

### **3. PRESSIONI AMBIENTALI, RISCHI NATURALI, RISCHI TECNOLOGICI**

#### **3.1 CLIMA**

*Vito La Ghezza*



*Foto: Gabriella Trevisi*

## Introduzione

Il clima è inteso come l'insieme delle condizioni atmosferiche medie (temperatura, precipitazione, direzione prevalente del vento, pressione, ecc) che caratterizza una specifica area geografica ottenute da rilevazioni omogenee dei dati per lunghi periodi. Esso ricopre un ruolo fondamentale nei processi di modellamento e di degrado di un territorio sia dal punto di vista fisico - biologico che dal punto di vista socio - economico. È ormai divenuto evidente che il clima del nostro pianeta sta mutando con una velocità paragonabile alla scala temporale dell'uomo. L'aumento sempre costante dei principali "forcings" del sistema atmosfera-oceano, essenzialmente le emissioni dei gas clima-alteranti (o gas serra), sembra essere il principale candidato di questo cambiamento (IPCC, 2001). La variazione della composizione dell'atmosfera ha innescato una serie di effetti fra i quali l'aumento della temperatura a scala globale e il mutamento del regime e delle intensità delle precipitazioni a scala regionale. Gli effetti di tali cambiamenti climatici agiscono in più direzioni: sugli ecosistemi (perdita della biodiversità, aumento della frequenza degli incendi, variazione dei cicli fenologici, affermazione di specie alloctone migranti), sul ciclo idrogeologico (modifica degli afflussi/deflussi nelle dighe, depauperamento della falda idrica con conseguente intrusione marina verso l'entroterra, aumento della pericolosità idrogeologica), sullo sviluppo economico (settore agricolo in primis) e sulla stessa salute dell'uomo (maggiore frequenza delle ondate di calore estive, maggiore esposizione agli allergeni ed agli inquinanti atmosferici).

Lo studio del clima e dei suoi cambiamenti si basa sulle analisi delle serie temporali delle più importanti variabili climatiche, quali la temperatura e la precipitazione cumulata. La quantità e la qualità dei dati di origine, rilevati dalle stazioni di osservazione meteorologica, possono influenzare notevolmente le analisi stesse, falsandone i risultati o rendendo inapplicabili alcune operazioni di geostatistica (es: distribuzione spaziale delle temperature o individuazione di aree con anomalia di precipitazione, ecc). La quantità dei dati è strettamente connessa alla densità superficiale delle stazioni di rilevamento, alla distribuzione delle stesse e alla percentuale di dati mancanti presenti all'interno dei database. La qualità dei dati è funzione delle caratteristiche tecniche della centralina (sensibilità dello strumento, frequenza del rilievo, tipologia di acquisizione, ecc), della tipologia di controllo di validità dei dati (controlli di soglia, controlli di consistenza interni, controlli climatologici con altre stazioni di misura, ecc) e della loro omogeneità (dedotta dalla "storia" o metadata della centralina meteo).

I dati termometrici sono rilevati da termografi meccanici alloggiati entro capannine meteorologiche. Ogni stazione è anche dotata di un termometro a resistenza elettrica collegato ad un registratore digitale, oltre che di un termometro a massima e di un termometro a minima. I dati pluviometrici sono registrate da un pluviografo e restituiti come totali giornalieri e totali mensili ed annui, precipitazioni massime di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive, massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi e precipitazioni di notevole intensità e breve durata. Nella tabella in figura 1 sono elencate le caratteristiche delle stazioni utilizzate nelle elaborazioni.

