



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2018

ANNO XIV



STATO DELL'AMBIENTE



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2018

ANNO XIV

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Stato dell'Ambiente 88/2019

ISBN 978-88-448-0955-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Franco Desiato, Walter Perconti

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Giugno 2019

Autori

Franco Desiato, Guido Fioravanti, Piero Frascchetti, Walter Perconti, Emanuela Piervitali (ISPRA);
Valentina Pavan (ARPAE).

Contributi e ringraziamenti

La pubblicazione rientra tra le attività del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nell'adempimento dei compiti che le assegna la legge istitutiva in materia di diffusione di dati e informazioni sulle condizioni oggettive e tendenziali dell'ambiente. Essa si basa in gran parte su statistiche e indicatori climatici elaborati attraverso il sistema SCIA, realizzato dall'ISPRA e alimentato grazie alla collaborazione e alle serie di dati, aggiornate al 2018, dei seguenti organismi (tra parentesi, i nominativi dei referenti per il sistema SCIA):

Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;
ARPA: Piemonte (Barbara Cagnazzi, Chiara De Luigi), Valle d'Aosta (Tiziana Magri), Lombardia (Orietta Cazzuli, Erica Brambilla), Friuli Venezia Giulia (Andrea Cicogna), Veneto (Francesco Rech), Liguria (Elisabetta Trovatore, Veronica Bonati), Emilia-Romagna (Valentina Pavan), Sardegna (Alessandro Delitala, Michele Fiori);
Regione Campania, ARPA (Giuseppe Onorati, Antonio D'Ambrosio) e Centro Funzionale di Protezione Civile;
Regione Sicilia, Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano – SIAS (Luigi Neri, Giuseppe Puleo);
Regione Sicilia, Osservatorio delle Acque (Luigi Pasotti);
Regione Marche, Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche – ASSAM (Daniele Sparvoli);
Regione Basilicata, Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura - ALSIA (Emanuele Scalcione);
Regione Lazio, Servizio Integrato Agrometeorologico - ARSIAL (Paolo Onorati, Ruggero Mizzone);
Regione Marche, Centro Funzionale (Maurizio Ferretti, Marco Lazzeri).

Si ringraziano inoltre, per dati e informazioni riportati nel capitolo 2, dati accessibili online e dati non inclusi nel sistema SCIA:

Dipartimento di Protezione Civile Nazionale;
Regione Sicilia, Osservatorio delle Acque;
Centro Funzionale della Regione Marche;
Centro Funzionale - Dipartimento di Protezione Civile della Regione Molise;
Consorzio LaMMA e Servizio Idrologico del Centro Funzionale della Regione Toscana;
Servizio Idrografico Regione Umbria;
Centro Funzionale Multirischi di Protezione Civile – Giunta Regionale della Campania;
Centro Funzionale Regionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta;
ARPA Sardegna, Protezione Civile Regione Sardegna;
ARPA Campania e Centro Funzionale Multirischi di Protezione Civile – Regione Campania;
Centro Funzionale Decentrato Regione Basilicata;
Centro Funzionale Decentrato Regione Basilicata;
ARPA Calabria e Centro Funzionale Multirischi della Regione Calabria;
ARPAE-SIMC Emilia-Romagna;
ARPA Liguria e Centro Funzionale della Regione Liguria ARPAL;
ARPA Piemonte – Dipartimento Servizi Previsionali;
ARPA Lombardia – Servizio Meteorologico Regionale;
Province Autonome di Trento e di Bolzano;
Regione Abruzzo – Servizio Idrografico e Mareografico;
ARPA Veneto Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio;
ARPA Friuli Venezia Giulia - OSMER Osservatorio Meteorologico Regionale.

INDICE

SINTESI.....	6
1. INTRODUZIONE.....	9
2. IL CLIMA NEL 2018.....	10
2.1 Il clima nel 2018 a grande scala.....	10
2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia.....	16
3. TEMPERATURA.....	28
4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE.....	47
5. PRECIPITAZIONE.....	50
6. UMIDITÀ RELATIVA.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	75

SINTESI

Il XIV Rapporto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente "Gli indicatori del clima in Italia" illustra l'andamento del clima nel corso del 2018 e aggiorna la stima delle variazioni climatiche negli ultimi decenni in Italia.

Il rapporto si basa in gran parte su dati e indicatori climatici elaborati attraverso dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.isprambiente.it), realizzato dall'ISPRA in collaborazione con gli organismi titolari delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale. I dati e le informazioni sul clima in Italia vengono trasmessi all'Organizzazione Meteorologica Mondiale e contribuiscono a comporre il quadro conoscitivo sulla evoluzione del clima a scala globale. Le informazioni e i prodotti climatici aggiornati al 2018 derivano da una grande mole di dati rilevati da stazioni densamente distribuite sul territorio nazionale e messi a disposizione da enti nazionali e regionali responsabili del monitoraggio idro-meteo-climatico. Le stime delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo sono invece frutto dell'elaborazione di una selezione di serie temporali che rispondono ai necessari requisiti di durata, completezza e qualità controllata dei dati.

Le caratteristiche salienti del clima in Italia nel 2018 sono state il caldo, con i nuovi record della temperatura media annuale e della media annuale della temperatura minima giornaliera, e gli eventi meteorologici estremi, numerosi ed in alcuni casi eccezionali, che hanno interessato diverse aree del territorio nazionale. Tra di essi, sono di particolare rilievo i fenomeni associati al ciclone denominato "Vaia", che ha investito gran parte del territorio nazionale tra il 27 e il 30 ottobre: venti con intensità medie orarie fino a 120 km/h e raffiche superiori a 200 km/h hanno soffiato insistentemente per diverse ore sulla nostra Penisola, causando, tra l'altro, danni ingenti ed estesi al patrimonio forestale dell'arco alpino; negli stessi giorni, precipitazioni di intensità eccezionale per diverse durate, da un'ora a tre giorni, si sono abbattute sulle regioni del Nord Italia.

Temperatura

Se a scala globale il 2018 è stato il 4° anno più caldo della serie storica dopo il 2016, il 2015 e il 2017, in Italia il 2018 ha segnato il nuovo record di temperatura media annuale, con un'anomalia media di +1.71°C rispetto al valore climatologico di riferimento 1961-1990. Tutti i mesi dell'anno ad eccezione di febbraio e marzo sono stati più caldi della norma, con punte di anomalia positiva nel mese di aprile al Centro (+3.74°C) e al Nord (+3.69°C). Il 2018 è stato il 28° anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma e quattro dei cinque valori più elevati di temperatura media sono stati registrati negli ultimi cinque anni: nell'ordine, oltre al 2018, nel 2015, 2014 e 2016, con anomalie comprese tra +1.34 e +1.60°C.

Un altro elemento saliente della temperatura nel 2018 è stato il nuovo record di anomalia della temperatura minima giornaliera (+1.68°C), che ha superato il precedente record del 2014 (+1.58°C), mentre l'anomalia della temperatura massima del 2018 è risultata la terza di tutta la serie, dopo quelle del 2015 e del 2017. In altre parole, a rappresentare il 2018 come l'anno più caldo della serie storica hanno contribuito in modo particolare le notti più calde. Su base stagionale, l'autunno del 2018 è stato il più caldo della serie storica (anomalia di +2.0°C), superando di poco quello del 2014; la primavera e l'estate sono state rispettivamente la terza e la quinta più calde della serie.

La stima aggiornata del rateo di variazione della temperatura media dal 1981 al 2018 è di $+0.38 \pm 0.05^\circ\text{C} / 10$ anni. Il rateo di variazione della temperatura massima ($+0.42 \pm 0.07^\circ\text{C} / 10$ anni) è maggiore di quello della temperatura minima ($+0.35 \pm 0.05^\circ\text{C} / 10$ anni). Su base stagionale i trend di aumento della temperatura più forti si registrano in primavera e in estate ($+0.50 \pm 0.10^\circ\text{C} / 10$ anni).

Analogamente a quella dell'aria, nel 2018 la temperatura superficiale dei mari italiani è stata nettamente superiore alla norma. Con un'anomalia media di +1.08°C rispetto al valore climatologico di riferimento, il 2018 si colloca al secondo posto dell'intera serie storica, dopo il 2015. L'anomalia media è stata positiva in tutti i mesi dell'anno; gli scostamenti più elevati dai valori normali sono stati registrati in primavera e in estate, con un picco nel mese di agosto (+2.2°C).

Per quanto riguarda gli indici di estremi di temperatura, il 2018 si colloca all'8° posto tra gli anni con

indice dei “periodi caldi” (WSDI) più elevato ed è il 23° anno consecutivo in cui i periodi caldi sono state più lunghi o frequenti della media climatologica. Tra gli altri indici, si conferma che le notti e i giorni freddi mostrano una chiara tendenza a diminuire mentre i giorni e le notti calde mostrano una chiara tendenza ad aumentare; il 2018 ha fatto registrare il secondo valore più alto di notti calde (TN90p), il terzo valore più basso di notti fredde (TN10p), il quarto valore più basso di giorni freddi (TX10p) e il sesto valore più alto di giorni caldi (TX90p). Negli ultimi 5 anni sono stati registrati i 5 valori più bassi di giorni freddi di tutta la serie. L’analisi di questi indici mostra in sintesi che il 2018 non è stato contrassegnato da periodi particolari di caldo estremo né da valori di picco eccezionali, ma che il record di temperatura media annuale è il risultato di anomalie termiche positive distribuite nelle diverse stagioni e con un contributo di rilievo delle ore notturne.

Precipitazione

In Italia nel 2018 le precipitazioni in media sono state moderatamente superiori ai valori climatologici normali. L’andamento nel corso dell’anno è stato tuttavia piuttosto altalenante e mesi molto piovosi si sono alternati ad altri più secchi. Marzo, maggio e ottobre sono stati caratterizzati da piogge abbondanti, estese a tutto il territorio nazionale, mentre ad aprile, settembre e soprattutto dicembre le piogge sono state scarse in tutte le regioni. Al Nord il mese relativamente più piovoso è stato ottobre (anomalia media + 87%), seguito da marzo (+62%) e maggio (+40%); al Centro i mesi relativamente più piovosi sono stati marzo (+131%), maggio (+105%) e febbraio (+60%); al Sud i mesi estivi: agosto (nettamente più piovoso della media: +275%), giugno (+226%) e maggio (+132%). I mesi più secchi rispetto alla norma sono stati dicembre (soprattutto al Nord, anomalia di -66%), settembre, aprile e, limitatamente al Centro al Sud, gennaio. Su base annuale le anomalie positive di precipitazione sono state particolarmente elevate sull’arco alpino occidentale, sulla Liguria di ponente, sulla Calabria e sulla Sardegna, dove localmente le cumulate annuali sono state anche più del doppio dei valori normali di riferimento. In alcune aree del Nord (tra cui parte dell’Emilia e del Friuli Venezia Giulia) e del Centro (Toscana settentrionale, Umbria orientale) le precipitazioni sono state invece inferiori alla norma (fino a -25% circa).

Con un’anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di +18% circa, il 2018 si colloca all’8° posto tra gli anni più piovosi della serie dal 1961. Le precipitazioni sono state superiori alla norma soprattutto al meridione e sulle Isole, dove l’anomalia annuale del 2018 (+29%) risulta essere la quarta più elevata di tutta la serie. Su base stagionale, sia l’estate (anomalia media +62%) che la primavera (+38%) del 2018, si collocano al terzo posto tra le più piovose dell’intera serie dal 1961; anomalie più contenute, ma sempre positive, per l’autunno e l’inverno.

Dall’analisi statistica dei trend della precipitazione cumulata annuale nel periodo 1961-2018 non emergono tendenze statisticamente significative.

Anche nel 2018 non sono mancati eventi di precipitazione intensa, di durata più o meno breve.

I valori più elevati di precipitazione giornaliera sono stati registrati il 27 ottobre in Liguria e il 28 ottobre in Friuli Venezia Giulia. Sulle Dolomiti Friulane diverse stazioni pluviometriche hanno registrato precipitazioni cumulate comprese tra 300 e 400 mm, con un massimo di 406 mm a Casera Pradut (PN). In Liguria le precipitazioni giornaliere più elevate sono risultate comprese tra 250 e 300 mm, con una punta di 307 mm a Cabanne (GE). Un’altra area che ha registrato precipitazioni giornaliere abbondanti è la Calabria ionica, dove il 4 ottobre diverse località hanno ricevuto più di 200 mm di precipitazione, con una punta di 340 mm registrata dalla stazione di Cenadi-Serralta. La precipitazione massima oraria (99.4 mm) è stata invece registrata il 16 settembre a Sparone (TO), in occasione di eventi temporaleschi particolarmente intensi. Sempre in Piemonte, il 4 luglio sono stati registrati 90.6 mm in un’ora a Varallo.

Riguardo agli indici climatici rappresentativi delle condizioni di siccità, il valore più elevato del numero di giorni asciutti nel 2018 si registra a Ustica (317 giorni); valori elevati di questo indice si registrano anche sulle coste centrale e meridionale adriatica, ionica e della Sicilia meridionale ed in Pianura Padana. Un altro indice di siccità è il numero massimo di giorni consecutivi nell’anno con precipitazione giornaliera inferiore o uguale a 1 mm. I valori più alti si registrano nella Sardegna settentrionale (fino a 90 giorni secchi consecutivi), seguita dalla Sicilia sud-occidentale e dalla Sardegna occidentale (fino a 60 giorni secchi consecutivi). Nel resto del territorio nazionale i giorni

secchi consecutivi sono stati relativamente bassi (quasi ovunque inferiori a 40), a conferma di un anno in media, sia pur moderatamente, più piovoso della norma.

1. INTRODUZIONE

Con questa XIV edizione prosegue la pubblicazione regolare del rapporto annuale sul clima in Italia, promossa e avviata dal sistema delle agenzie ambientali nel 2006. In esso sono raccolti e presentati i principali elementi che hanno caratterizzato il clima nell'ultimo anno, confrontandoli anche, laddove possibile, con i valori climatologici normali e con il loro andamento negli ultimi decenni. Per favorire l'elaborazione, la rappresentazione e la diffusione di indicatori sul clima in Italia, l'ISPRA ha realizzato e gestisce da tempo il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA) [1, 2, 3, 4]; il sistema SCIA viene attualmente alimentato con i dati e grazie alla collaborazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, di numerose Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) e di diversi enti delle Regioni e delle Province Autonome. Mediante l'elaborazione delle serie temporali di dati misurati da diverse reti di osservazione, il sistema SCIA rende disponibili i valori giornalieri, decadal, mensili e annuali e i valori climatologici normali di diverse variabili meteoclimatiche.

Gli indici e indicatori climatici sono calcolati, aggiornati annualmente e sottoposti a controlli di validità con metodologie omogenee e condivise con gli organismi titolari dei dati. Le informazioni prodotte da SCIA sono accessibili attraverso un sito web dedicato, all'indirizzo: www.scia.isprambiente.it. I criteri generali adottati per il calcolo e la rappresentazione degli indicatori climatici sono dettati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) [5], mentre per una descrizione dei controlli di validità dei dati di ingresso e degli indicatori calcolati attraverso il sistema SCIA, si rimanda a documenti specifici [6, 7].

