di una alterazione nel regime pluviometrico negli ultimi 20 anni.

Come già verificatosi per le annate siccitose a fine anni '20, analizzando in termini di piovosità efficace la tendenza complessiva degli ultimi due decenni, questa potrebbe risultare aggravata, data la concomitanza di una moderata tendenza al rialzo delle temperature medie, segnalata da una analisi preliminare dei dati termometrici.

IL REGIME PLUVIOMETRICO E LE MODIFICAZIONI STAGIONALI

L'analisi delle modificazioni del regime pluviometrico è stata imposta su base stagionale (Fig. 3). Emerge che la tendenza negativa riguarda in prevalenza la stagione invernale. Il trimestre dicembre-febbraio, mediamente il più piovoso su gran parte dell'area esaminata, determina da solo, su base regionale, almeno il 75% della tendenza negativa complessiva. Il deficit di precipitazioni riscontrato negli ultimi

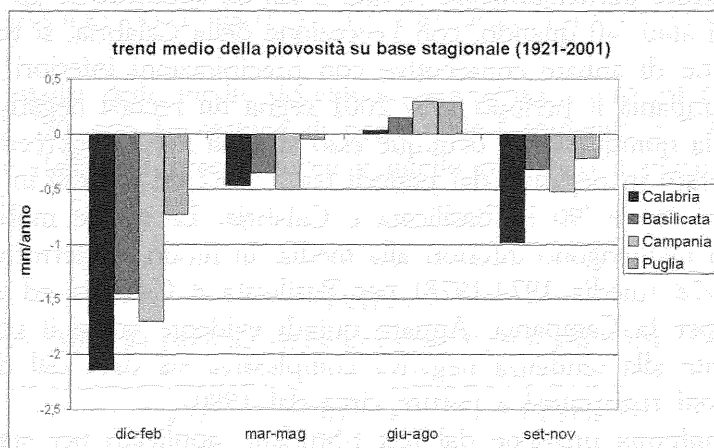


Fig. 3 – Tendenza media annua della piovosità su base stagionale. Si esprime la media in ciascun territorio regionale.

20 anni deriva prevalentemente dal mancato contributo delle precipitazioni invernali. Primavera e autunno mostrano tendenze negative molto meno evidenti, con il trimestre settembre-novembre che nei tempi più recenti tende a diventare il più piovoso per molte località esaminate (quelle in cui si sono registrati i deficit più importanti nella stagione invernale).

Quasi ovunque è in controtendenza l'estate, in cui i trend positivi sono dovuti ad eventi piovosi di notevole intensità in aree dove le precipitazioni estive sono generalmente trascurabili. Visto il carattere spiccatamente arido della stagione estiva tipica dell'Italia meridionale, tale controtendenza è ininfluente in termini di piovosità efficace, al fine di una compensazione del calo di certo registratosi nelle restanti stagioni.

SERIE STORICHE ANTECEDENTI AL 1920

La situazione antecedente al 1921 è descritta dai dati di poche stazioni, che non coprono in modo completo il territorio in esame. La maggior parte di esse sono state attivate dopo il 1870, con le eccezioni di Locorotondo (attiva dal 1829) e dell'Osservatorio di Capodimonte (attiva dal 1821 fino al 1969).

I dati disponibili per 13 stazioni pugliesi costituiscono un campione statistico sufficientemente rappresentativo per caratterizzare le vicende climatiche tra il 1880 ed il 1920. In Campania solo 4 stazioni garantiscono una copertura temporale continua, mentre in Basilicata e Calabria la base dati è del tutto insufficiente.

Le stazioni pugliesi hanno registrato nel periodo 1880-1920 piovosità mediamente maggiori di quelle del periodo successivo. La retta di regressione lineare della piovosità media delle 13 stazioni pugliesi, mostra un coefficiente angolare, per il periodo 1880-2001, molto vicino a quello calcolato per il periodo di studio 1921-2001. La tendenza decrescente degli ultimi 80 anni sembra quindi proseguire un processo già in atto nel quarantennio precedente, all'inizio del quale la piovosità media era maggiore di quella registrata in seguito.

La stazione di Locorotondo è l'unica a fornire indicazioni su un periodo più lungo di 170 anni. Si registra un coefficiente angolare di $-2,12$ mm/anno, con un calo di oltre 350 mm nel periodo in esame (Fig. 4). Un dato rilevante è la presenza di ben 18 annate con precipitazioni maggiori di 1000 mm tra il 1829 ed il 1920, mentre a partire dal 1921 questa soglia è stata superata solo 3 volte. I dati rilevati da una sola stazione non possono ovviamente essere generalizzati, anche in

virtù degli effetti derivanti dalle variazioni delle strumentazioni di misura in un così lungo periodo.