Fig. 1 – Caratteristiche delle stazioni termo-pluviometriche utilizzate

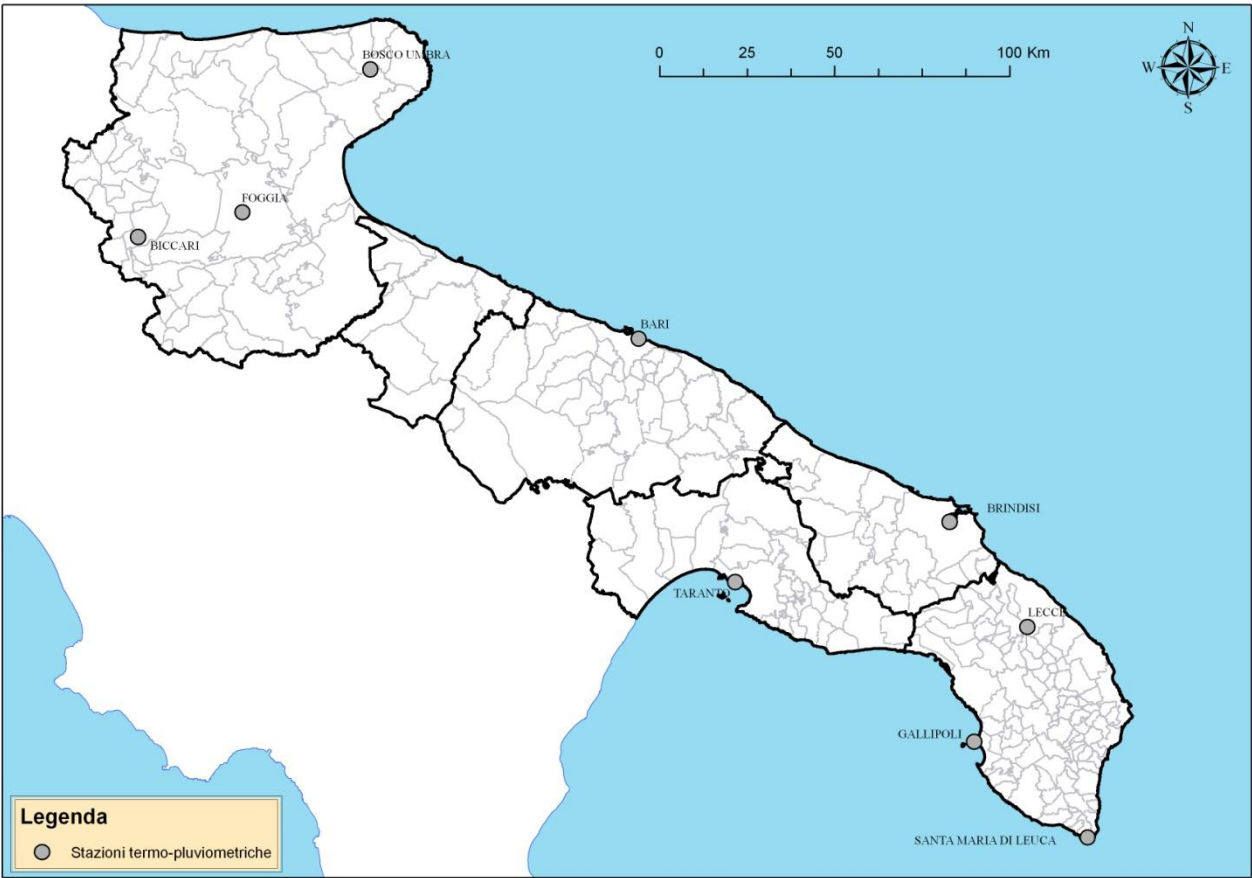
Nome stazione	Bacino	Pioggie durate 1-5 giorni	Pioggie intense valore Max	Pioggie totali mensili ed annue	Temperature medie	Temperature estreme	Quota sul mare mt.	Altezza apparecchio sul suolo mt.	Anno inizio delle osservazioni
Foggia (Osservatorio)	Candelaro	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	74	20,00	1873
Biccari	Candelaro	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	449	1,90	1922
Bari (Ufficio Idrografico)	Murge	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	12	17,00	1938
Brindisi	Penisola salentina	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	28	12,00	1877
Lecce	Penisola salentina	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	78	1,90	1875
Santa Maria di Leuca	Penisola salentina	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	65	4,00	1921
Gallipoli	Penisola salentina	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	31	12,00	1877
Bosco Umbra	Bacini vari	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	750	1,90	1923
Taranto	Penisola salentina	Pr	Pr	Pr	Tr	Tr	15	13,00	1891
Pr = Pluviometro registratore su carta diagrammale					Tr=Termometro registratore su carta diagrammale				

Fonte dati: Servizio Idrografico e Mareografico regionale

La mappa in figura 2 mostra la rete dei dati utilizzati per le elaborazioni climatiche individuandone l'ubicazione e la loro distribuzione sul territorio. La densità delle stazioni meteo utilizzate per le analisi

riportate nei prossimi paragrafi, descritte in figura 3, al momento, risultano insufficienti per qualsivoglia elaborazione geostatistica riguardante il territorio regionale.

Fig. 2 – Distribuzione e tipologia delle stazioni meteo utilizzate per le elaborazioni degli indicatori



Fonte dati: Elaborazione ARPA

Fig. 3 – Densità delle stazioni di monitoraggio per provincia

Stazioni utilizzate per le elaborazioni	FG	D	BAT	D	BA	D	TA	D	BR	D	LE	D	Regione	D
Termopluviometriche	3		0		1		1		1		3		9	
Pluviometriche	0		0		0		0		0		0		0	
Termometriche	0		0		0		0		0		0		0	
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>2319</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3823</b>	<b>1</b>	<b>2417</b>	<b>1</b>	<b>1840</b>	<b>3</b>	<b>921</b>	<b>9</b>	<b>2148</b>
D = Km <sup>2</sup> per stazione elaborata														