Alcuni prodotti climatici spazializzati presentati nel rapporto sono arricchiti da dati delle reti che fanno capo ai Centri Funzionali regionali, grazie alla collaborazione tra il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, in materia di monitoraggio del clima, prevenzione del rischio climatico e adattamento ai cambiamenti climatici.

Le statistiche e gli indici climatici dell'anno 2018 sono derivati complessivamente dalle osservazioni di circa 1000 stazioni distribuite sull'intero territorio nazionale.

Le stime aggiornate delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo, attraverso indicatori rappresentativi dell'andamento dei valori medi e degli estremi delle variabili climatiche, si basano invece sui dati di un numero ridotto di stazioni, che rispondono ai necessari requisiti di durata, completezza e qualità delle serie temporali. Nel rapporto vengono utilizzati prevalentemente i valori climatologici normali [8] riferiti all'ultimo trentennio "principale" (1961-1990); questa scelta deriva sia dall'indicazione dell'OMM relativa alla stima delle variazioni climatiche nel medio e lungo periodo, sia dalla maggiore disponibilità di dati rispetto ai trentenni di riferimento più recenti.

Le stime delle variazioni di temperatura (sia degli indicatori dei valori medi che degli estremi) riportate nel rapporto di quest'anno, si basano su un nuovo set di dati, più esteso rispetto a quello utilizzato negli anni passati; inoltre, le stime sono state effettuate applicando metodi più avanzati di omogeneizzazione delle serie temporali [9, 10]. Di conseguenza, le nuove serie di anomalia media in Italia degli indici di temperatura differiscono lievemente da quelle presentate fino all'ultimo rapporto annuale, pur restando sostanzialmente inalterate le stime delle variazioni nel lungo periodo.

Il rapporto è articolato in 6 capitoli. Il capitolo 2 descrive sinteticamente gli aspetti salienti del clima nel 2018, dapprima a scala globale e poi a scala sinottica, con particolare riguardo agli elementi che hanno influenzato l'andamento delle temperature e delle precipitazioni in Italia nel corso dell'anno. Nella seconda parte del capitolo vengono riportate le principali caratteristiche delle condizioni del tempo in Italia mese per mese e in particolare gli eventi meteorologici di rilievo, per i quali viene fornita una breve descrizione dei fenomeni e di eventuali impatti locali. I capitoli successivi sono dedicati ciascuno ad una variabile climatica. La prima parte di ogni capitolo illustra sinteticamente gli indicatori dell'anno 2018, anche in termini di scostamenti dai valori climatologici normali; la seconda, per quanto possibile in base al popolamento delle serie storiche, riporta e aggiorna con i valori del 2018 gli indicatori attraverso i quali è possibile stimare la variabilità e le tendenze del clima nel lungo periodo. Per una descrizione dei criteri di selezione delle serie temporali e dei metodi e modelli statistici applicati per la stima della variabilità climatica si rimanda ai riferimenti bibliografici e in particolare ai rapporti ISPRA - Serie "Stato dell'Ambiente" [11, 12, 13].

2. IL CLIMA NEL 2018

2.1 Il clima nel 2018 a grande scala

Il 2018 a livello globale è stato il quarto anno più caldo, sia della serie di temperature sulla terraferma che di quella sugli oceani, con 11 mesi su 12 tra i 5 più caldi dall'inizio delle osservazioni. Nei primi mesi dell'anno è stata presente sul Pacifico tropicale un'anomalia positiva delle temperature superficiali del mare di tipo La Niña; a partire da aprile, quando tale oscillazione è entrata in fase neutra, l'anomalia non è stata più osservata. Ciò ha reso inizialmente gli oceani in grado di assorbire in modo più efficiente della norma il calore sviluppato in atmosfera. In generale, la serie delle temperature medie globali presenta un trend in aumento molto marcato, mediamente più intenso sui continenti dell'Emisfero nord e meno intenso sugli oceani dell'Emisfero australe. È interessante notare che nel periodo 1880-1980 la temperatura globale raggiungeva un nuovo record positivo circa ogni 13 anni, mentre dal 1981 questo è accaduto in media ogni 3 anni, e in successione per tre anni di seguito nel 2014, 2015 e 2016. Nel 2018 l'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma è stata di 0.98°C rispetto al periodo 1961-1990 (**figura 2.1**) e i nove anni più caldi della serie sono stati registrati dal 2005 in poi.

Nella **figura 2.2** è riportata una sintesi dei principali eventi che hanno caratterizzato il clima a scala globale nel corso del 2018. Le regioni più calde, dove sono stati registrati valori record di temperatura mensile o annuale, sono state quelle dell'Asia nord-orientale, dell'Alaska, dell'Asia Minore e dell'Europa. L'Asia centrale, il Canada centro-orientale e il centro-nord degli Stati Uniti sono stati invece interessati da anomalie termiche negative. Sugli oceani le anomalie positive più intense sono state osservate nel Pacifico settentrionale, nell'Atlantico centro-settentrionale e nel Mar di Norvegia; quelle negative nel Pacifico equatoriale orientale, in corrispondenza delle anomalie di tipo La Niña, e nel settore orientale dell'Atlantico a quasi tutte le latitudini.

In Europa il 2018 è stato l'anno più caldo dall'inizio misurazioni, con 8 mesi dell'anno tra i 3 più caldi delle rispettive serie storiche. In particolare, il 2018 è stato il più caldo in Francia (inizio misurazioni: 1900), in Germania (dal 1881) e in Svizzera (dal 1864), con valori medi sul territorio nazionale pari rispettivamente a 13.9°C, 10.4°C e 6.9°C. In Olanda e in Danimarca, invece, il 2018 è stato il secondo anno più caldo dall'inizio delle misurazioni.

Nel 2018 l'estensione massima della calotta artica ha registrato il secondo valore più basso della serie e la sua estensione minima il sesto valore più basso. In Antartide, l'estensione massima dei ghiacci marini è stata la quarta più bassa della serie, e l'estensione minima è stata la seconda più bassa della serie.

Come lo scorso anno, la stagione degli uragani atlantici ha presentato un'attività nettamente superiore alla media. Gli uragani più intensi della stagione sono stati due: Florence, nella prima metà di settembre, e Michael, nella seconda settimana di ottobre. Florence ha attraversato tutto l'Atlantico equatoriale per poi investire Nord e Sud Carolina negli Stati Uniti, portando piogge record e causando gravi danni; Michael si è sviluppato nel Golfo del Messico ed è stato il terzo uragano più intenso ad approdare sulle coste americane, se si tiene conto del valore del minimo di pressione e il quarto più intenso se si tiene conto della forza del vento (massimi di circa 250 km/h).

La mappa dell'anomalia media annuale del geopotenziale a 500 hPa (Z500, **figura 2.3**) per l'area Euro-Atlantica mostra, per il 2018, la presenza di intense anomalie positive di Z500 sulla Penisola Scandinava e l'Europa orientale, mentre la Penisola Iberica, il Mediterraneo occidentale e l'Africa nord-occidentale sono state interessate da anomalie negative. È interessante notare inoltre che queste anomalie sono opposte a quelle osservate nell'anno precedente. Sull'Atlantico, invece, le anomalie di Z500 indicano una netta intensificazione e uno spostamento a nord del jet atlantico, corrispondenti ad un'anomalia nettamente positiva della Oscillazione Nord Atlantica, che in 10 mesi su 12 è stata positiva e ha registrato un valore medio annuale di 1.09, di gran lunga il valore più alto dall'inizio delle rianalisi della NOAA; nel periodo 2010-2018 è stato osservato il massimo incremento medio di questo indice.

Anche in Italia, il 2018 è stato l'anno più caldo dall'inizio delle osservazioni (**figura 2.1**), con

un'anomalia della temperatura media rispetto al trentennio 1961-1990 di 1.71°C. La temperatura media superficiale dei mari italiani è stata la seconda più elevata della serie dopo il 2015, con un'anomalia media annuale di 1.08°C, rispetto al periodo 1961-1990. La configurazione delle anomalie di larga scala ha inoltre posto l'Italia mediamente all'uscita del jet atlantico, convogliando sulle nostre regioni precipitazioni superiori alla media. Tuttavia, come gli anni precedenti, il 2018 è stato caratterizzato da un andamento altalenante delle piovosità mensili: mesi molto piovosi si sono alternati ad altri più secchi. Marzo, maggio e ottobre sono stati caratterizzati da piogge abbondanti, estese a tutto il territorio nazionale, mentre aprile, settembre e soprattutto dicembre sono stati scarsi di pioggia in tutte le regioni. L'anno si è quindi chiuso nella quasi totale assenza di neve sulle Alpi, a causa della combinazione di anomalie termiche positive e precipitazione inferiore alla media, con gravi conseguenze per il turismo alpino e la ricarica delle falde profonde.

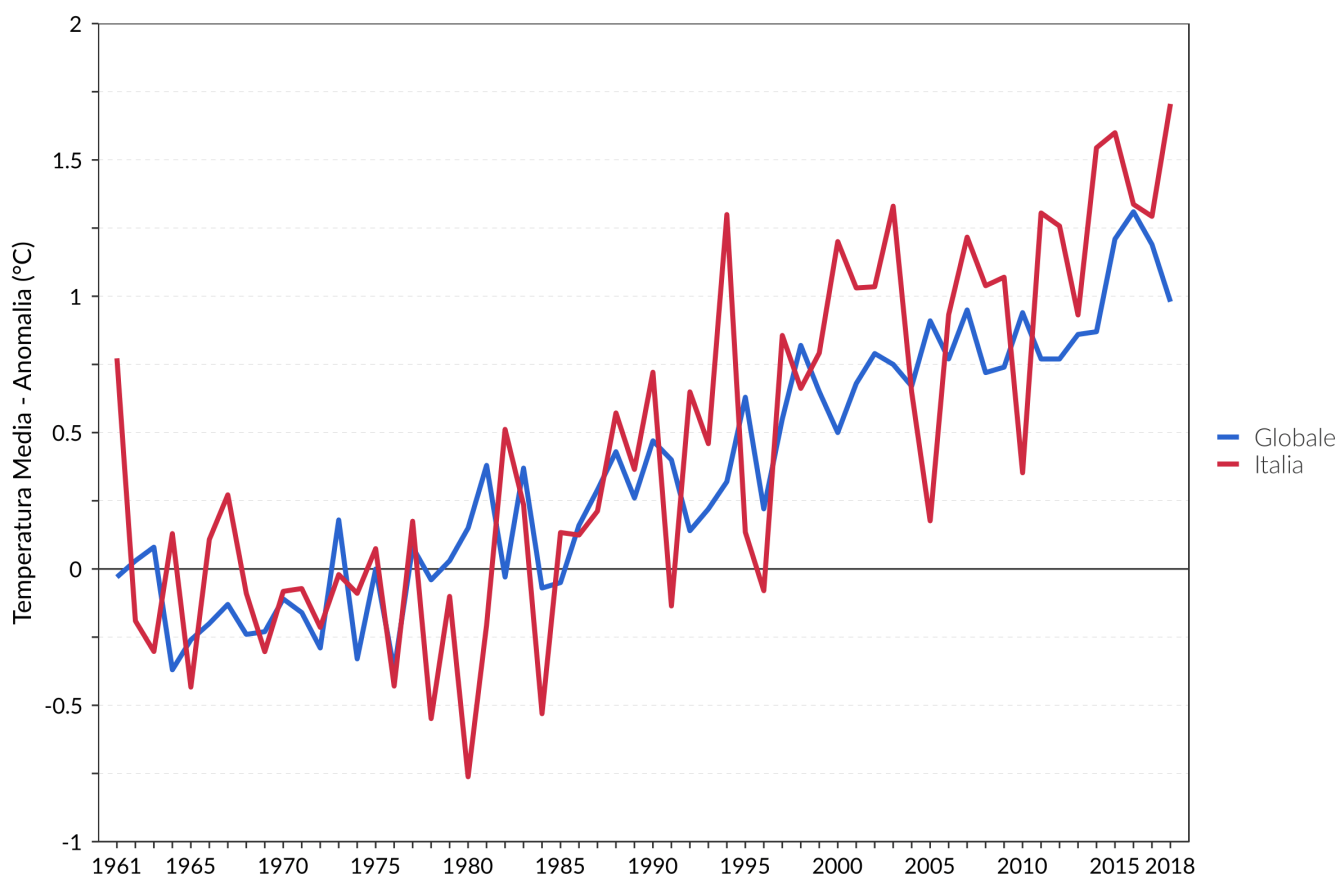


Figura 2.1: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

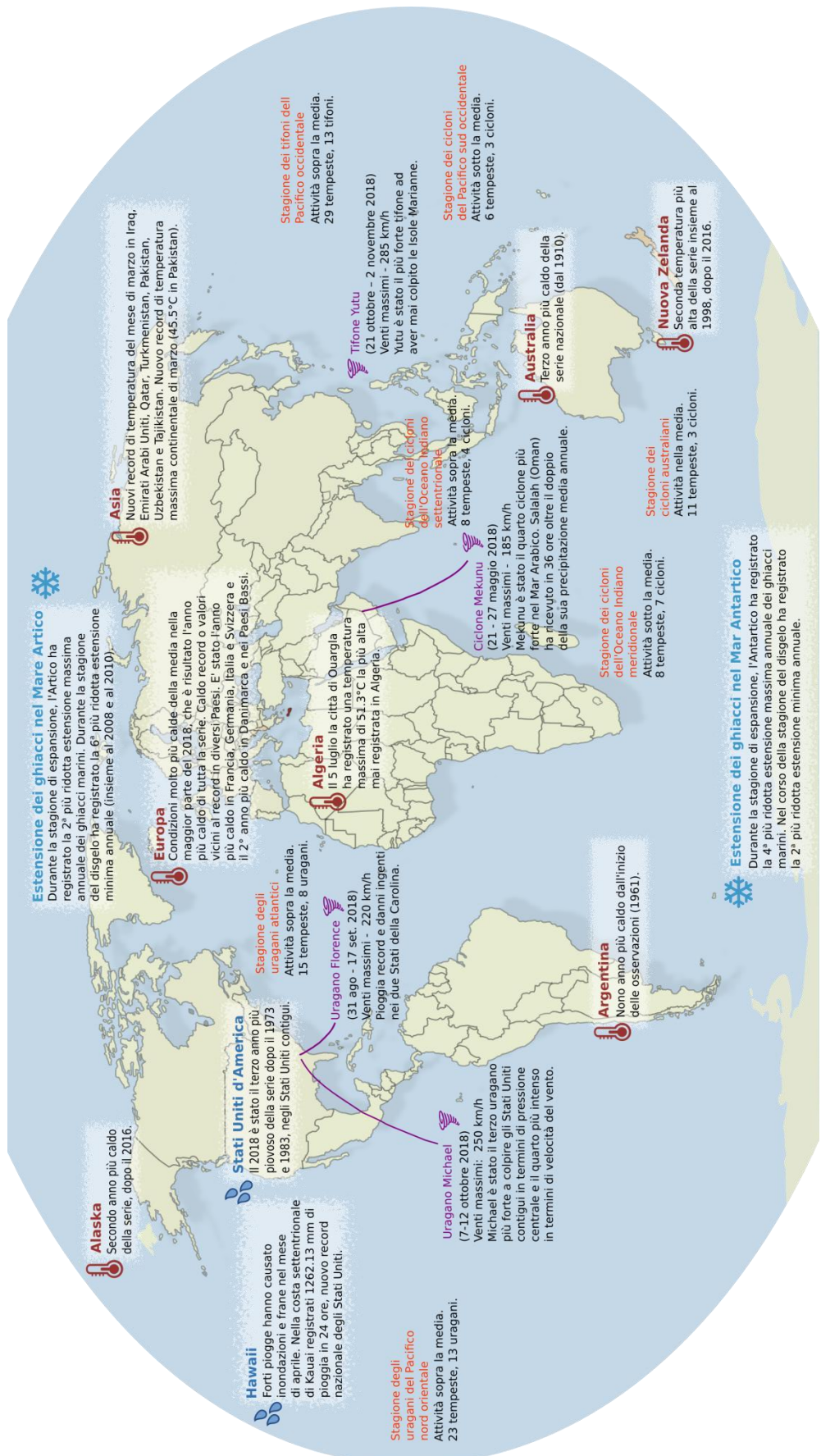


Figura 2.2: Sintesi delle principali anomalie climatiche globali verificatesi nel corso del 2018. Fonte: NOAA. Elaborazione: ISPRA.

