

## Nota metodologica

### Quadro di riferimento

Negli ultimi decenni è sensibilmente aumentato l'interesse verso la conoscenza delle variazioni climatiche e degli eventi estremi climatici che si verificano in molte aree del Paese. Tali informazioni sono fondamentali per valutare le conseguenze su ambiente naturale, salute umana, sistemi socio-economici e sistemi urbani. Effetti di eventi estremi climatici interessano in modo rilevante anche le città, caratterizzate da un'elevata concentrazione di persone, edifici, attività economiche, infrastrutture e patrimonio artistico.

Numerose città italiane sembrano aver registrato crescenti impatti causati da fenomeni meteorologici legati ad una crescente *variabilità climatica*, vale a dire la fluttuazione di una specifica grandezza. Tali fluttuazioni sono legate alle variazioni anno per anno (inter-annuali e stagionali) e alle oscillazioni decennali che si verificano rispetto ad un valore medio riferito ad un lungo arco di tempo relativo alla grandezza considerata. Invece, il *cambiamento climatico* statisticamente si definisce come lo spostamento di tale valore medio di lungo periodo di una grandezza, e quindi come un cambiamento della distribuzione statistica dei parametri climatici.

Indicatori per misurare temperatura e precipitazione medie e monitorarne le variazioni fra gli anni, indici sul numero di giorni estivi, notti tropicali, giorni freddi e di quelli con gelo osservati, per ciascun anno, rappresentano strumenti statistici utili per una descrizione della variabilità climatica, così come quelli che misurano il verificarsi di piogge intense o periodi prolungati di assenza di piogge per anno. Questo tipo di eventi (caratterizzati in molti casi da una importante componente stocastica) aumentano i rischi per sicurezza e salute delle persone concentrate<sup>1</sup> nelle città italiane, che presentano diversi gradi di vulnerabilità. Tali fenomeni, inoltre, possono causare seri danni alle infrastrutture e al patrimonio artistico e culturale – tanto diffusamente presente nelle città italiane – nonché criticità nello svolgimento di attività economiche ed erogazione di servizi essenziali quali distribuzione di risorse idriche, energia e trasporti.

Per lo studio di fenomeni meteo-climatici e l'applicazione di modelli per l'analisi dei trend di parametri meteorologici si rendono necessarie ampie e complete serie di dati costruite su osservazioni giornaliere di variabili meteorologiche che consentono di calcolare indici statistici a diversa scala temporale e spaziale. I dati confermano che la variabilità climatica risulta in aumento, cioè sono cresciute le fluttuazioni delle variazioni di parametri meteorologici di temperatura e precipitazione per intensità e occorrenza, in riferimento ai valori medi registrati in un periodo lungo preso come riferimento e denominato Normale Climatologica<sup>2</sup> (1971-2000).

I crescenti fabbisogni informativi per analisi su variabilità climatica e cambiamento climatico hanno determinato la definizione e lo sviluppo di *framework* statistici collegati allo studio di tali fenomeni naturali, che sono stati sviluppati da organismi internazionali<sup>3</sup> dai primi anni 2000, per fornire metodologie condivise per la produzione di dati e indicatori comparabili fra i diversi paesi del mondo.

Informazioni sul verificarsi di estremi climatici a scala locale e sulle loro variazioni nel tempo ha, inoltre, una grande importanza nella valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici per la definizione di strategie di adattamento, considerato i gravi effetti che tali eventi possono avere gravi su salute della popolazione, attività economiche, ambiente e territorio.

Allo scopo di definire una metodologia comune per offrire una misurazione delle variazioni di estremi climatici e poter confrontare i risultati ottenuti in diversi paesi del mondo, l'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) del *CLIVAR Working Group on Climate Change Detection* della Commissione per la

<sup>1</sup> Poco meno del 40 per cento della popolazione italiana è concentrata nei capoluoghi di regione.

<sup>2</sup> In base a dei criteri stabiliti nel 1935 dalla World Meteorological Organization (WMO) delle Nazioni Unite, le medie climatologiche di riferimento sono calcolate in tutto il mondo su medesimi intervalli standard di almeno 30 anni, denominati Normali Climatologiche.

<sup>3</sup> Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE), IPCC, Commissione europea ed Eurostat, Agenzia europea per l'ambiente (EEA), UNESCO.

Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization) delle nazioni Unite (UN) e dell'UNESCO, ha definito un insieme di 27 indici, atti a descrivere estremi di temperatura e precipitazione per frequenza, intensità e durata a diversa scala temporale e spaziale.

Fra questi indici, alcuni si rilevano adeguati a valutare gli estremi climatici nelle città italiane, in relazione ai fenomeni che vanno a descrivere e alla disponibilità di dati che sono necessari per calcolarli. È importante evidenziare, infatti, che per calcolare tali indici sono necessarie serie di dati ad elevata risoluzione temporale (osservazioni giornaliere) e spaziale, sufficientemente complete e ampie.