Fonte dati: Elaborazione ARPA

## Quadro sinottico indicatori

Subtematica	Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
<b>Cambiamenti climatici</b>	Anomalia della temperatura media annuale e mensile	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile
	Anomalia della precipitazione cumulata annuale e mensile	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile
	Trend della temperatura media annuale	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile
	Trend della precipitazione cumulata annuale	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile
<b>Impatti climatici</b>	Indice delle intensità pluviometrica giornaliera ("Simple daily intensity" index)	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile
	Numero delle "ondate di calore"	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

### Cambiamenti climatici

#### Anomalia della temperatura annuale e mensile

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Anomalia della temperatura media annuale e mensile	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

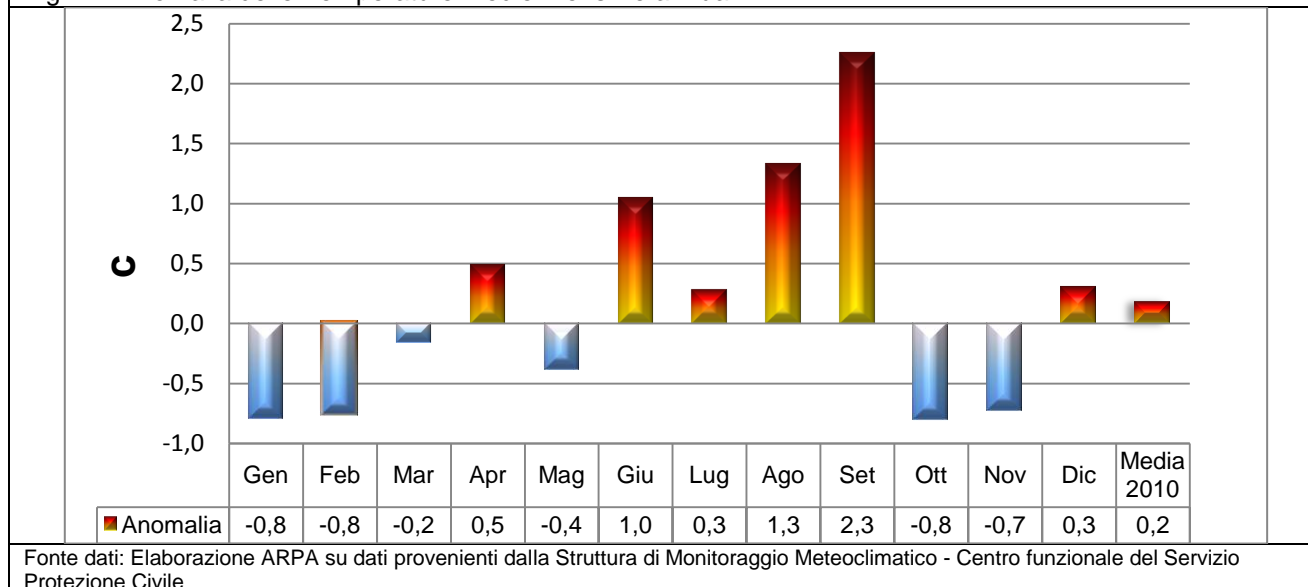
Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare lo scostamento della variabile temperatura dai valori climatologici normali	**	1961 - 2011	R	☹️	-

La temperatura è uno dei parametri fondamentali utilizzati sia per rappresentare il clima di un determinato territorio sia per individuare, in maniera semplice e diretta, la presenza di un eventuale cambiamento climatico. La temperatura viene rappresentata dal suddetto indicatore attraverso il calcolo dei valori di anomalia, risultanti dalla differenza fra la temperatura media mensile ed annuale calcolata sul trentennio 1961 - 1990<sup>1</sup> e i valori registrati nell'anno 2011.

Indicato con zero il valore normale, la figura 4 mostra valori positivi concentrati soprattutto durante i mesi estivi (da giugno a settembre), per i quali si registra una anomalia positiva di 1,2 °C. Anomalie negative consistenti, fra 0,7 e 0,8 °C, si sono registrate durante i mesi autunnali di Ottobre e Novembre e invernali di Gennaio e Febbraio. Essendo, la media delle anomalie annuale alquanto ridotta (+0,2°C), testimoniata dalla presenza alternata durante i mesi di anomalie positive e negative, e poiché le principali strategie e programmi politici internazionali nel campo climatico hanno come obiettivo quello di contrastare il riscaldamento in atto nel sistema climatico, la valutazione dell'indicatore si può ritenere non sufficiente, ma non negativa.