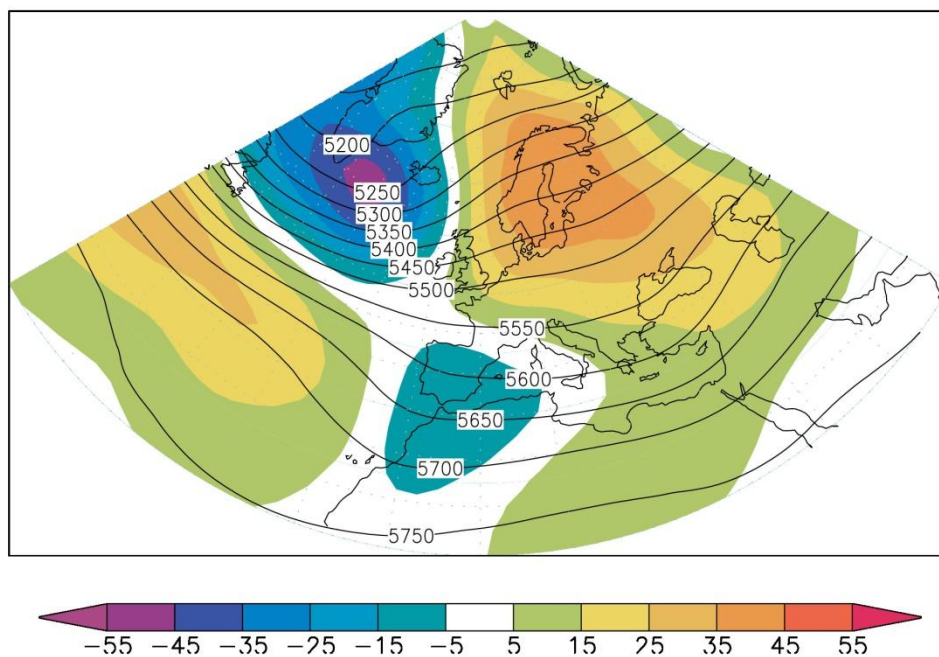


Figura 2.3: Mappa del geopotenziale medio annuale 2018 a 500 hPa. L'intervallo tra le isolinee è 50 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2018 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.

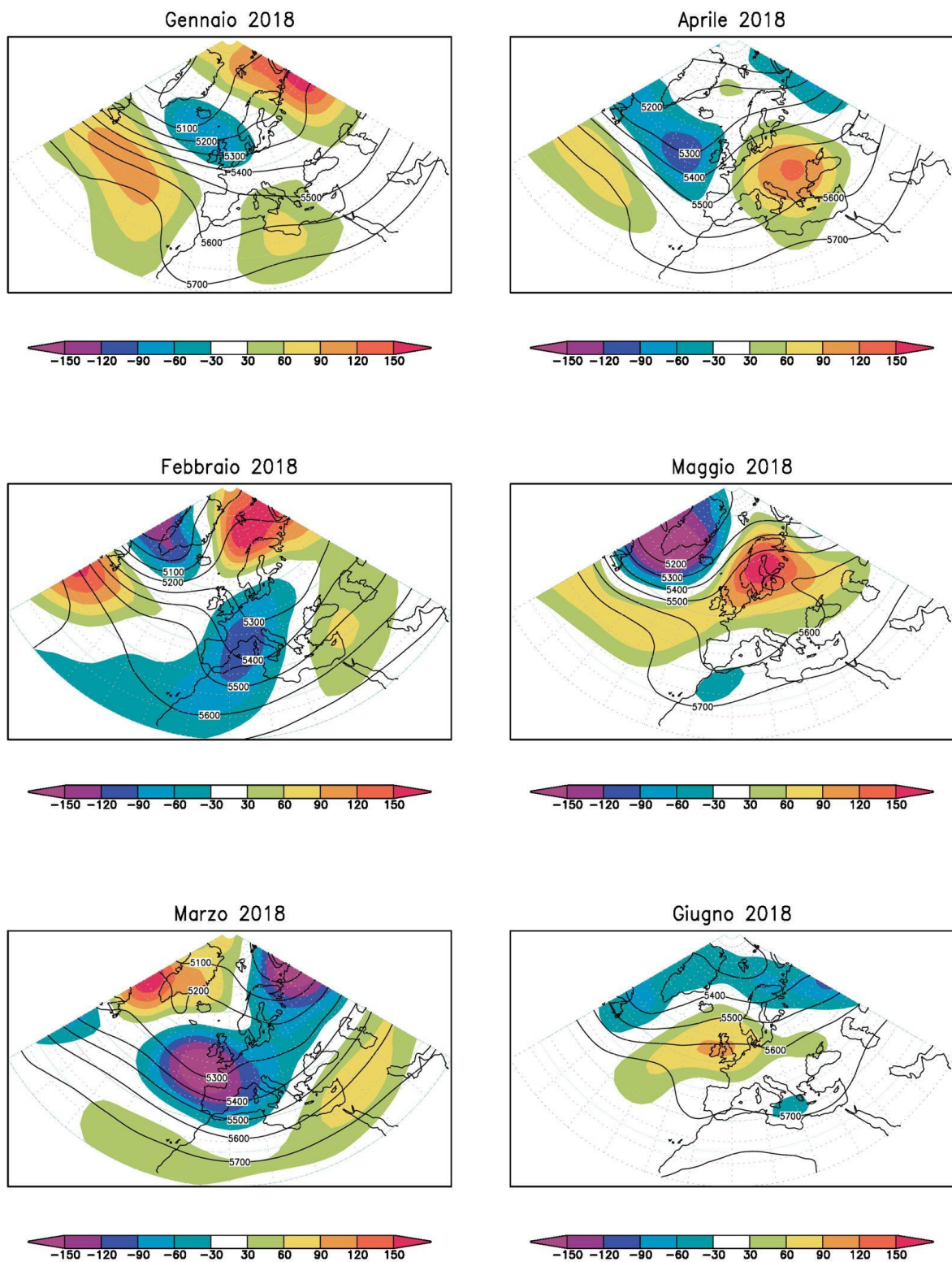


Figura 2.4a: Mappa del geopotenziale medio mensile a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2018 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.

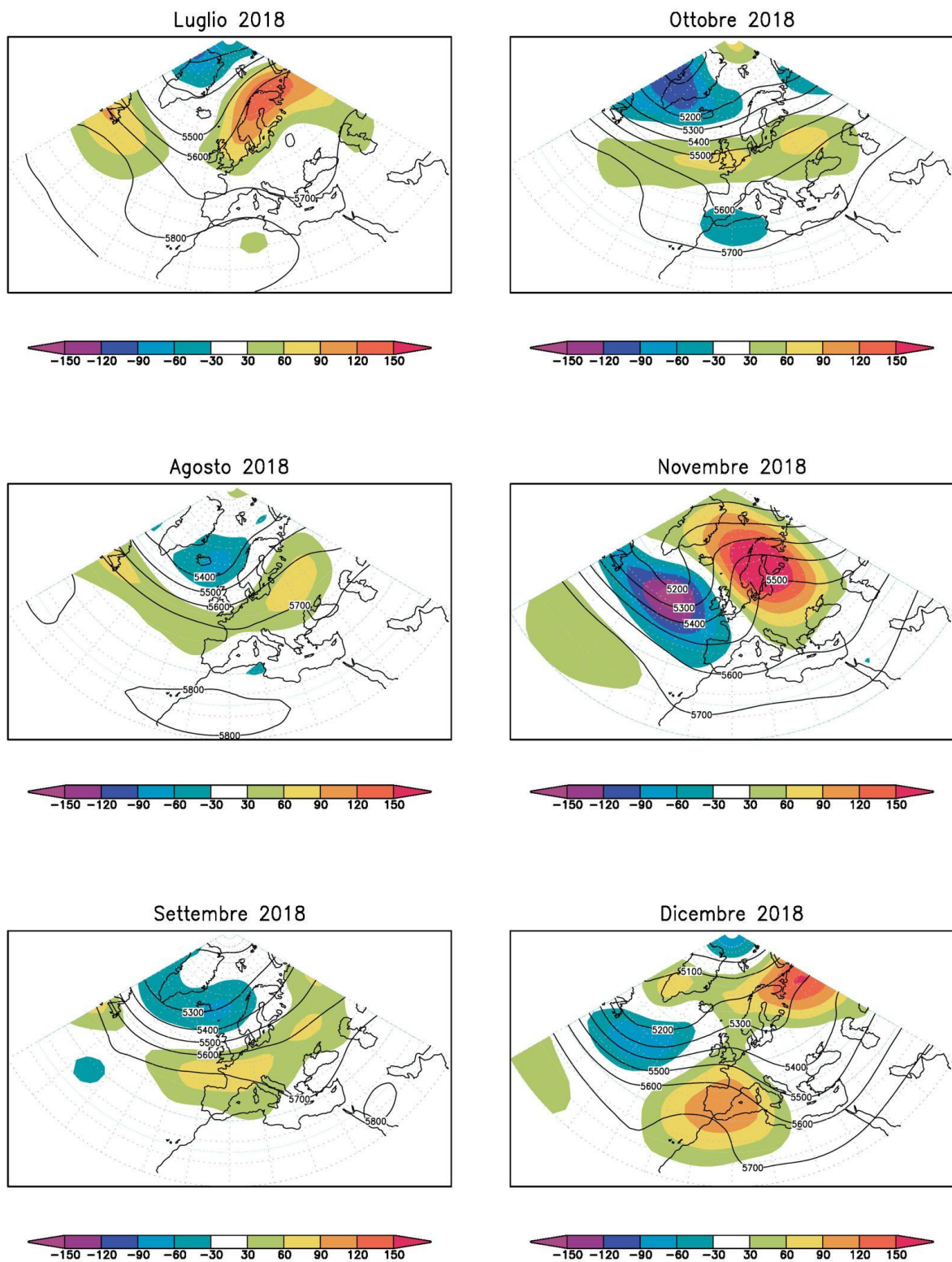


Figura 2.4b: *Mappa del geopotenziale medio mensile a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2018 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.*

2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia

Inverno

La mappa di anomalia media di geopotenziale a 500 hPa (Z500) per il mese di gennaio 2018 (**figura 2.4a**) presenta un'ampia fascia longitudinale di anomalia positiva dall'Atlantico fino all'estremità orientale del Mediterraneo (già instauratasi nel corso dell'ultima decade di dicembre 2017) e un minimo di anomalia negativa di Z500 tra le Isole britanniche e l'Islanda. Questa configurazione indica uno spostamento a nord del jet atlantico e un flusso medio sulla nostra penisola con direzione prevalente da nord-ovest e da ovest, che ha favorito un'anomalia negativa di precipitazione sull'Italia centro-meridionale, dove il 2018 è iniziato in una situazione di siccità. Condizioni particolarmente gravi si sono verificate al termine del mese in Sicilia, dove ad inizio febbraio è stato dichiarato lo stato di emergenza in relazione alla crisi di approvvigionamento idrico ad uso idropotabile nel territorio della provincia di Palermo.

Le regioni settentrionali, invece, si sono trovate ai confini meridionali dell'area di uscita del jet atlantico e sono state interessate da precipitazioni frequenti, associate a successivi passaggi frontali che hanno fatto oscillare il livello dello zero termico tra valori tipici invernali e primaverili; l'anomalia di temperatura media mensile in queste regioni è stata positiva. Sulle Alpi, in quota, le precipitazioni sono state nevose e hanno raggiunto spessori nettamente superiori alla media climatica, ma le frequenti ed ampie oscillazioni dello zero termico hanno reso la condizione del manto nevoso particolarmente instabile nel corso del mese di gennaio in diverse aree dell'arco alpino: i Servizi di Prevenzione Valanghe hanno emesso bollettini di rischio massimo (grado 5 molto forte) che hanno portato alla chiusura di strade di valle già a partire dai primi giorni del mese. In molte valli si è assistito al distacco spontaneo di valanghe di grandi dimensioni; tra di esse, le valanghe in Alta Val Venosta (**figura 2.5**), che hanno travolto una casa, e quelle in Valle d'Aosta, che hanno provocato danni a linee elettriche e telefoniche, alla viabilità di fondovalle, ad alpeggi e abitazioni. Un primo censimento dei fenomeni valanghivi per l'intera stagione invernale 2017-2018 in questa regione individua circa 800 valanghe osservate, di cui 30 nuove e un centinaio di dimensioni maggiori rispetto al passato. In Piemonte la stagione 2017-2018 si è collocata al secondo posto per numero di incidenti valanghivi, dopo la stagione 2012-2013.

A partire dall'8 gennaio una saccatura si è approfondita sulla Spagna e si è trasformata in un minimo isolato, centrato tra il Nord Africa e la Sardegna, che ha determinato un forte flusso sciroccale con avvezione d'aria mite sulla nostra penisola. I venti da sud hanno trasportato fino alle Alpi la sabbia del Sahara e la neve in molte regioni si è colorata di una sfumatura rosa. La relativa stazionarietà del sistema perturbato e le correnti sciroccali hanno determinato in Piemonte precipitazioni cumulate decisamente rilevanti per il periodo, con temperature al di sopra della media stagionale e neve a quote medio-alte. I valori maggiori di precipitazione cumulata sull'evento si sono avuti nelle province di Verbania, Vercelli, Biella e Torino: il più alto (464 mm in 72 ore tra il 7 ed il 9 gennaio) è stato registrato presso la stazione di Piano Audi (Corio, TO). In Piemonte, l'8 gennaio è così risultato il giorno invernale più piovoso dal 1958 ad oggi, con totali giornalieri che hanno raggiunto il valore massimo di 273.6 mm presso la stazione di Viù Centrale Fucine (TO), dove sono stati registrati anche i massimi di intensità di pioggia per diverse durate: 30.2 mm in 1 ora, 84.4 mm in 3 ore, 137.0 mm in 6 ore e 184.2 mm in 12 ore. Le intensità per le durate di 6, 12 e 24 ore corrispondono a tempi di ritorno di oltre 50 anni.