### **Obiettivi conoscitivi**

La Rilevazione *Dati meteo-climatici ed idrologici* dell'Istat ha come principale obiettivo quello di aggiornare al 2016 la Banca Dati Istat delle variabili meteo-climatiche ed idrologiche (temperatura minima, temperatura media, temperatura massima, precipitazione totale media, umidità) che sono rilevate presso gli Enti Gestori (unità di rilevazione) delle reti di stazioni meteorologiche nel territorio nazionale (unità di analisi). Per gli obiettivi di analisi, sono stati presi in esame i dati delle stazioni meteorologiche ubicate all'interno o in prossimità del territorio comunale di ciascun capoluogo di provincia. Per questo motivo, dati e indicatori meteorologici e indici di eventi estremi climatici forniscono misure di fenomeni delle specifiche aree monitorate.

Dati e indicatori meteo-climatici si aggiungono all'insieme delle informazioni statistiche prodotte dall'Istat sul tema delle città, anche con l'obiettivo di fornire nuove opportunità di analisi congiunta con informazioni sullo stato dell'ambiente di primaria importanza.

Per descrivere variazioni annuali di temperatura e precipitazione nelle città capoluogo di provincia e città metropolitane, l'Istat ha calcolato indicatori di parametri meteorologici di temperatura media annua e precipitazione totale annua e un insieme degli ETCCDI Indices, Indici di estremi di temperatura e di precipitazione, calcolati sia in numero di giorni nei quali si verifica un determinato evento che in gradi Celsius e millimetri.

I dati delle stazioni meteorologiche prese in esame, situate all'interno o in prossimità del territorio di ciascun capoluogo di provincia, forniscono misure dei fenomeni climatici delle specifiche aree monitorate. Pertanto, lo studio degli indicatori meteorologici e degli indici di eventi estremi climatici fa riferimento ai caratteri climatici delle aree monitorate.

Per quanto riguarda la serie temporale dei dati, per tutti i capoluoghi di provincia sono calcolati indicatori di parametri meteorologici e indici di estremi di temperatura e precipitazione attraverso dati giornalieri della serie storica 2007-2016<sup>4</sup>. In particolare sono presentati i valori medi del periodo 2007-2016 della temperatura media annua e della precipitazione totale annua; la differenza dei rispettivi valori del 2016 dai corrispondenti valori medi del periodo 2007-2016 (tavole 1 e 2).

Per ciascun capoluogo di regione, invece, grazie alla disponibilità di serie di dati complete più ampie (1971-2016), è stato possibile in aggiunta calcolare per temperatura media annua e precipitazione totale annua i valori medi del periodo 1971-2000 (assunto come Normale Climatologica costruita per ciascun capoluogo di regione) e l'anomalia (differenza) del 2016 dal valore medio del periodo 1971-2000, detto valore climatico.

Considerando il calcolo degli indici di estremi climatici di temperatura e precipitazione, per tutti i capoluoghi di provincia sono stati prodotti complessivamente 15 indici fra quelli definiti dalla metodologia ETTCDI (WMO-UN), calcolando i rispettivi valori medi del periodo 2007-2016 (tavole 3 e 4). Anche in questo caso, per tutti i capoluoghi di regione è stato possibile calcolare sia l'anomalia del 2016 dal valore climatico 1971-2000 che l'anomalia del valore medio 2007-2016 dal valore climatico 1971-2016 per tutti gli indici di estremi considerati (tavole 5 e 6).

## Metodologia dell'indagine

### *Disegno della rilevazione*

Inserita nel Programma statistico nazionale (codice PSN IST-02190), *Dati meteo-climatici ed idrologici* è una rilevazione continua dell'Istat, il cui periodo di riferimento dei dati è l'anno, che raccoglie dati di variabili meteorologiche ed idrologiche presso Enti Gestori delle reti di stazioni di misura nel territorio nazionale.

Le unità di rilevazione sono gli Enti Gestori delle stazioni di misura, le unità di analisi sono le singole stazioni di misura meteorologiche ed idrometriche. I dati sono stati richiesti attraverso auto-compilazione di tracciati record di variabili in formato excel. Attraverso una *scheda anagrafica stazioni* (contenente le informazioni raccolte dall'Istat in edizioni precedenti della rilevazione) è stato inoltre richiesto a ciascun rispondente di aggiornare dati e informazioni relative all'Ente Gestore e a variazioni delle singole stazioni (ad esempio denominazione Ente e/o stazione, stazioni gestite o dismesse, comune di appartenenza, coordinate piane, altitudine s.l.m., stato dell'attività della stazione, eccetera.).