<sup>1</sup> Trentennio di riferimento secondo quanto previsto dall' Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO)

Fig. 4 – Anomalia delle Temperature medie mensili e annuali



#### Anomalia della precipitazione cumulata annuale e mensile

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Anomalia della precipitazione cumulata annuale e mensile	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

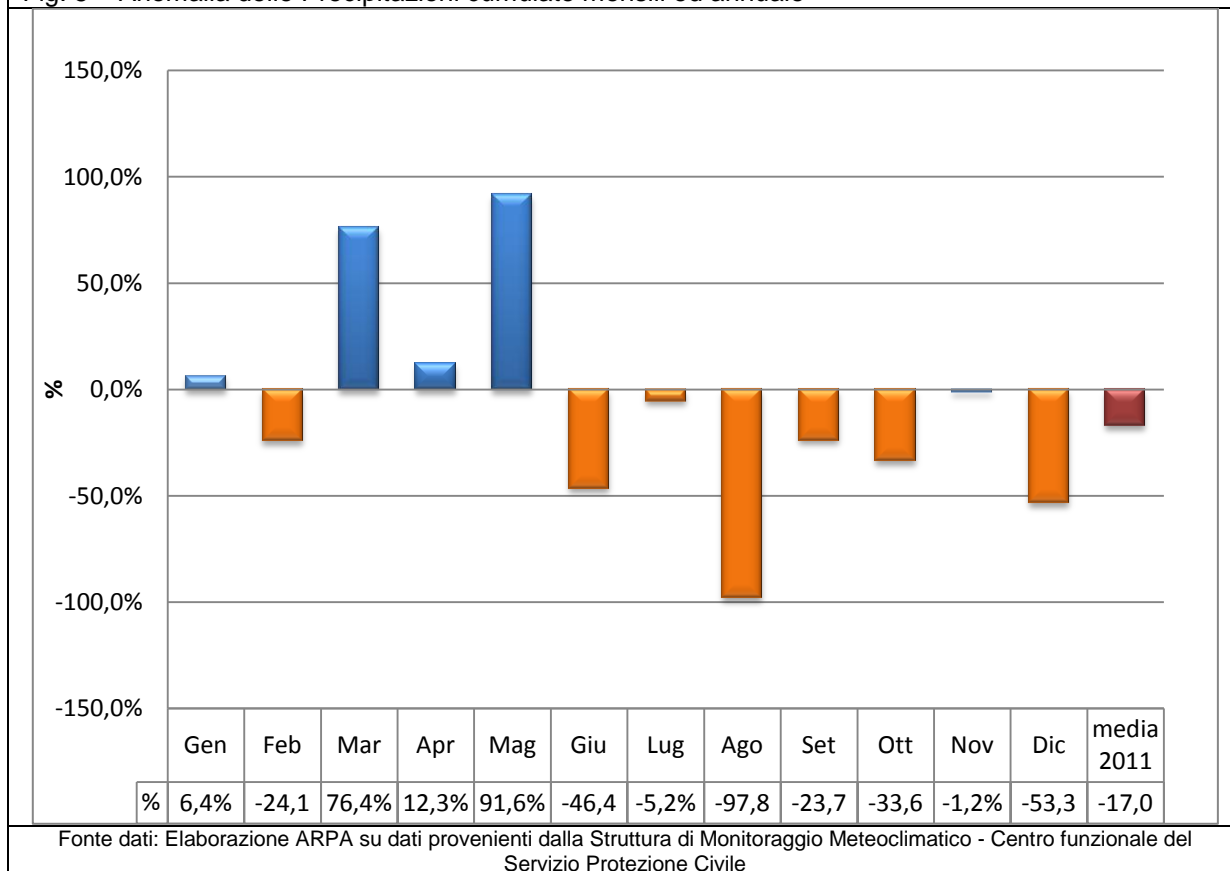
Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare lo scostamento della variabile precipitazione dai valori climatologici normali	*	1961 - 2011	R	☹	-

La precipitazione è una variabile che rappresenta molto bene il clima di un determinato territorio, ma, a differenza della temperatura, non ne individua facilmente i cambiamenti in atto. La piovosità media attuale non differisce molto da quella del passato, l'unica grande differenza è che sembra si manifesti in tempi molto più brevi rispetto a quanto non facesse anni fa. Il presente indicatore non rappresenta in toto il cambiamento in atto, ma evidenzia la presenza di eventuali anomalie negli accumuli di precipitazione che, una volta individuate, possono condurre la società ad adottare nuove strategie politiche e azioni di adattamento sociale ed economico. Poiché fra le priorità della comunità internazionale vi è la riduzione e l'adattamento al fenomeno della desertificazione e le anomalie negli accumuli di precipitazione monitorano molto bene tale fenomeno, l'indicatore in oggetto risulta appropriato per valutarne lo stato ambientale.

La precipitazione viene rappresentata dal suddetto indicatore attraverso il calcolo dei valori di anomalia, risultanti dalla differenza fra la precipitazione media mensile ed annuale calcolata sul trentennio 1961 - 1990 e i valori registrati nell'anno 2011.

La figura 5 mostra un deficit delle precipitazioni medie annuali pari a -17% risultando più marcato nei valori medi riguardanti i mesi di agosto (-98%), giugno (-46%) e dicembre (-53%), con valori costantemente negativi da giugno sino a fine anno. I valori positivi, invece, si ritrovano esclusivamente nel periodo primaverile.