Il 9 gennaio la provincia di Trento è stata interessata da temporali con precipitazioni abbondanti: i 41 fulmini rilevati rappresentano il record giornaliero dall'inizio delle misurazioni (2001).

In Sicilia le correnti da sud hanno determinato eventi di fohn sulle aree tirreniche, che hanno reso la prima decade di gennaio una delle più calde di sempre: localmente sono stati toccati 25°C e a Palermo Punta Raisi è stato eguagliato il precedente record di temperatura massima di gennaio (24.1°C).

Nel mese di febbraio il jet atlantico si è spostato ad ovest, come si può rilevare dalla mappa di anomalia di geopotenziale a 500 hPa (figura 2.4a). Le nostre regioni sono state interessate da una anomalia fredda, mentre sulla parte più settentrionale della Penisola scandinava e sul mare di Barents, hanno prevalso condizioni di alta pressione. Questa anomalia a grande scala è il riflesso di un improvviso ed intenso riscaldamento stratosferico (sudden stratospheric warming o strat warming) associato alla rottura del vortice polare, con conseguente irruzione sulle nostre regioni di aria gelida

artica dalla Russia nord-occidentale. A causa di questo evento in Europa il mese di febbraio del 2018 è stato il più freddo dal 2012, altro anno caratterizzato da un'improvvisa rottura del vortice polare. In Italia, su tutto il territorio nazionale, sono state osservate anomalie termiche medie mensili negative.

Questa configurazione ha riportato le piogge sulle regioni centro-meridionali, mentre sulle regioni settentrionali la piovosità si è avvicinata ai valori medi di riferimento. La Sicilia è stata interessata da una serie di perturbazioni che si sono susseguite con brevi pause, tanto da far registrare una media di 15 giorni piovosi nel mese, con punte di oltre 21 giorni nel Messinese. Ciò ha consentito di avviare un netto recupero del deficit pluviometrico accumulato in precedenza. Su una vasta area del Trapanese il 6 febbraio sono state registrate precipitazioni cumulate tra 120 e 150 mm in poche ore (con intensità massima oraria di 73 mm/h), che hanno comportato allagamenti ed esondazioni di torrenti nell'area di Castelvetrano e nel bacino del Belice.

Al Nord, il mese di febbraio si è aperto con una nevicata sull'Appennino settentrionale, estesa fino alla pianura. In Emilia-Romagna le temperature relativamente miti hanno reso la neve pesante, causando numerosi danni alle infrastrutture e disagi prolungati per più settimane, tra cui l'interruzione dell'erogazione dell'energia elettrica, che ha coinvolto circa 12 mila utenze in tutta la regione, e localmente dell'erogazione di acqua potabile.

La terza decade di febbraio è stata invece caratterizzata da intense anomalie termiche negative sulle regioni centro-settentrionali, a causa del forte episodio di strat warming precedentemente menzionato. In Piemonte, la terza decade di febbraio è stata la seconda più fredda degli ultimi 60 anni (dopo quella del 1991), con una temperatura media di quasi 5°C inferiore alla norma del periodo. In Lombardia, a Passo del Foscagno (SO), le temperature minime hanno raggiunto -26°C. In Trentino, le temperature sono scese a valori tra -5°C e -10°C nelle valli, ma si sono abbassate fino a -15°C a quote superiori ai 1000 m slm, mentre in provincia di Bolzano, in alta montagna, sono stati raggiunti minimi di -31.9°C e -31.8°C, rispettivamente in Val Senales (3320 m slm) e sulla Cima Libera (3400 m slm), prossimi ai record di temperatura minima di febbraio 2012. In Veneto, le temperature sono scese a valori minimi compresi tra -15 e -20°C nelle valli e fino a circa -30°C in alta quota (Marmolada -29.9°C), mentre in pianura è gelato ovunque con punte minime tra -6 e -8°C. In Friuli Venezia Giulia, i termometri sono scesi a -25°C al Valico di Fusine e in molte località di pianura si sono osservate temperature inferiori a -10°C. Temperature decisamente sotto zero anche in Liguria, con il record negativo di -17°C a Poggio Faerza, e in Toscana, dove il 28 febbraio la temperatura è scesa fino a -9°C a Firenze e a Grosseto e fino a -10°C a Siena; valori ancora più bassi, fino a -13°C -14°C, sono stati registrati nei fondovalle del Chianti e del Senese. Nei giorni successivi ha nevicato diffusamente anche a quote di bassa collina e in pianura, ma i maggiori disagi sono stati determinati da estesi e prolungati fenomeni di pioggia congelantesi al suolo (gelicidio) su aree molto estese delle province di Firenze, Prato, Pistoia, parte di quelle di Pisa, e Arezzo e sulla Lunigiana.

Primavera

L'anomalia termica associata alla rottura del vortice stratosferico ha influenzato anche la temperatura media di marzo, causando la persistenza di una netta anomalia fredda su gran parte dell'Europa e del Mediterraneo centro-occidentale e provocando un abbassamento ed un'estensione del jet atlantico verso l'Europa sud-occidentale. In Europa il mese di marzo è stato il più freddo dal 2013 e i totali mensili di precipitazione sull'area del Mediterraneo sono stati da 2 a 5 volte superiori ai corrispondenti valori climatologici.

In Italia le anomalie termiche sono state negative ovunque e le piogge superiori alla media e particolarmente copiose sulle regioni centrali, dove mediamente sono state più del doppio dei valori climatici.

Ad aprile un'anomalia mensile positiva di Z500 centrata sui Balcani ha determinato un'ondata di calore di eccezionale durata e intensità che ha interessato l'Europa Centrale, con temperature massime record in Francia. In Italia è stato registrato un calo drastico delle precipitazioni e un aumento delle temperature, ovunque ampiamente superiori alla norma.

Il mese di maggio è stato caratterizzato da una marcata anomalia positiva della Oscillazione Nord Atlantica, il cui indice (NAO) ha registrato un valore medio mensile pari a 2.0; contemporaneamente, la presenza di un'intensa anomalia positiva di Z500 sulla Penisola scandinava ha determinato l'instaurarsi di condizioni di blocco atmosferico su gran parte dell'Europa nord-orientale. Il maggio del 2018 è stato il più caldo in Europa dall'inizio delle misurazioni (1910), con un'anomalia termica che ha raggiunto o superato 2°C. La configurazione a grande scala ha favorito anomalie termiche

positive anche in Italia, più pronunciate sulle regioni orientali; frequenti eventi convettivi hanno determinato precipitazioni mensili nettamente superiori alle medie climatiche in tutte le regioni. In particolare, in Piemonte il maggio del 2018 è stato il 7° più piovoso degli ultimi 60 anni, con una precipitazione cumulata mensile di oltre il 60% superiore a quella di riferimento 1971-2000.

L'unico evento di rilievo nel corso della primavera si è verificato a fine stagione, tra il 27 e il 28 maggio, quando un temporale ha colpito le Alpi e le Prealpi Lombarde, scaricando 104 mm a Cassina Valsassina Moggio (LC) e 90.0 mm a Valtorta (BG).

Estate

La configurazione a grande scala del mese di maggio si è prolungata nei tre mesi estivi, con un'anomalia positiva di Z500 a nord delle Alpi. Il jet atlantico si è spostato verso latitudini maggiori, con massimi centrati sull'Europa nord-orientale a luglio e centro-orientale a giugno ed agosto, di intensità diversa nei vari mesi.

Al Nord e al Centro Italia il mese di giugno è stato caratterizzato da precipitazioni nella media e da temperature nettamente superiori alla media. Al Sud le precipitazioni sono state abbondanti e le temperature nella media.

Il 7 giugno in Piemonte, nel bacino del Rio delle Foglie a Bussoleno (TO) in bassa Valle di Susa, a seguito di un intenso temporale si è verificata una colata detritica che ha raggiunto il centro abitato (**figura 2.6**). L'evento è stato favorito dallo stato di saturazione dei suoli, sottoposti a precipitazioni abbondanti per tutto il mese precedente e dalla ridotta permeabilità dei suoli a causa dagli incendi boschivi dell'ottobre 2017.

Tra l'11 e il 14 giugno, forti temporali hanno colpito l'Emilia Romagna, con intensità di precipitazione fino a 18.6 mm in 15 minuti a Ravenna e intensità di raffica fino al 10° grado della scala Beaufort nella pianura parmense (100 km/h a S. Pancrazio – PR, 59 m slm).

Tra il 14 e il 19 giugno un minimo di pressione ha stazionato per diversi giorni sull'Italia meridionale, determinando condizioni di instabilità, con precipitazioni intense anche se di breve durata e relativamente isolate. In Calabria, le precipitazioni cumulate sull'evento hanno raggiunto valori massimi a Joppolo (208.6 mm) e a Gambarie (208.2 mm). Anche le intensità su breve durata sono state eccezionali, con tempi di ritorno a Sant'Alessio in Aspromonte anche superiori a 100 anni.

Anche i rilievi settentrionali della Sicilia sono stati interessati da condizioni meteorologiche avverse, con accumuli eccezionali per il mese. Il 15 giugno sono stati registrati 187 mm di precipitazione totale presso la stazione di Monte Soro, la cima più alta dei Nebrodi; a causa delle piogge, il fiume Rosmarino è esondato in più punti vicino all'abitato di Alcara Li Fusi (ME), dove sono stati registrati diffusi fenomeni di dissesto.

A luglio le temperature si sono mantenute mediamente superiori alla norma e le precipitazioni prossime ai valori climatologici.

Tra il 2 e il 3 luglio in Piemonte, nel corso di un temporale sul bacino dello Stura di Lanzo, nella stazione di Lanzo si sono raggiunte le intensità di precipitazione di 55.6 mm in un'ora e 60.2 mm in 3 ore e in quella di Varisella di 54.4 mm in un'ora e di 81.2 mm in 3 ore, con tempi di ritorno dell'ordine di 50 anni. Nel corso dell'evento, è morta una persona nel sottopasso sulla strada tra Rivarolo Canavese e Feletto.

Sempre il 3 luglio un temporale molto localizzato e autorigenerante, ha determinato precipitazioni molto intense e persistenti nei pressi dell'abitato di Moena, in provincia di Trento, con totali di evento registrati alla stazione di Pezzè di Moena pari a 141.2 mm e intensità massime di precipitazione pari a 55.6 mm in un'ora e 8.4 mm in 5 minuti. Il massimo valore di cumulata su 3 ore in questa stazione, pari a 127.2 mm, è stato caratterizzato da un tempo di ritorno superiore a 300 anni.

Il 16 luglio nella Pianura Bolognese, in occasione di un temporale, sono state misurate intensità del vento dell'ordine del 10° grado della scala Beaufort; il valore massimo osservato è stato di circa 113 km/h, a San Pietro in Capofiume (FE, 11 m slm).

Tra il 20 e il 21 luglio, temporali forti hanno colpito la Lombardia: le precipitazioni totali sull'evento hanno raggiunto valori massimi di 123.6 mm a San Giovanni Bianco Cornalita, mentre le intensità massime sono state di 40.2 mm in 1 ora a Landriano (PV) e 53.8 mm in 1 ora a Nibionno (LC).

Il mese di agosto è stato molto piovoso al Sud, con medie areali mensili pari a quasi 3 volte i valori climatici di riferimento. Piovosità nella media invece nelle regioni centro-settentrionali.

In Sicilia il mese di agosto del 2018 è stato il più piovoso della serie storica con una media regionale di 90 mm e 20 giorni piovosi, numeri assolutamente eccezionali per questo mese. Anche l'arco alpino

è stato teatro di frequenti temporali.

Nel corso della mattinata del 20 agosto, una serie di temporali ha colpito le due isole maggiori e la Calabria. Un nucleo temporalesco della dimensione di pochi chilometri quadrati ha colpito il comune di San Lorenzo Bellizzi e ha causato l'onda di piena del torrente Raganello, tra il massiccio del Pollino e il mare Jonio; l'evento ha provocato 10 vittime e 11 feriti tra i 44 turisti che, nonostante l'allerta meteorologica diramata dal Centro Funzionale si erano calati nella stretta gola del torrente per un'escursione.

Sempre in Calabria, tra il 24 e il 25 agosto intensi temporali hanno colpito l'area di Vibo Valentia e Reggio Calabria. A Joppolo sono state registrate cumulate giornaliere massime di 124.6 mm ed è stato stimato un tempo di ritorno di 64 anni per cumulate su 24 ore.

Tra il 25 e il 26 agosto, temporali intensi hanno colpito la pianura lombarda. I massimi di precipitazione totale d'evento sono stati di 89.2 mm all'Istituto Spallanzani di Rivolta d'Adda (CR), di 86.2 mm a Calcio (BG), di 75.4 mm a Chiari (BS), di 65.0 mm a Cremona e di 58.2 mm a Persico Dosimo (CR). Temporali si sono verificati anche nei giorni successivi e il 31 agosto si sono osservate piogge intense con cumulate su 12 ore tra 90 e 130 mm tra le province di Varese e Bergamo, e massimi di 104.0 mm a Bergamo, e di 111.0 mm a Bodio Lomnago (VA).

Autunno e Dicembre

A settembre il jet si è spostato leggermente a sud e le nostre regioni sono state interessate da una fascia di anomalia positiva di Z500, che ha portato ad una diminuzione delle precipitazioni, più pronunciata al Nord, e ad anomalie termiche positive, più intense al Nord. Non ci sono stati eventi meteoclimatici di rilievo.

A ottobre il jet atlantico si è intensificato e la saccatura, già presente a settembre sui Balcani, si è spostata sul Mediterraneo occidentale. Questa configurazione ha favorito anomalie termiche positive sull'Italia, più intense al Nord; a Trento la temperatura media di ottobre è stata la seconda più alta dopo l'ottobre del 1949. Le anomalie pluviometriche sono state ovunque positive. Un contributo rilevante al totale di pioggia è dovuto all'evento meteorologico degli ultimi giorni del mese, noto come ciclone Vaia. In Sicilia il mese di ottobre è stato il più piovoso dal 1976 e sono stati registrati solo 4 giorni con assenza di precipitazione. Gli accumuli pluviometrici di medio e lungo periodo sono tornati nella media, mantenendo situazioni di deficit solo in aree limitate.