Le 4 stazioni campane mostrano tutte andamenti crescenti nel periodo 1880-1920, con un massimo di piovosità nel corso degli anni '10.

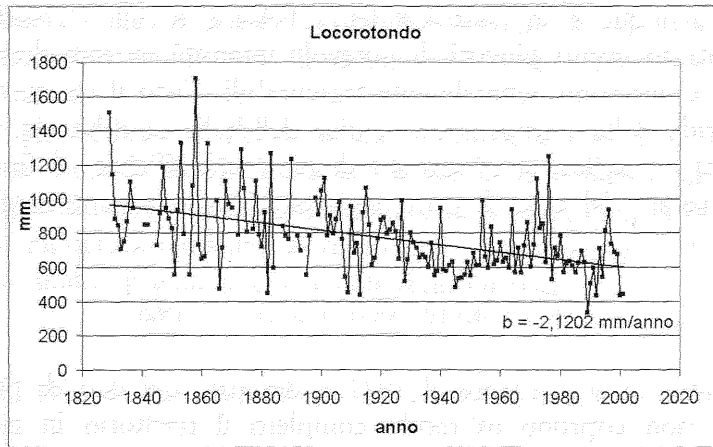


Fig. 4 – Piovosità annua della stazione di Locorotondo: serie storica e linea di tendenza.

CONCLUSIONI

La tendenza ad un calo delle precipitazioni sul periodo 1921-2001 interessa la quasi totalità dell'area considerata. Sebbene generalizzata e di entità significativa, ovvero incompatibile con l'ipotesi di piovosità media costante nel tempo, tale tendenza non si delinea in modo omogeneo sull'area in esame, né in modo stazionario nel periodo considerato.

La tendenza al calo pluviometrico in valore assoluto più accentuata si è osservata nella zona tirrenica tra Calabria e Basilicata e nel Catanzarese, mentre la Puglia è caratterizzata da una tendenza decrescente più contenuta ma ben più rilevante ai fini delle siccità in quanto colpisce drammaticamente un territorio già povero di risorse idriche.

Le serie storiche che iniziano nel XIX secolo sembrano indicare che tale tendenza si sia manifestata in Puglia già in quell'epoca, e sia proseguita in modo grossomodo costante, mentre nelle altre regioni l'andamento fortemente negativo sia soprattutto un risultato degli ultimi 20 anni.

Il calo pluviometrico si è concentrato nelle zone più piovose e rilevanti agli effetti dell'approvvigionamento idrico, ed è concentrato in par-

tiolare nella stagione invernale, solitamente la più piovosa in gran parte dell'area in esame.

La natura dei risultati ad oggi emersi, di drammatica rilevanza per le implicazioni socio-economiche connesse alla prevedibile crescente difficoltà a soddisfare la domanda idrica delle comunità dell'Italia meridionale, induce a proseguire il lavoro su tali tematiche, in particolare evidenziando la sovrapposizione degli effetti derivanti dalle variazioni pluviometriche e termometriche in termini di piovosità efficace.

BIBLIOGRAFIA

- COTECCHIA V., CASARANO D., POLEMIO M., 2003. *Piovosità e siccità in Italia meridionale tra il 1821 ed il 2001*. L'Acqua, Associazione Idrotecnica Italiana, 2.
- EREDIA F., 1918. *Osservazioni Pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915 dal R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, Consiglio Sup. delle Acque, Min. LL.PP.* Estratto a cura di G. Girardi, Ufficio Idrografico e Mareografico di Bari, 2001.
- KENDALL M.G., 1975. *Rank correlation methods*. Charles Griffin, London.
- MANN H.B., 1945. *Non parametric tests against trend*. *Econometrica*, 13: 245-259.
- POLEMIO M., PETRUCCI O., 2003. *The drought and the lowering of groundwater resources: an example from Calabria region (Southern Italy)*. Int. Conf. «Hydrology of the Mediterranean and semi arid regions», Montpellier, Aprile.
- SIMN, 1916-2000. *Annali Idrologici*. Sezioni di Bari, Napoli e Catanzaro.
- SIMN, 1958. *Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950* (Mappe Allegate), Sezioni di Bari, Napoli e Catanzaro.
- SIMN, 1976. *Elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico*, Publ. n. 27.