Fig. 5 – Anomalia delle Precipitazioni cumulate mensili ed annuale



### Trend della temperatura media annuale

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Trend della temperatura annuale	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare l'andamento della temperatura media degli ultimi 10 anni	**	1961 - 2011	R	😊	↑

L'andamento termometrico dell'anno 2011 viene confrontato con quello degli anni immediatamente precedenti (2002 - 2010<sup>2</sup>) e accostato alla linea di tendenza (utilizzando la regressione lineare). L'indicatore non rappresenta lo scostamento dalla temperatura normale (media 1961 - 1990, visualizzata in verde nella figura 6), ma lo scarto dalla linea di tendenza, evidenziata in nero tratteggiato, con la temperatura media dell'anno 2011.

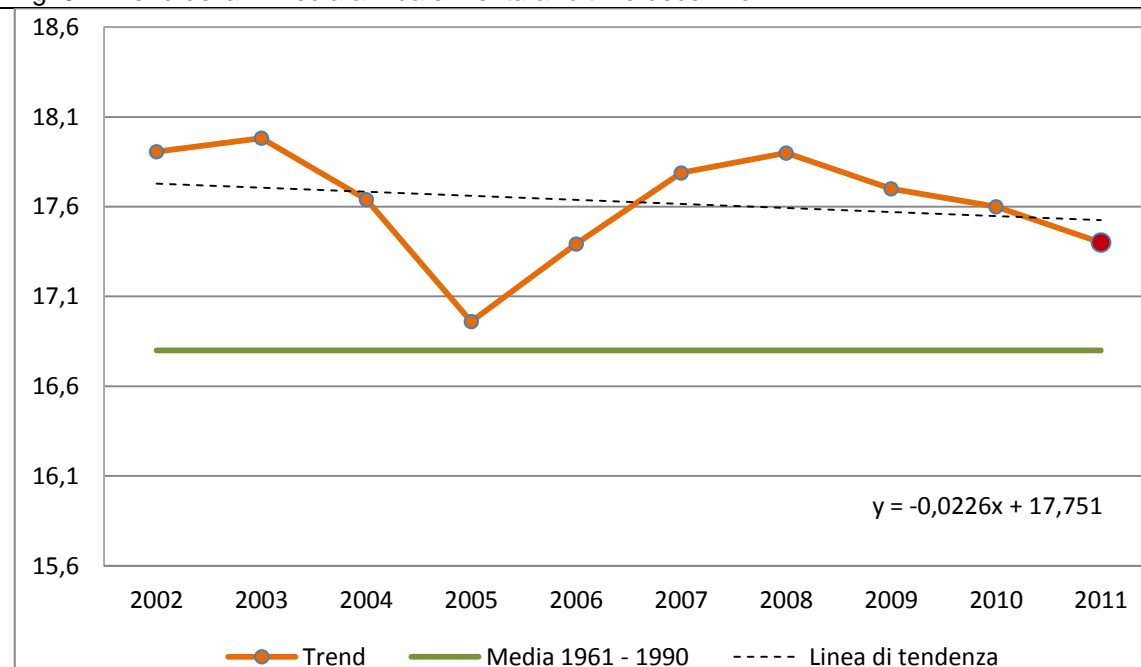
Pertanto, premettendo che la crescita della temperatura globale al di sopra dei livelli pre-industriali non dovrebbe superare i 2 °C e che l'obiettivo delle grandi potenze economiche è la riduzione dei gas serra per evitare un ulteriore riscaldamento globale, lo stato ambientale dell'indicatore in esame si può considerare negativo se il valore della temperatura media registrata durante l'anno 2011 è superiore al valore del trend, viceversa, positivo, nel caso si registri un valore di temperatura inferiore a detta soglia.

<sup>2</sup> Sono stati presi in considerazione i dati provenienti dalle stazioni termo pluviometriche di Foggia Oss., Bari Oss., Brindisi, Foggia, Lecce e Taranto

La figura seguente mostra un lieve decremento termico medio, pari a 0,02 °C/anno, relativo agli anni considerati. L'anno 2011, in linea con il biennio 2009-2010, segnala una riduzione termica, sebbene i valori di temperatura siano ancora distanti dalla media trentennale.

E' opportuno osservare, inoltre, come i valori di temperatura media registrati durante la decade in esame risultano essere tutti superiori alla media normale 1961 - 1990 di 0,5 - 1,5°C (fatta eccezione per l'anno 2005), palesando un riscaldamento che non si può considerare un fenomeno connesso a singoli eventi.