Tra il 2 e il 6 ottobre un evento di forte intensità ha interessato gran parte del territorio calabrese, con precipitazioni diffuse, che in alcuni casi hanno raggiunto valori eccezionali. Le piogge più abbondanti sono state registrate sulla Calabria centro-meridionale, con picchi sulle Serre ed uno sconfinamento molto intenso sul Lametino. Le massime cumulate sull'evento sono state rilevate dalle stazioni di Cenadi - Serralta (493.6 mm) e di Cirò Marina - Punta Alice (446.0 mm) e su un'area estesa hanno superato i 200.0 mm. Anche le intensità massime sul breve periodo sono state caratterizzate da valori eccezionali, con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni. In particolare, le precipitazioni cumulate su 1 ora hanno avuto tempi di ritorno superiori a 200 anni a Filadelfia (82.6 mm), circa 150 anni a Santa Cristina d'Aspromonte (107.4 mm) e superiori a 100 anni a Cenadi - Serralta (95.0 mm). In molte stazioni i massimi di precipitazione cumulata su 3, 6, 12 e 24 ore, sono stati caratterizzati da tempi di ritorno superiori a 200 anni.

Il 18 ottobre è iniziata una nuova fase spiccatamente perturbata sulla Sicilia, con linee temporalesche in risalita dallo Stretto di Sicilia, che hanno interessato progressivamente tutto il settore meridionale, per estendersi nella notte alle aree interne centro-orientali. Qui il sistema temporalesco a multicelle ha assunto a tratti carattere stazionario, producendo piogge intense persistenti in una vasta area tra la provincia di Siracusa e il Calatino, dove sono caduti quantitativi compresi tra 100 e 200 mm in circa 4 ore. Le intensità di precipitazione hanno raggiunto i 90 mm/h presso la stazione SIAS in comune di Mineo, vicino all'abitato di Palagonia, dove in 24 ore sono stati totalizzati 234 mm. A seguito di questo evento sono esondati i fiumi Gornalunga e San Leonardo e i relativi canali ed affluenti, che hanno allagato vaste aree della Piana di Catania, con gravi conseguenze per le produzioni agricole.

Tra il 23 e il 24 ottobre i venti in quota da nord si sono intensificati e si sono registrati episodi di Foehn nelle valli montane e pedemontane del Veneto. Le temperature massime hanno raggiunto 20/21°C a 1000 m e 28/30°C tra conche prealpine e pedemontana (27.5°C ad Agordo, 29.2 a Belluno e 30.5°C a Feltre). A Trento le raffiche hanno toccato localmente i 120 km/h, causando danni ad edifici, e in corrispondenza dei massimi di vento pomeridiani le temperature hanno toccato localmente 28.5°C risultando le più alte di ottobre dall'inizio delle registrazioni.

Tra il 27 e il 30 ottobre si è verificato l'evento meteorologico più significativo dell'anno: il ciclone Vaia, durante il quale precipitazioni intense ed estese hanno colpito gran parte dell'Italia, venti con intensità medie orarie fino a 120 km/h hanno soffiato per diverse ore consecutive e raffiche superiori a 200 km/h hanno causato estesi ed ingenti danni al patrimonio forestale dell'arco alpino.

Il 26 ottobre una profonda saccatura atlantica è scesa dalla Gran Bretagna verso la Spagna e il Nord Italia. Tra il 27 e il 28 ottobre, la saccatura è avanzata verso sud-est, scendendo fino a toccare l'Africa e convogliando sulle nostre regioni aria mediterranea molto umida, con venti forti da sud-ovest in quota e scirocco al suolo, nonché piogge molto intense. La saccatura si è poi staccata come minimo isolato sul Mediterraneo occidentale, spingendo un fronte che dal Nord Africa ha attraversato il Mediterraneo ed è arrivato sulle Alpi con correnti molto forti la sera di lunedì 29.

In corrispondenza di questo evento, nei giorni 29 e 30 ottobre, in Campania è stato rilevato un afflusso di polveri di origine sahariana sul Mediterraneo occidentale, denunciato da un incremento delle concentrazioni di PM10, che hanno raggiunto valori superiori ai limiti di legge in tutti i capoluoghi di provincia. Sulle Alpi, la polvere del Sahara ha dato una colorazione rosata alla neve caduta in questa fase dell'evento (**figura 2.7**).

In Valle d'Aosta le precipitazioni hanno coperto l'intero periodo, con valori molto elevati il 29 ottobre; a Lillianes sono stati registrati 244.6 mm di cumulata giornaliera e 728.6 mm di cumulata dal 27 ottobre al 6 novembre, che rappresenta il 30% del totale annuo registrato presso questa stazione.

In Piemonte, precipitazioni molto intense sono state rilevate nel Verbano, nel Biellese e nel Canavese. Dal 27 ottobre al 7 novembre i bacini del Toce e del Sesia hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia media, rispettivamente 621.4 mm e 573.4 mm; le misure di diversi pluviometri della rete ARPA Piemonte hanno superato i 100 mm/6h, 150 mm/12h e 200 mm/24h. Il 29 ottobre è stato il giorno più piovoso dell'anno, con 76.5 mm di precipitazione media sul territorio regionale.

In Lombardia le precipitazioni cumulate sull'evento hanno raggiunto 350-400 mm, con massimi di 406.4 mm a Garzeno (CO), 363.2 mm a Bagolino (BS) e 378.8 mm a Oltre il Colle (BG), con tempi di ritorno massimi fino a 500 anni.

In provincia di Trento l'accumulo medio sul territorio del totale di evento è stato di 275 mm, con punte massime di 627.4 e 604.6 mm, rispettivamente a Pian delle Fugazze e a Passo Cereda. In Val di Sole il 29 ottobre un temporale ha innescato una colata detritica lungo il Rio Rotian, che ha invaso l'abitato di Dimaro con circa 160.000 metri cubi di fango e detriti, causando la morte di una donna nella sua abitazione. Nei giorni successivi, fino al 7 novembre, le piogge hanno continuato a cadere a intermittenza, raggiungendo a Pian delle Fugazze quantitativi totali su 12 giorni di 1023.6 mm. La media provinciale sull'intero periodo di 367.6 mm mette in evidenza l'eccezionalità dell'evento.

Anche in Provincia di Bolzano i totali pluviometrici sono stati molto elevati, superiori a 180 mm su gran parte del territorio. Il valore massimo è stato registrato dalla stazione più orientale dell'Alto Adige, Prati di Croda Rossa (1910 m slm), con 363.0 mm dal 27 al 29 ottobre e quasi 400 mm fino al 30 ottobre. Diverse stazioni hanno registrato il record storico di precipitazione massima su 72 ore, tra cui: Bolzano (130.0 mm), Vipiteno (197 mm), Sarentino (181.0 mm), Brennero (177.0 mm), Bressanone (157.0 mm) e Dobbiaco (156.0 mm). Gli ingenti quantitativi di pioggia hanno provocato piene dei fiumi maggiori e numerose esondazioni locali, fenomeni di erosione spondale e sporadici fenomeni di colata detritica. Proprio una colata ha provocato l'interruzione dell'Autostrada del Brennero, pochi chilometri a sud del confine.

In Veneto, le zone montuose sono state state le più colpite. A Soffranco (BL) la precipitazione totale sull'evento è stata di 715.8 mm in 96 ore ed ha ampiamente superato il precedente record della stazione di Cansiglio dove, dal 4 al 6 novembre 1966, erano stati registrati 608 mm. La stazione di Col de Prà, nel Comune di Taibon Agordino (BL), alle ore 21 del 29 ottobre aveva già accumulato 610.0 mm da inizio evento, prima di cessare di funzionare travolta dal materiale esondato dal torrente Bordina. La cumulata sull'evento ha superato 300 mm in quasi tutte le stazioni delle valli alpine e anche 400 mm nelle aree più settentrionali, intorno a Soffranco e al confine con la provincia di Trento. I totali di evento hanno superato ampiamente anche quelli dell'alluvione del 2010.

Sui rilievi del Friuli Venezia Giulia tra il 27 e il 28 ottobre sono stati registrati totali pluviometrici anche maggiori di 500 mm, mentre il 29 sulle Prealpi Carniche e in Carnia sono stati registrati totali di quasi 300 mm in 12 ore.

In Emilia Romagna il massimo di precipitazione cumulata sull'evento è stato di 340.4 mm, presso la stazione di Casoli di S. Maria di Taro (PR, 853 m slm). Nelle porzioni più alte della valle del Trebbia, in territorio ligure, sono state invece raggiunte cumulate totali di 620.4 e 567.4 mm, rispettivamente a Torriglia (GE, 769 m slm) e a Cabanne (GE, 848 m slm). Per quanto riguarda le intensità di

precipitazione, localmente sul bacino del Taro, per le cumulate di precipitazione su 3 e 6 ore sono stati stimati tempi di ritorno maggiori rispettivamente di 100 e 200 anni.

In Toscana le piogge sono state eccezionali in Lunigiana, dove tra il 27 e il 29 ottobre sono caduti localmente oltre 300 mm di pioggia in 72 ore. A Pontremoli è stata superata per 3 giorni consecutivi la soglia di 100 mm/giorno, dato senza precedenti dal 1920.

In Sicilia, sono stati rilevati accumuli pluviometrici molto elevati, fino a 500 mm sul settore orientale, dal 200 al 400% del valore medio mensile.

I venti hanno soffiato con grandi intensità sulle Alpi, raggiungendo il culmine nella serata del 29 ottobre, al passaggio di un fronte freddo.

In Valle d'Aosta, sono state misurate intensità di picco di 145 km/h a Saint Denis, 142 km/h a Bard, 169 km/h a Gressoney Saint-Jean e 100 km/h a Champorcher. A causa del vento e delle precipitazioni intense sono caduti molti alberi, con chiusura locale della viabilità e danni ai tetti di abitazioni e fabbricati.

In Lombardia al Passo del Giovà (1300 m, PV) sono state rilevate raffiche fino a 144 km/h, che hanno provocato l'abbattimento di intere porzioni di bosco (**figura 2.8**).

In provincia di Trento numerosi anemometri hanno rilevato il valore di raffica più elevato della serie storica. Le intensità più elevate sono state misurate nel corso della serata del 29 ottobre a Passo Manghen (2035 m slm, 191.5 km/h), a Monte Bondone (1490 m slm, 141.1 km/h) e Passo Rolle (2012 m slm, 138.2 km/h). Anche qui l'eccezionale violenza e la persistenza del vento hanno causato danni a numerosi edifici e la distruzione di superfici forestali estese, come quella di Paneveggio. Le prime ricognizioni hanno prodotto stime di 2.8 milioni di metri cubi di legname abbattuto nella provincia di Trento (**figura 2.9**). In provincia di Bolzano numerose stazioni hanno registrato raffiche superiori a 120 km/h; il valore più alto è stato registrato presso la stazione di Trafoi Cresta Zaufen (2475 m slm, 188 km/h). Nel corso delle operazioni notturne è deceduto un Vigile del Fuoco Volontario.

In Veneto, i venti hanno raggiunto intensità massime mai osservate dal 1992, anno di installazione della rete automatica, con valori massimi di raffica superiori a 190 km/h. Anche i valori del vento medio sono stati straordinari, classificati tra tempesta violenta (103-117 km/h) e uragano (>117 km/h) nella scala Beaufort. L'eccezionale intensità, persistenza ed estensione dell'evento, nonostante il grande impegno profuso per ridurre gli impatti sulla popolazione, hanno comunque causato tre vittime. Le gravi perdite subite dal patrimonio forestale, oltre al danno economico immediato, avranno perduranti conseguenze negative in ambito idrogeologico e valanghivo (**figura 2.10**).

Sull'area montana del Friuli Venezia Giulia, il vento ha superato abbondantemente i 100 km/h e in vari punti di misura si sono registrate raffiche oltre i 130 km/h, con l'apice sul Monte Rest (a quasi 1800 m slm) dove le raffiche hanno toccato i 200 km/h.

Sul litorale dell'Emilia-Romagna, il vento ha causato una forte mareggiata, con onde di altezza di 4 metri che hanno prodotto un'intensa erosione costiera.

Anche in Liguria i danni più rilevanti sono stati causati dal vento, prima da sud-est e poi da sud nella giornata del 29 ottobre; l'intensità massima rilevata (180 km/h) corrisponde al fondo scala dello strumento di misura, che quindi è stato probabilmente superato. Proprio il vento ha causato una vittima ad Albisola Superiore. Dal tardo pomeriggio del 29 il mar Ligure ha subito un rapido aumento del moto ondoso, che ha determinato mareggiate diffuse sull'intera fascia costiera. Il repentino incremento dell'altezza d'onda (oltre 3.5 m di incremento di onda significativa tra le ore 19.30 e le 24) può essere attribuito anche a un probabile effetto di storm surge associato al passaggio di un profondo minimo di pressione sul Golfo Ligure, che ha causato un innalzamento del livello della superficie media marina di circa mezzo metro (50-60 cm), con conseguente maggiore penetrazione del moto ondoso sulla costa. La massima altezza d'onda significativa registrata alla boa di Capo Mele è stata 6.4 m (mare grosso), l'altezza massima 10.3 m; il periodo, decisamente elevato, ha toccato i 12 secondi. Presumibilmente sul centro-levante, dove mancano rilevamenti, i valori sono stati anche superiori. Le onde, violentissime, hanno distrutto porti e litorali in un'ampia fascia compresa tra Capo Mele e La Spezia. I danni più rilevanti sono stati registrati nel Golfo del Tigullio (**figura 2.11**) dove il mare ha completamente distrutto alcuni locali, una strada costiera centenaria e parte del muro frangiflutti della diga di Rapallo, per una stima dei danni quantificabile in alcune decine di milioni di euro.

In Toscana le raffiche hanno raggiunto diffusamente 100-120 km/h sull'Arcipelago, sulla costa centro-meridionale, sulle zone collinari e sui rilievi più alti della regione. La stazione anemometrica di Gorgona ha registrato una raffica massima di 155 km/h, quella di Monte Giovi (Firenze) 158 km/h. Fortissime mareggiate hanno interessato l'Arcipelago e tutte le zone costiere esposte alle onde da S-SSE con altezze d'onda significativa che hanno raggiunto 6.5 metri a Giannutri (valore record da

quando è stata installata la boa, nel 2008) e 5 metri a Gorgona; 4 metri di altezza d'onda significativa sono stati raggiunti invece a Castiglione della Pescaia. L'isola d'Elba è stata duramente colpita dal maltempo ed è rimasta senza collegamenti per alcuni giorni; sulla costa toscana, a Rosignano, una tromba d'aria ha danneggiato alberi e abitazioni.

Nel corso di novembre la circolazione a grande scala è cambiata: la mappa dell'anomalia a 500 hPa indica la presenza di una forte anomalia positiva centrata sulla Scandinavia, estesa a gran parte dell'Europa orientale e fino a lambire le regioni nord-orientali italiane. Sulla nostra Penisola i venti prevalenti hanno soffiato da nord-ovest, favorendo l'ingresso delle perturbazioni atlantiche sul Mediterraneo. Il mese di novembre è stato mediamente caldo con anomalie da +1 a +2°C su tutte le regioni e in generale leggermente più piovoso della norma.