### *Fonti di dati*

Nell'ambito della rilevazione svolte nel 2017-2018, sono stati raccolti dati su base giornaliera direttamente da 65 Enti Gestori di reti nazionali di stazioni di misura meteo-climatiche ed idrologiche, con particolare riferimento a quelle ubicate in capoluoghi di regione e di provincia. Fra i rispondenti ci sono sia Enti nazionali (quali ad esempio Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo ENAV, Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria CREA-AA, ENEA, CNR) ed che Enti locali (Regioni, Province Autonome, Servizi idrografici regionali, Università, Protezione civile, Agenzie regionali per la Protezione Ambientale, consorzi di bonifica e di difesa provinciali e/o regionali).

### *Raccolta di dati*

Ai fini dell'aggiornamento della banca dati Istat al 2016, la rilevazione ha riguardato circa 680 stazioni di misura, ognuna delle quali è geo-referenziata e proiettata al sistema di riferimento UTM zona 32 con datum WGS84. La quota altimetrica di ogni stazione è verificata utilizzando il Digital Elevation Model a 20 metri (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale).

Per singola stazione di misura, vengono richiesti dati giornalieri delle misurazioni delle variabili meteo-climatiche osservate, secondo il tracciato record fornito dall'Istat: altezza delle precipitazioni, temperatura minima, temperatura massima, temperatura media, umidità. Come detto, è richiesto inoltre l'aggiornamento della scheda anagrafica stazioni.

### *Controlli di qualità dei dati*

Per quanto riguarda la qualità, i dati sono sottoposti a numerosi controlli di validità da parte degli Enti gestori delle reti di monitoraggio prima di essere rilasciati all'Istat. Ulteriori verifiche sono state fatte dall'Istat sulle serie annuali dei dati forniti, attraverso le procedure statistiche di controlli di qualità (relative a omogeneità, completezza e coerenza delle serie temporali) nonché attraverso le procedure di calcolo degli indicatori.

I controlli di qualità hanno riguardato le serie storiche dei dati raccolti dei parametri meteorologici e le serie dei vari indicatori calcolati. La qualità dei dati acquisiti dai rispondenti, in molti casi non si è rivelata adeguata ai requisiti richiesti, poiché le serie di dati giornalieri risentivano soprattutto degli effetti negativi dello spostamento fisico della stazione di misura (cambiamenti nell'orientamento e/o sostituzione della strumentazione) oppure dell'interruzione del servizio di rilevamento della stazione per periodi anche molto significativi. Questo tipo di problematiche determina per alcune stazioni la mancanza di serie di dati giornalieri complete e omogenee per tutti i parametri meteorologici osservati con un'ampiezza adeguata agli scopi conoscitivi.

Considerato l'obiettivo di analisi della variabilità climatica per 116 capoluoghi di provincia italiani (variazioni territoriali Istat al 31/12/2016) negli ultimi dieci anni, sono emerse per alcuni capoluoghi delle criticità nella

disponibilità di serie storiche complete acquisite. Si è cercato di superare tali difficoltà ricostruendo e/o integrando serie di dati di stazioni limitrofe e con caratteristiche dei parametri esaminati statisticamente coerenti, nonché considerando serie storiche complete di stazioni ubicate in comuni limitrofi (in media 3,2 km dal confine amministrativo del comune capoluogo). In conclusione, controlli ed elaborazioni effettuate hanno permesso di rappresentare fenomeni climatici relativi a circa il 90 per cento dei capoluoghi di provincia e città metropolitane.

Partendo da un insieme di dati relativi a circa 680 stazioni termo-pluviometriche situate all'interno o in prossimità del territorio dei capoluoghi di provincia (delle quali 238 sono ubicate all'interno del territorio comunale dei capoluoghi di regione), è stato selezionato un sottoinsieme di queste stazioni sulla base della completezza delle serie di dati per i suddetti obiettivi di analisi. I controlli di qualità poi applicati alle serie temporali di dati hanno determinato un'ulteriore selezione, così da individuare 133 stazioni di misura (43 per i capoluoghi di regione e 90 per i capoluoghi di provincia). Esse hanno fornito la base dati per la stima di indicatori di parametri meteorologici e indici estremi di temperatura e precipitazioni, nei periodi osservati, riferita a 126 stazioni complessivamente utilizzate (tavola 7). In particolare, tra queste, sono state utilizzate 108 stazioni per la temperatura e 119 per la precipitazione.

Infine, per valorizzare tutte le serie di dati complete e disponibili, per alcuni capoluoghi di regione, considerata la peculiarità del metodo utilizzato, gli indicatori sono stati calcolati in media<sup>5</sup>.

### **Diffusione**

Statistica Report: <https://www.istat.it/it/archivio/217402>

Annuario Statistico Italiano (ASI): <https://www.istat.it/it/archivio/225274>

---

<sup>5</sup> Per la temperatura: Roma, Genova, Trieste, Aosta; per la precipitazione: Roma, Firenze, Bologna, Genova, Trieste, Venezia, Aosta (tavola 7).