Fig. 6 – Trend della T media annuale riferita all'ultimo decennio



Fonte dati: Elaborazione ARPA su dati provenienti dalla Struttura di Monitoraggio MeteoClimatico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

### Trend della precipitazione cumulata annuale

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Trend della precipitazione cumulata annuale	S	Struttura di Monitoraggio MeteoClimatico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare l'andamento della precipitazione cumulata degli ultimi 10 anni	**	1961 - 2011	R	😊	↓

L'andamento pluviometrico dell'anno 2011 viene confrontato con quello degli anni immediatamente precedenti (2002 - 2010) e confrontato con la linea di tendenza (utilizzando la regressione lineare). L'indicatore non rappresenta lo scostamento dalla precipitazione (media 1961 - 1990 e visualizzata in rosso nella figura 7), ma lo scarto dalla linea di tendenza, evidenziata in nero, con la precipitazione cumulata dell'anno 2011.

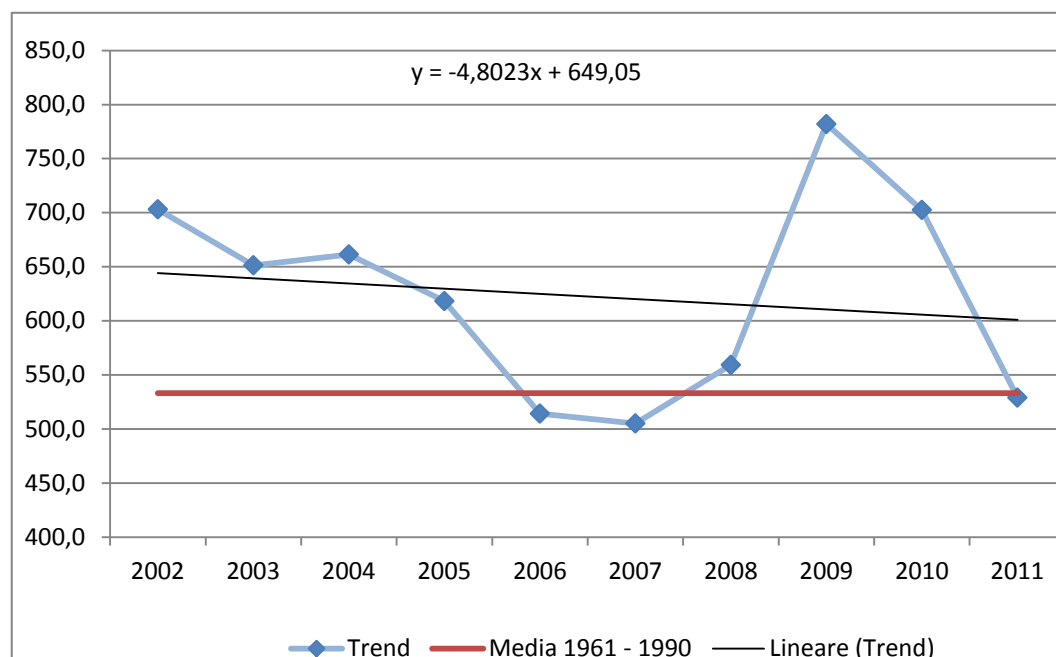
Pertanto, premettendo che, per l'ambiente, gli effetti ritenuti negativi sono la crescita delle aree incolte o aride, l'aumento degli incendi e la difficoltà negli approvvigionamenti idrici, e che essi sono correlati in modo generale a deficit pluviometrici prolungati, lo stato ambientale dell'indicatore in esame si può considerare negativo se il valore della precipitazione cumulata registrata durante l'anno 2011 risulta inferiore sia al valore del trend sia alla media normale 1961 - 1990; positivo, nel caso si registri un valore superiore o circa uguale alla trendline; incerto se tale valore si posiziona fra la linea di tendenza e la media normale.

I valori, rappresentati nella figura 7, presentano sostanzialmente surplus pluviometrici, fatta eccezione per gli anni 2006 (- 4%) e 2007 (- 5%). L'andamento pluviometrico mostra un leggero decremento delle



precipitazioni, pari a 5 mm/anno, con un picco quantitativo massimo coincidente con il biennio 2009 - 2010 (superiore a 700 mm/ annui), e con un 2011 invece in linea con la media trentennale.

Fig. 7 – Trend della P cumulata annuale riferita all'ultimo decennio



Fonte dati: Elaborazione ARPA su dati provenienti dalla Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

## Impatti climatici

### Indice delle intensità pluviometrica giornaliera ("Simple daily intensity" index)

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Indice delle intensità pluviometrica giornaliera ("Simple daily intensity" index)	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare lo scostamento della variabile intensità media di precipitazione giornaliera dai valori climatologici normali	**	1961 - 2011	R	😊	-

Per caratterizzare il regime pluviometrico di una regione è importante definire l'intensità della pioggia media giornaliera, definita dal rapporto fra la quantità di pioggia che cade mensilmente ed il numero di giorni piovosi<sup>3</sup> registrati nel mese stesso. La quantità di precipitazione registrata durante un mese o un anno può rimanere costante in difformità rispetto alle intensità precipitative che possono variare anche sensibilmente. Nel Mediterraneo, recenti studi hanno evidenziato come le precipitazioni sembrano manifestarsi in maniera più discontinua e in forma sempre più isolata, ossia legate a rovesci sempre più localizzati, ma intensi. Tale scenario deve essere preso in considerazione durante la pianificazione territoriale che richiede la