Una coda del ciclone Vaia ha colpito la Sicilia tra l'1 e il 3 novembre, con piogge diffuse e abbondanti. Le cumulate di evento su una vasta area sono state comprese tra 80 e 130 mm e il massimo (138 mm) è stato registrato a Ribera (AG). I bacini più interessati sono stati quelli dei fiumi San Leonardo, Eleuterio e Milicia; quest'ultimo è esondato a Contrada Cavallaro in Comune di Casteldaccia (PA). L'evento ha causato complessivamente 9 vittime. Successivamente la Sicilia è stata ancora ripetutamente colpita da piogge intense, con ulteriori e frequenti esondazioni e danni al territorio.

Tra il 25 e il 26 novembre una vasta depressione con minimo nel Mediterraneo occidentale, associato ad un jet sub tropicale lungo le coste africane, ha esposto quest'area ed intensi ed estesi fenomeni convettivi. Temporalmente molto forti hanno colpito le nostre regioni meridionali. Sulla costa meridionale ionica della Calabria sono stati registrati totali di evento maggiori di 100 mm, con un massimo di 439.2 mm a Sant'Agata del Bianco (RC). Anche le massime intensità su breve periodo sono state rilevanti, in particolare: 154.6 mm in 3 ore (tempo di ritorno di 81 anni), 270.0 mm in 6 ore (tempo di ritorno di 168 anni), e 340.6 mm in 12 ore (tempo di ritorno 112 anni); ad Ardore Superiore 161.0 mm in 3 ore (tempo di ritorno di 87 anni) e 362.4 mm in 24 ore (tempo di ritorno di 168 anni).

L'anno si è chiuso all'insegna della siccità, con un mese di dicembre caratterizzato dalla presenza di un'intensa anomalia positiva di Z500 centrata sulla Penisola iberica, che ha portato una netta riduzione delle precipitazioni, ovunque inferiori ai valori climatologici, e temperature superiori alla media.



Figura 2.5: *Valanghe in Vallelunga (BZ) il 23/01/2018. Fonte: Provincia Autonoma di Bolzano.*



Figura 2.6: Colata detritica a Bussoleno (TO) il 7 giugno 2016. Fonte: ARPA Piemonte.



Figura 2.7: Parte superiore del manto nevoso rilevato in Adamello a 3100 m slm il 14 novembre 2018. Nella parte inferiore si notano chiaramente due strati di neve di colore rosato, attribuibili all'evento del 27-30 ottobre 2018. Fonte: Alberto Trenti, Provincia Autonoma di Trento – Meteotrentino.



Figura 2.8: Rilievo scattato da un drone (il 13 novembre 2018) dei danni al patrimonio forestale in Val Grigna (BS). Fonte: ARPA Lombardia.



Figura 2.9: *Alberi abbattuti dal vento nel Parco Asburgico di Levico (TN). Fonte: Efsio Sidi, Provincia Autonoma di Trento – Meteotrentino.*



Figura 2.10: *Danni al patrimonio forestale in Veneto. Fonte: Regione Veneto.*



Figura 2.11: *Danni della mareggiata del 29-30 ottobre a Rapallo nel Golfo del Tigullio. Fonte: Federico Grasso, ARPAL, Regione Liguria.*

3. TEMPERATURA

Anno 2018

Nelle **figure 3.1-3.3** sono rappresentate le mappe dei valori annuali di temperatura media, minima assoluta e massima assoluta.

I valori di temperatura media registrati in Italia nel 2018 sono compresi tra i -4.2°C della stazione sinottica di Pian Rosà (AO, 3488 m s.l.m) e i 19.6°C di Catania Sigonella.

Le temperature minime più basse sono state registrate da stazioni in quota situate sull'arco alpino: tra di esse, -29°C a Pian Rosà (3488 m slm) e temperature inferiori a -30°C da stazioni a oltre 3000 m di quota sulle Dolomiti. Noto anche la minima di -26.1°C registrata ad Alpe Devero (1634 m slm) in Piemonte. Le temperature massime assolute più elevate sono state rilevate in Sicilia il 22 luglio: della rete sinottica, 45°C a Catania Sigonella e 41.9°C a Catania Fontanarossa; diverse stazioni della rete agrometeorologica regionale hanno rilevato temperature superiori a 42°C (Siracusa 43.7°C , Augusta 43.1°C , Paternò 42.8°C , Lentini 42.1°C).

L'andamento della temperatura in Italia nel corso del 2018 è illustrato dalle **figure 3.4 e 3.5**. I valori di anomalia rappresentano le differenze tra le temperature medie del 2018 e quelle normali riferite al periodo climatologico 1961-1990. Ad eccezione di febbraio e marzo, in tutti i mesi dell'anno, la temperatura media in Italia è stata nettamente superiore ai valori normali 1961-1990, con punte di anomalia ad aprile ($+3.49^{\circ}\text{C}$), gennaio ($+2.75^{\circ}\text{C}$) e novembre ($+2.52^{\circ}\text{C}$). Febbraio è stato l'unico mese con anomalia media negativa (-1.16°C) mentre a marzo la temperatura è stata appena al di sopra della media climatologica. L'anomalia della temperatura media (**figura 3.5**) è stata più elevata al Nord ($+2.03^{\circ}\text{C}$ di media) che al Centro ($+1.75^{\circ}\text{C}$) e al Sud e sulle Isole ($+1.33^{\circ}\text{C}$). L'andamento nel corso dei mesi è stato analogo nelle tre macroaree geografiche; il record di anomalia è stato registrato nel mese di aprile al Centro e al Nord (rispettivamente $+3.74$ e $+3.69^{\circ}\text{C}$); febbraio è stato l'unico mese con anomalia termica negativa ovunque, mentre a marzo l'anomalia è stata negativa al nord, positiva al Sud e prossima alla norma al Centro.

Le anomalie della temperatura media nel 2018 sono illustrate anche dalle mappe nella **figura 3.6** (anomalia annuale) e nelle **figure 3.7a e 3.7b** (anomalie mensili). Le mappe sono state realizzate rappresentando sempre con gli stessi colori valori uguali di anomalia, in modo da renderne più facile e immediato il confronto.

La figura 3.6 mette a confronto anche le anomalie della temperatura minima e della temperatura massima. A differenza degli anni passati, in cui scostamenti dalla norma 1961-1990 della temperatura massima sono stati, in media, superiori a quelli della temperatura minima, nel 2018 le anomalie della massima e della minima hanno registrato valori molto simili.

Variazioni e tendenze

Come già messo in rilievo nell'Introduzione, da quest'anno le stime delle variazioni degli indici di temperatura si basano su un set di dati più esteso rispetto a quello utilizzato negli anni passati e sono state effettuate attraverso metodi più avanzati di omogeneizzazione delle serie temporali [9, 10]. Pertanto le nuove serie di anomalia media in Italia degli indici di temperatura, presentate in questo rapporto, non sono identiche a quelle riportate fino all'ultimo rapporto annuale, pur restando sostanzialmente inalterate le stime delle variazioni nel lungo periodo.

La variabilità interannuale della temperatura in Italia è illustrata dalle serie di anomalie annuali di temperatura media, minima e massima, rispetto alla media climatologica 1961-1990 (**figure 3.8 e 3.9**). In Italia il 2018 è stato l'anno più caldo di tutta la serie storica, con un'anomalia media di $+1.71^{\circ}\text{C}$. Come già evidenziato dalla figura 3.5, tutti i mesi dell'anno ad eccezione di febbraio e marzo, hanno contribuito al nuovo record di temperatura media annuale in Italia. Il 2018 è anche il 28° anno consecutivo con anomalia positiva. A partire dal 1985 le anomalie rispetto ai valori normali 1961-1990 sono state sempre positive, ad eccezione del 1991 e del 1996. Quattro dei cinque valori più elevati della temperatura media in Italia sono stati registrati negli ultimi cinque anni: nell'ordine, oltre al 2018, nel 2015, 2014 e 2016, con anomalie comprese tra $+1.34$ e $+1.60^{\circ}\text{C}$.

Un altro elemento saliente del 2018 è stato il nuovo record di anomalia della temperatura minima

giornaliera. Se infatti, come negli anni passati, l'anomalia della temperatura massima è stata più elevata di quella della temperatura minima, nel 2018 la differenza tra di esse è stata assai ridotta (+1.73°C contro +1.68°C): l'anomalia della temperatura minima ha superato il precedente record del 2014 (+1.58°C) e quasi raddoppiato il valore dello scorso anno (+0.81°C), mentre l'anomalia della temperatura massima del 2018 è risultata la terza di tutta la serie, dopo quelle del 2015 e del 2017. In altre parole, a rappresentare il 2018 come l'anno più caldo della serie storica hanno contribuito soprattutto i valori mediamente più elevati della temperatura minima.

Nella **figura 3.10** sono illustrate le serie di anomalia della temperatura su base stagionale. Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente. L'autunno del 2018 è stato il più caldo della serie storica (anomalia di +2.0°C), superando di poco quello del 2014; la primavera e l'estate sono state rispettivamente la terza e la quinta più calde della serie, mentre in inverno la temperatura è stata di poco superiore alla media climatologica. Va però considerato che l'inverno 2018 è costituito dai mesi di dicembre 2017, gennaio e febbraio 2018 e che a dicembre 2017 la temperatura media era stata inferiore alla media climatologica.

Nella **tabella 1** vengono riportate le stime aggiornate dei trend di temperatura calcolati con un modello di regressione lineare. Poiché si fa risalire all'inizio degli anni '80 un cambiamento del trend di temperatura, quando ha inizio un periodo caratterizzato da un riscaldamento più marcato nel corso dell'ultimo secolo [14], i trend sono calcolati sul periodo 1981 - 2018. Le stime sono sostanzialmente confermate anche applicando un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall, [15]). Il rateo di variazione della temperatura massima (+0.42 ± 0.07°C / 10 anni) è maggiore di quello della temperatura minima +0.35 ± 0.05°C / 10 anni). Su base stagionale i trend di aumento della temperatura più forti si registrano in primavera e in estate (+0.50 ± 0.05°C / 10 anni).

Tutti i trend sono statisticamente significativi, tranne quello relativo all'inverno, che risulta appena significativo con il modello di regressione lineare e non significativo utilizzando il test non parametrico.

Estremi

Per un'analisi sistematica degli estremi di temperatura, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti da uno specifico Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM [16, 17]. I criteri di selezione delle serie di dati italiani utili e i metodi di calcolo degli indici, che riprendono quelli di valutazioni analoghe a scala globale o continentale [18,19], sono descritti in dettaglio in [13]. Anche questi indici sono stati calcolati per gruppi di stazioni distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale e che soddisfano requisiti di completezza e omogeneità delle serie temporali. I valori medi nazionali degli indici e conseguentemente anche le relative anomalie riportate nelle **figure 3.11-3.18**, dipendono naturalmente dal campione, cioè dalla composizione dei gruppi di stazioni di cui è stato possibile utilizzare i dati; pertanto, l'elemento significativo da cogliere in ciascuna figura non è rappresentato dai singoli valori numerici degli indici ma dal confronto tra i valori nei diversi anni, cioè dall'andamento temporale delle serie di anomalia di ciascun indice. Per un'analisi dettagliata dei dati e dei metodi di stima degli estremi di temperatura in Italia v. [20].

Anche nel 2018 l'indice relativo al numero di giorni con gelo, cioè del numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C, è stato inferiore al valore normale 1961-1990 (**figura 3.11**) e si pone al 5° posto tra gli anni con numero di giorni con gelo più basso.

Il 2018 è il 22° anno consecutivo con numero di notti tropicali (**figura 3.12**) e numero di giorni estivi (**figura 3.13**) superiori alla media climatologica. Per il numero medio di giorni estivi, cioè con temperatura massima maggiore di 25°C, il 2018 si colloca al secondo posto della serie storica, dopo il 2003, l'anno di cui si ricorda l'estate eccezionalmente calda sul Centro Europa.

L'indice WSDI (*Warm Spell Duration Index*) identifica periodi prolungati e intensi di caldo nel corso dell'anno e rappresenta il numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione nel periodo climatologico di riferimento, per almeno sei giorni consecutivi. I valori dei percentili sono calcolati su una finestra di 5 giorni centrata su ogni giorno dell'anno. A differenza degli indici basati su un valore soglia prefissato, questo indice, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal percentile, è rappresentativo delle variazioni del clima locale. Il WSDI individua i periodi di caldo in senso relativo, che possono verificarsi in qualunque periodo dell'anno.

Il 2018 è il 23° anno consecutivo con WSDI superiore alla media climatologica e si colloca all'8° posto tra gli anni con WSDI più elevato. Anche in questo caso il WSDI massimo è stato registrato nel 2003 (**figura 3.14**).

Altri indici di estremi di temperatura che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali sono le notti fredde (TN10p), cioè la percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della corrispondente distribuzione sul periodo climatologico, i giorni freddi (TX10p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile, le notti calde (TN90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile e i giorni caldi (TX90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima superiore al 90° percentile. Come illustrato dalle **figure 3.15-3.18** le notti e i giorni freddi mostrano una chiara tendenza a diminuire mentre i giorni e le notti calde mostrano una chiara tendenza ad aumentare; il 2018 ha fatto registrare il secondo valore più alto di notti calde (TN90p), il terzo valore più basso di notti fredde (TN10p), il quarto valore più basso di giorni freddi (TX10p) e il sesto valore più alto di giorni caldi (TX90p). Negli ultimi 5 anni sono stati registrati i 5 valori più bassi di giorni freddi di tutta la serie. In sintesi, l'analisi degli indici mostra che il 2018 non è stato contrassegnato da periodi particolari di caldo estremo né da valori di picco eccezionali, ma che il record di temperatura media annuale è il risultato di anomalie termiche positive distribuite nelle diverse stagioni e con un contributo di rilievo delle ore notturne.

INDICATORE	TREND (°C/10 anni)
Temperatura media	+0.38 ± 0.05
Temperatura minima	+0.35 ± 0.05
Temperatura massima	+0.42 ± 0.07
Temperatura media inverno	+0.30 ± 0.10
Temperatura media primavera	+0.50 ± 0.10
Temperatura media estate	+0.50 ± 0.10
Temperatura media autunno	+0.27 ± 0.10

Tabella 1: Trend stimati con il modello di regressione lineare (e relativo errore standard) della temperatura in Italia dal 1981 al 2018. Tutti i trend sono statisticamente significativi al livello del 5%; il trend relativo all'inverno risulta appena significativo con il modello di regressione lineare e non significativo utilizzando il test non parametrico.

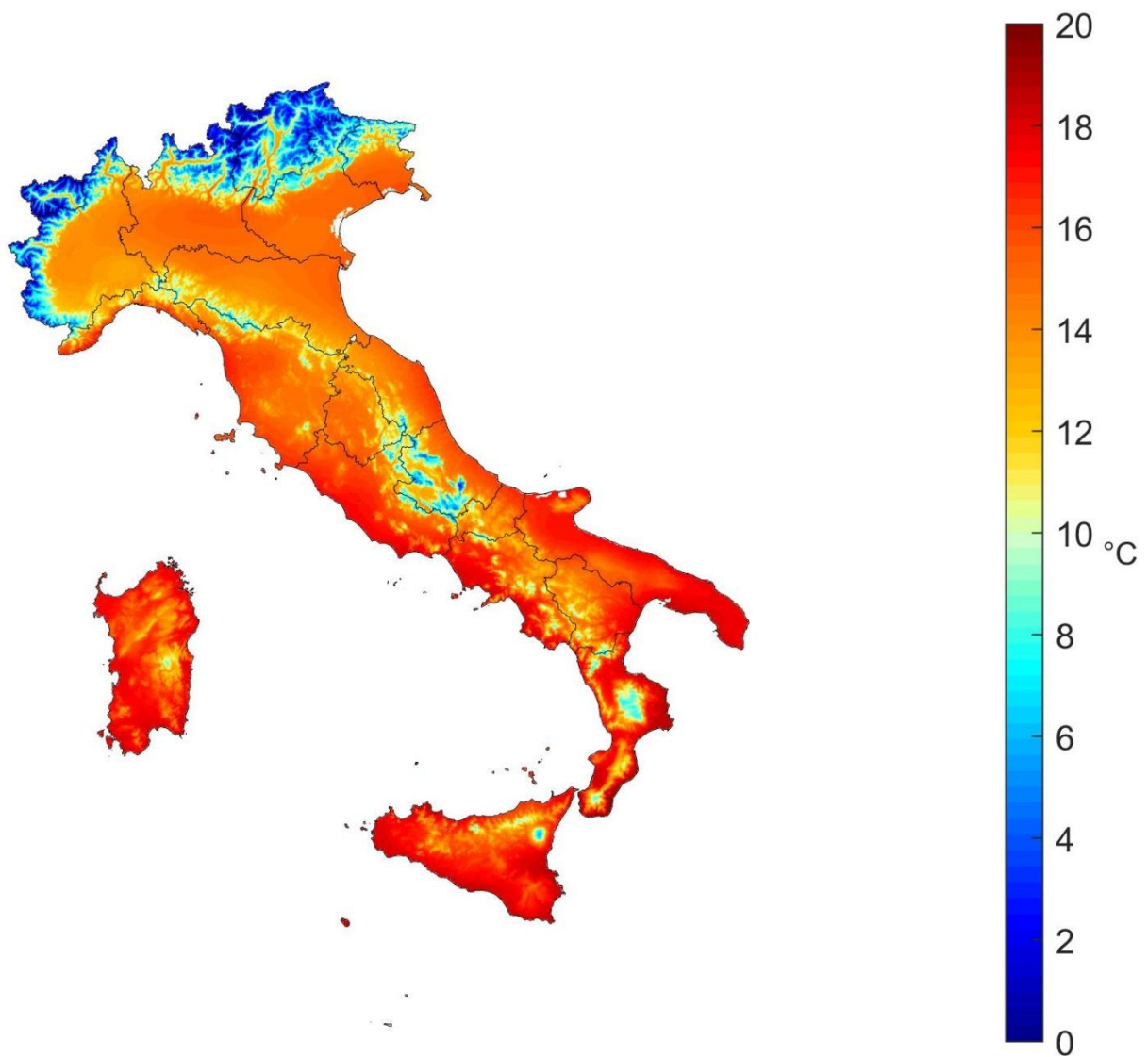


Figura 3.1: *Temperatura media 2018.*

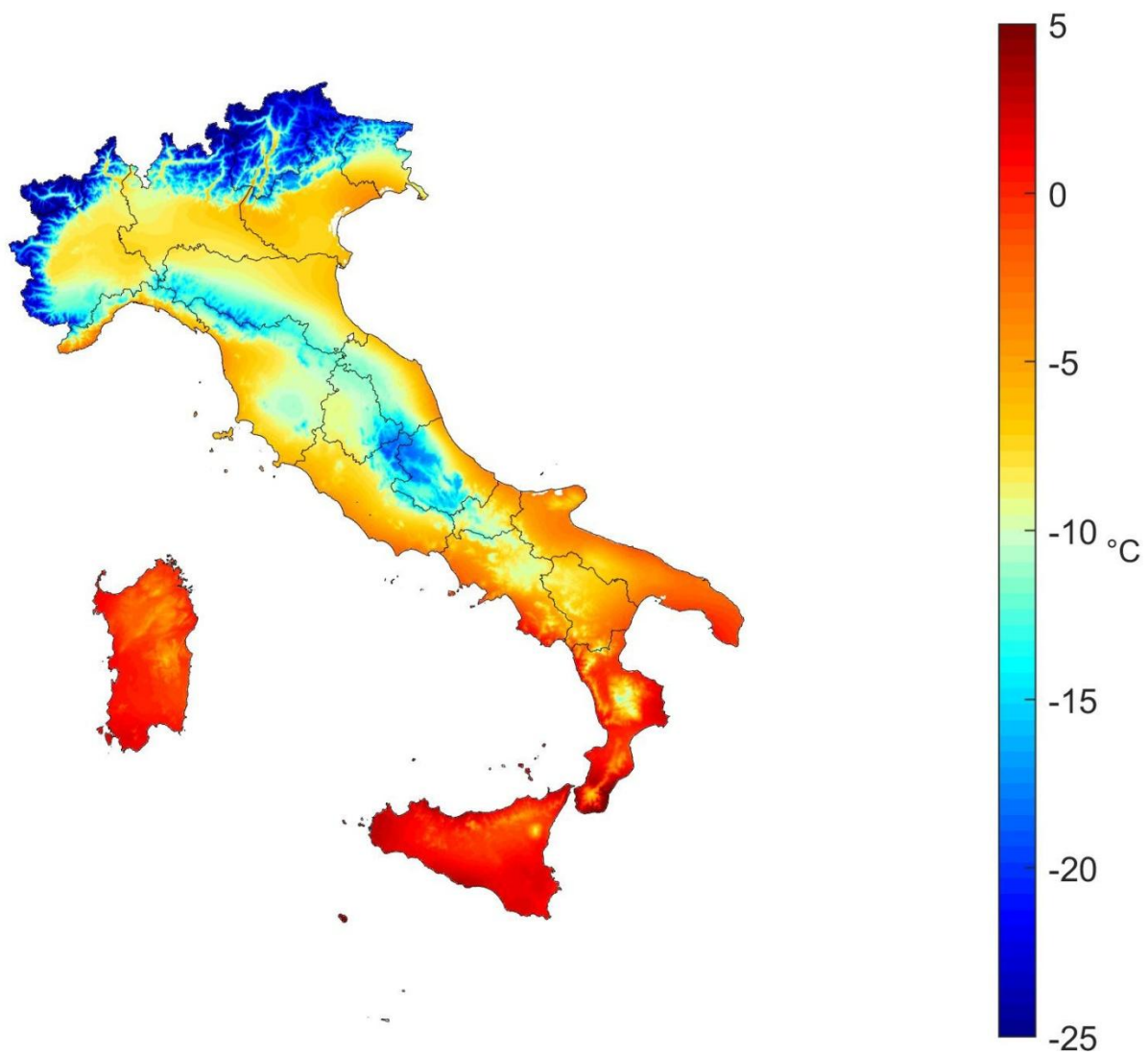


Figura 3.2: *Temperatura minima assoluta 2018.*

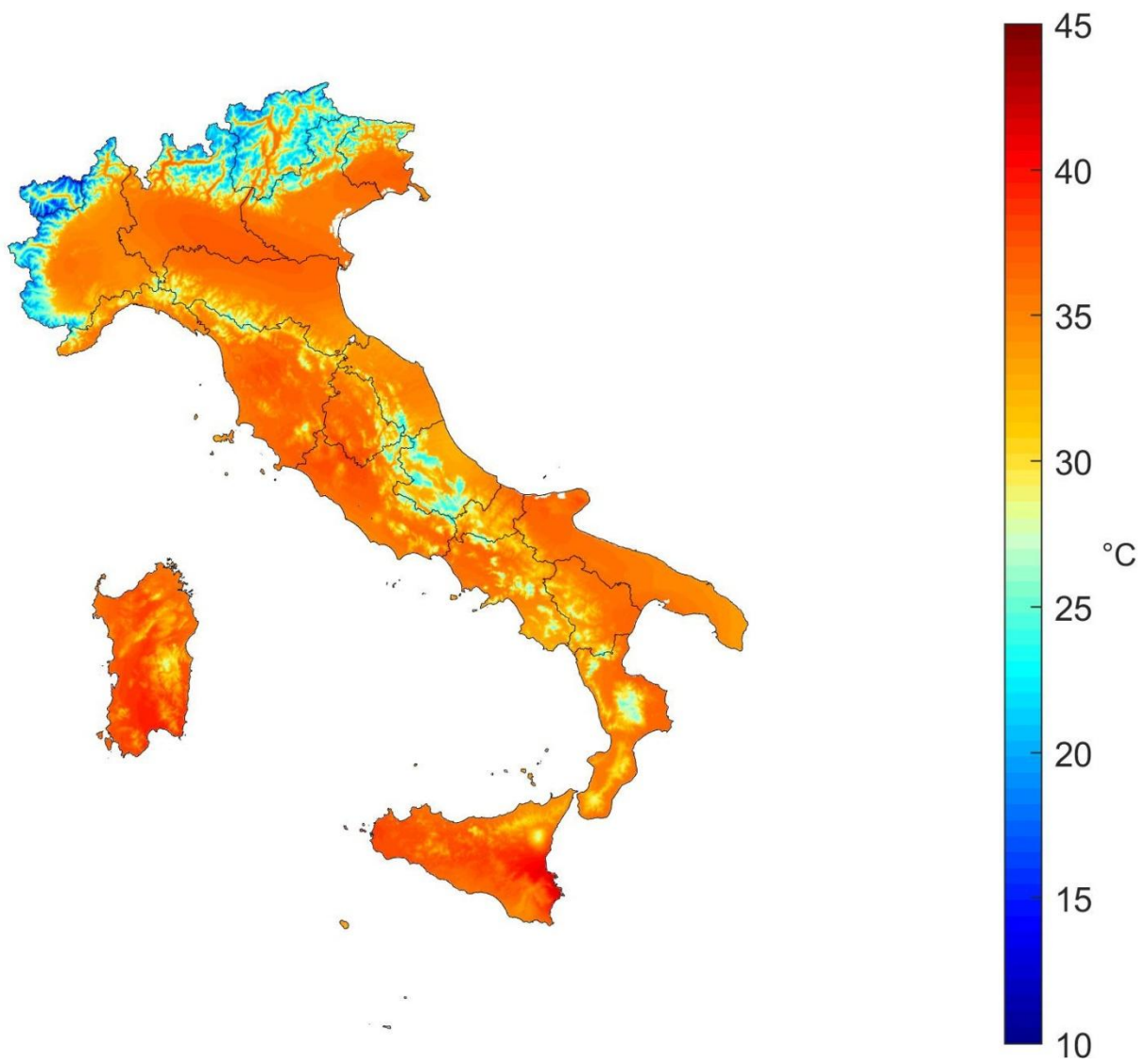


Figura 3.3: *Temperatura massima assoluta 2018.*

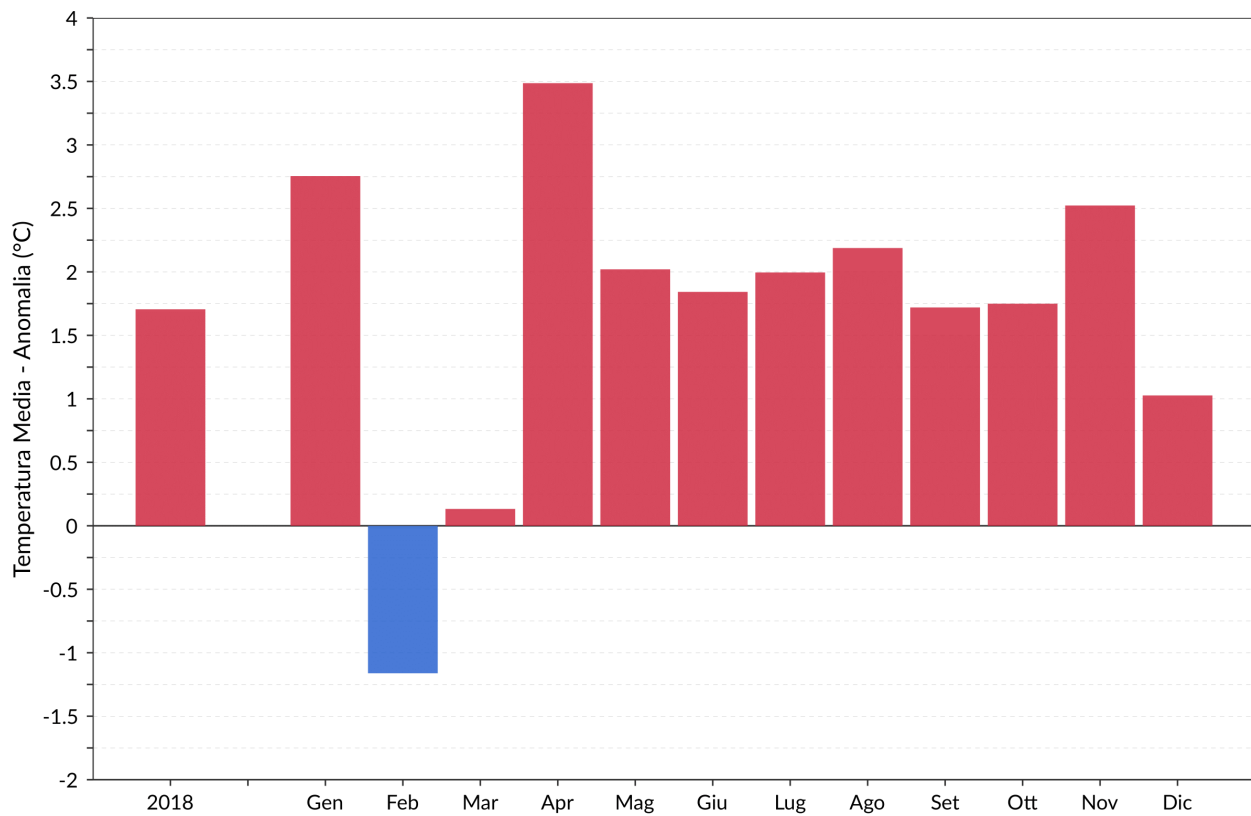


Figura 3.4: *Anomalia media 2018 in Italia (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.*