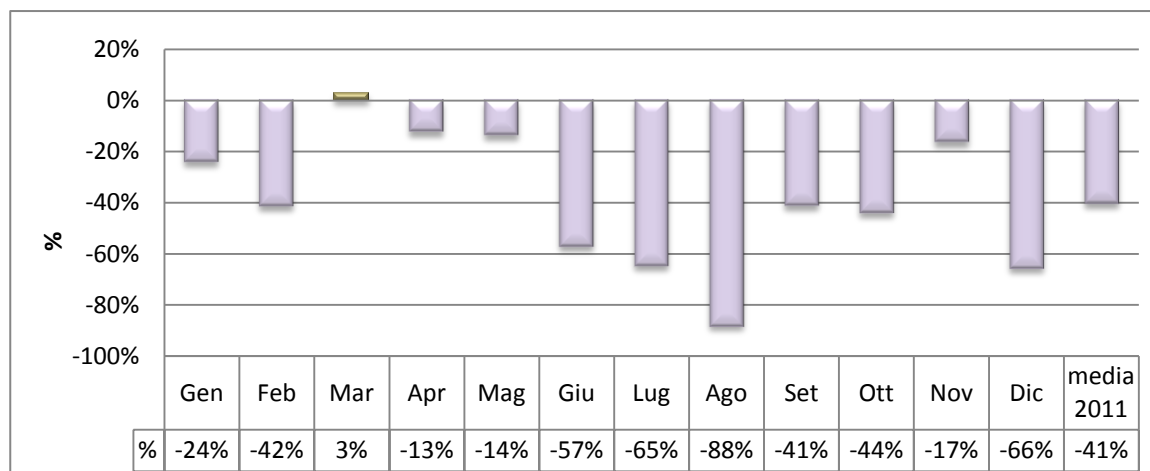
<sup>3</sup> Giorni in cui viene registrata una quantità di pioggia superiore a 1 mm



conoscenza accurata dei regimi di pioggia intensa e dei periodi siccitosi al fine di proteggere la popolazione dai dissesti idrogeologici, di migliorare la scelta delle pratiche agricole e di gestire al meglio le risorse idriche. L'indicatore in oggetto, descrivendo l'anomalia dell'intensità di precipitazione giornaliera<sup>4</sup>, risulta adeguato nel descrivere ed evidenziare l'esistenza di eventuali fenomeni di cambiamento in essere. Valori percentuali inferiori a "0" (considerato valore "normale" e corrispondente alla media del trentennio 1961 - 1990) indicano precipitazioni meno intense e, pertanto, tendenzialmente meno impattanti per il territorio.

Analizzando i valori mensili si può notare come ci sia una forte anomalia negativa dell'intensità precipitativa ricorrente durante l'anno, a dimostrazione della migliore distribuzione temporale delle precipitazioni (mancanza di fenomeni estremi). Si noti come il valore medio del 2011 è inferiore del 41% (5,4 mm/giorno) rispetto al valore medio annuo del "Simple daily intensity" calcolato sulla serie 1961 - 1990 delle stazioni pluviometriche disponibili.

Fig. 8 – Anomalia dell'intensità di precipitazione giornaliera per ogni singolo mese ed annua



Fonte dati: Elaborazione ARPA su dati provenienti dalla Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

## Ondate di calore

Nome indicatore	DPSIR	Fonte dei Dati
Numero delle "ondate di calore"	S	Struttura di Monitoraggio Meteorologico - Centro funzionale del Servizio Protezione Civile

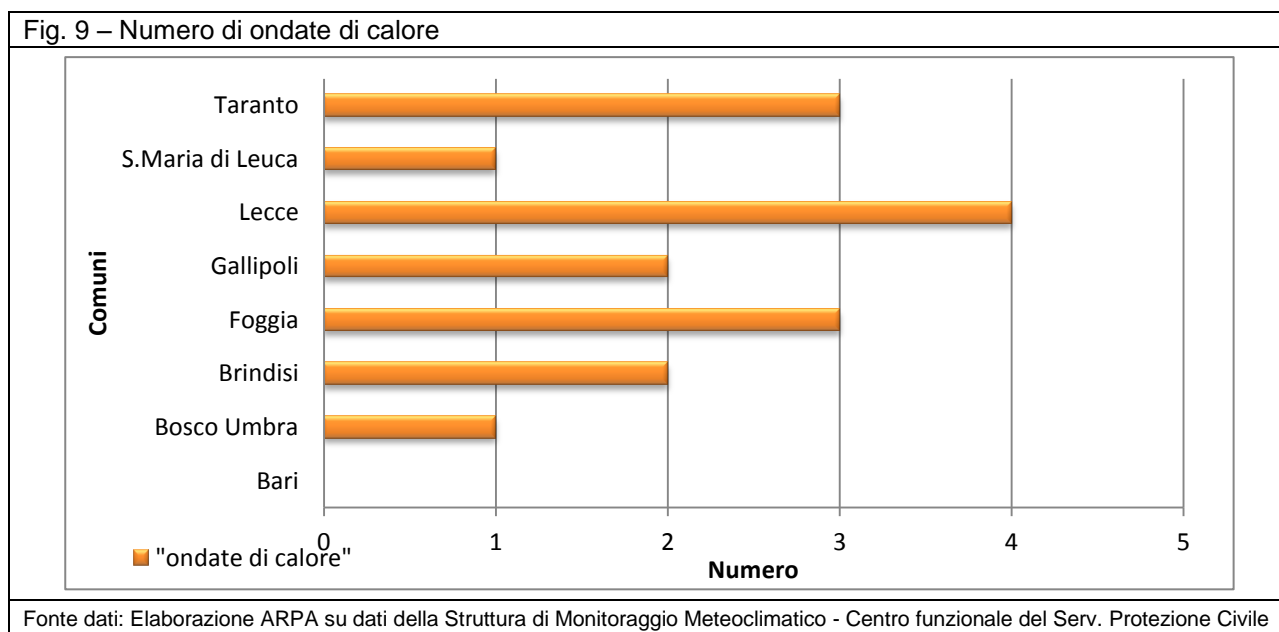
Obiettivo	Disponibilità dei Dati	Copertura		Stato	Trend
		Temporale	Spaziale		
Valutare la situazione di disagio a seguito del verificarsi di eventi di caldo estremo	**	1961 - 2011	R	☹️	-

L'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO, - World Meteorological Organization), non ha formulato una definizione standard di "ondata di calore", tuttavia essa può essere definita come un notevole riscaldamento dell'aria che origina un periodo accompagnato da temperature elevate, o dall'arrivo di anomale onde di aria calda. La Puglia può essere interessata da più onde di calore nell'arco di una stessa stagione estiva, che possono avere un numero variabile di giorni di persistenza in base alle zone sub-climatiche presenti. L'effetto delle ondate di calore sulla salute dell'uomo è relativamente immediato, con una latenza di 1-3 giorni tra il verificarsi di un rapido innalzamento della temperatura ed il conseguente incremento del numero dei decessi. Le ondate di calore, cui è associato il maggior numero di decessi, sono

<sup>4</sup> Risulta dalla differenza in percentuale fra i valori medi mensili ed annui calcolati nel trentennio 1961 - 1990 e i valori registrati nell'anno 2010

quelle più intense e prolungate e quelle che si verificano agli inizi della stagione estiva quando la popolazione non ha ancora attivato adeguati meccanismi di adattamento fisiologico al caldo.

Pertanto la definizione di "ondata di calore" utilizzata in questo documento non considera solo il superamento di una certa soglia di temperatura, ma individua altresì il livello di soglia (dato dalla temperatura del trentennio di riferimento per ogni mese considerato e per ogni località) e la durata dell'evento. Infatti si è definita "ondata di calore" la permanenza di almeno 3 giorni consecutivi con temperature medie diurne superiori a 32°C e con scarto rispetto alla media del triennio 1961 - 1990 di almeno 5°C. I mesi presi in considerazione sono giugno, luglio e agosto 2011 di 8 comuni pugliesi. I risultati ottenuti sono rappresentati in figura 9, dove si può notare la differenza fra il microclima continentale (rappresentato sostanzialmente dai comuni di Lecce e Foggia) dalla fascia litoranea (rappresentata dai comuni prospicienti al mare o situati nelle immediate vicinanze). Il primo presenta ondate di calore più frequenti (uguali o superiori a 3) rispetto al secondo che ne manifesta mediamente 1 o 2, segno dell'effetto mitigatore esercitato dal mare. Il comune di Taranto fa eccezione a quanto sottoscritto, vista la particolare posizione geografica, sottoposta alle ondate di caldo di origine africana.



Lo stato dell'indicatore fornisce l'idea media del disagio nella regione pari a circa 2 ondate di calore medie stagionali, in linea con le attese. La mancanza di dati giornalieri per una serie di dati sufficientemente lunga impedisce l'analisi tendenziale dell'indicatore.

La prevenzione degli effetti negativi delle onde di calore è possibile: ci sono evidenze che alcuni interventi preventivi possano ridurre considerevolmente l'impatto di questi fenomeni. E' importante, pertanto, riferirsi a situazioni previsionali ben documentate; ad esempio, sapere in anticipo che l'ondata di calore sta per arrivare, permette di mirare in maniera ottimale gli interventi preventivi verso le persone a rischio più elevato.