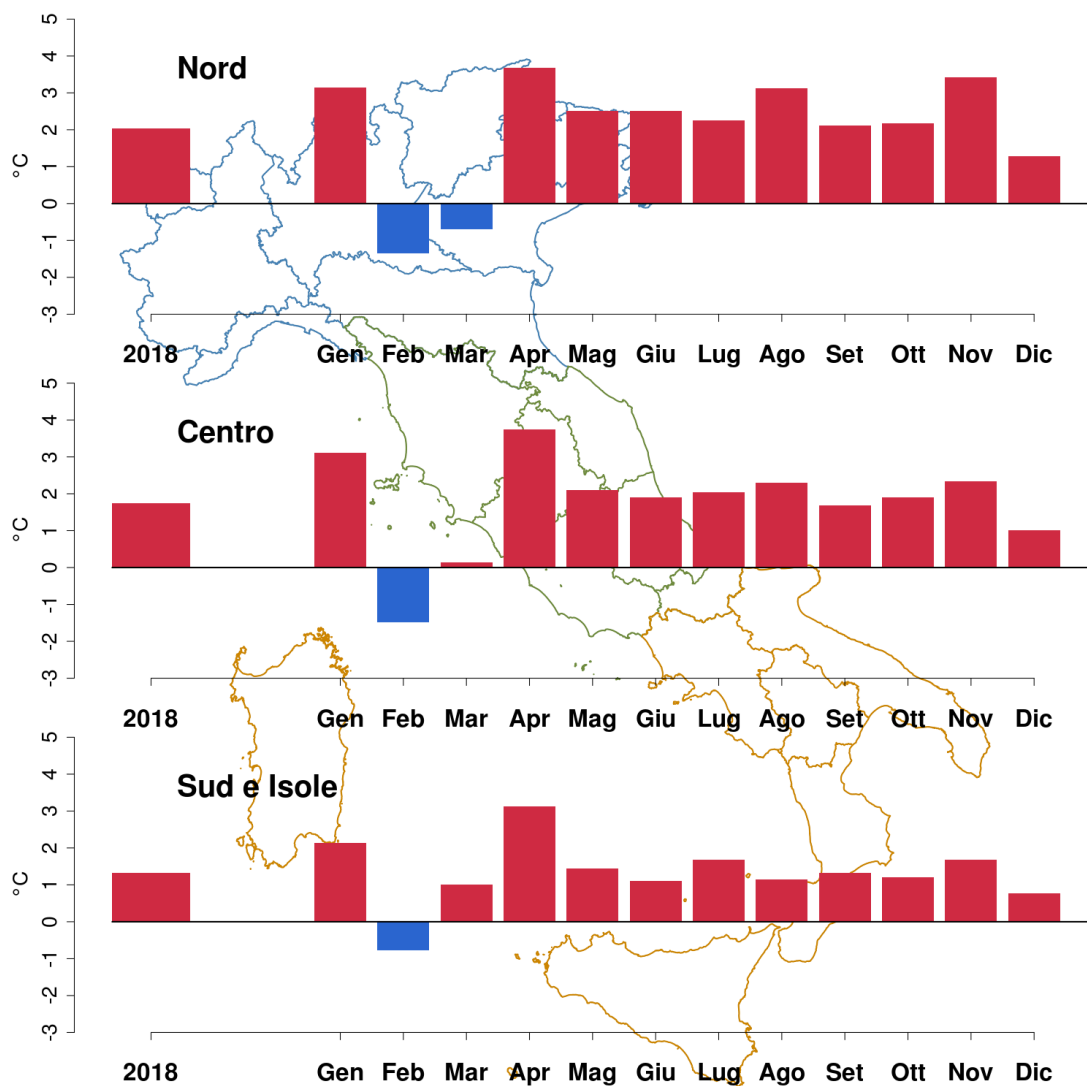


Figura 3.5: Anomalia media 2018 (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990 – Nord, Centro, Sud e Isole.

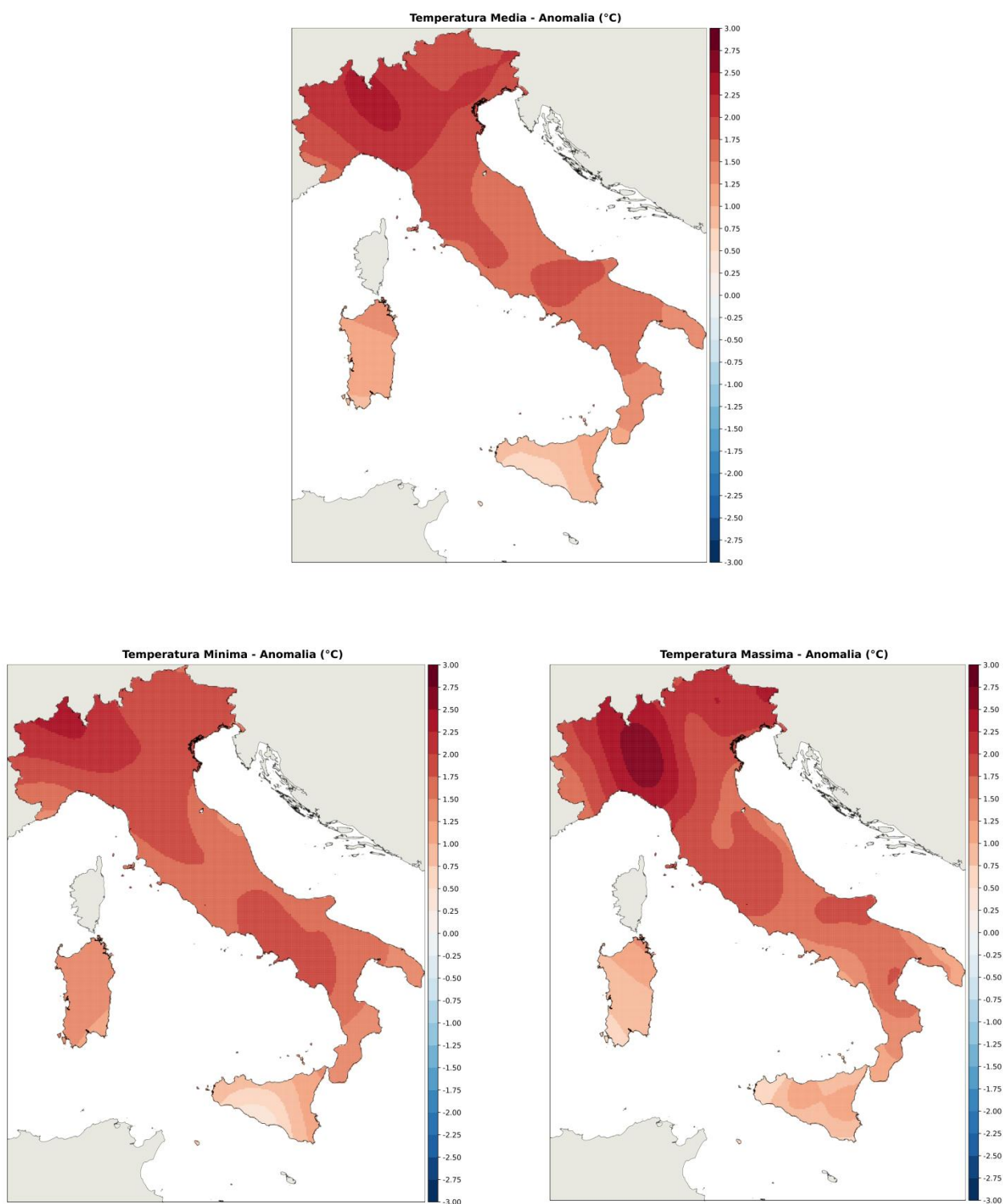


Figura 3.6: *Anomalia della temperatura media, minima e massima annuale 2018 rispetto al valore normale 1961-1990.*

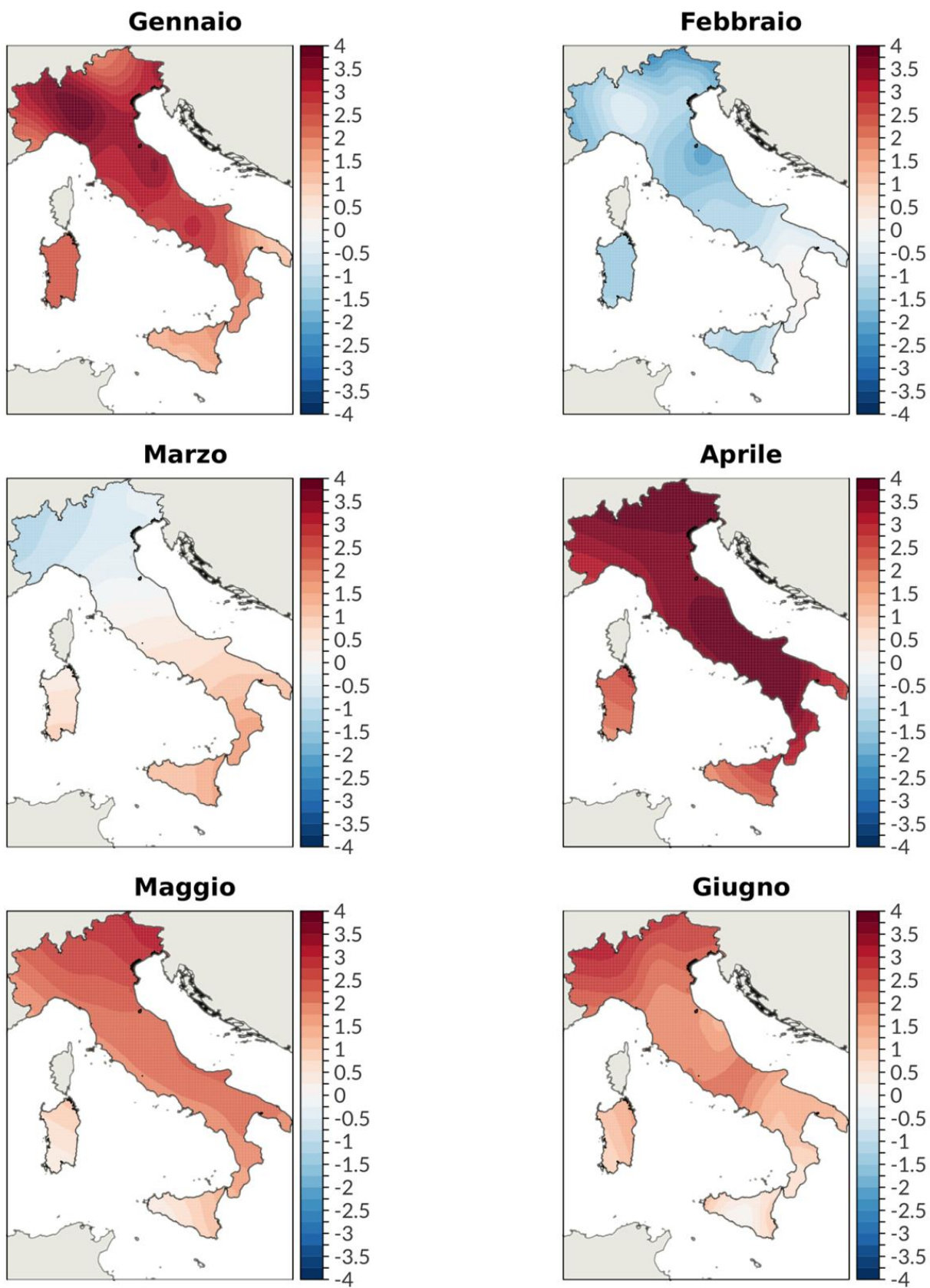


Figura 3.7a: Anomalie della temperatura media mensile 2018 rispetto ai valori normali 1961-1990 (gennaio-giugno). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

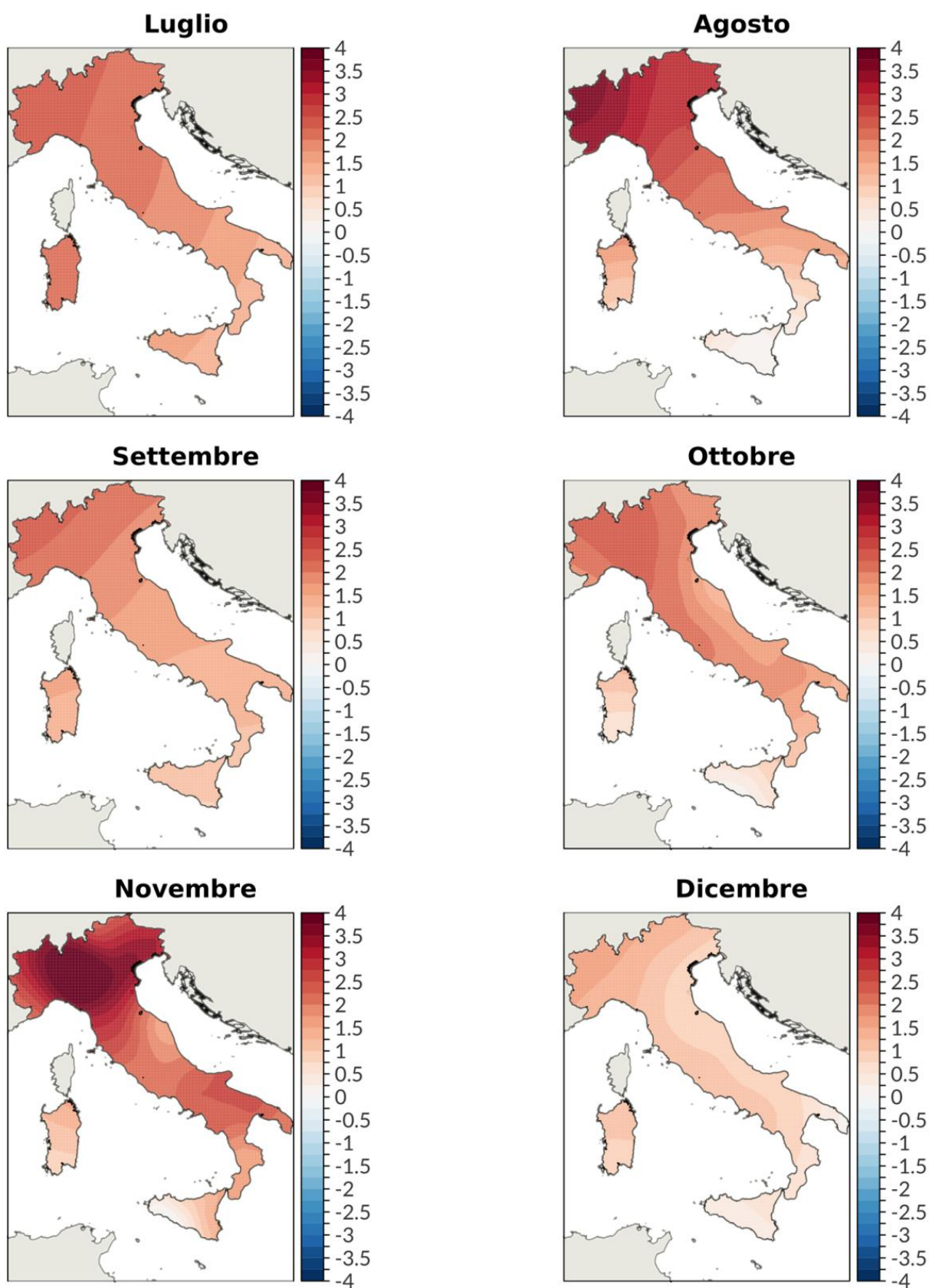


Figura 3.7b: Anomalie della temperatura media mensile 2018 rispetto ai valori normali 1961-1990 (luglio-dicembre). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

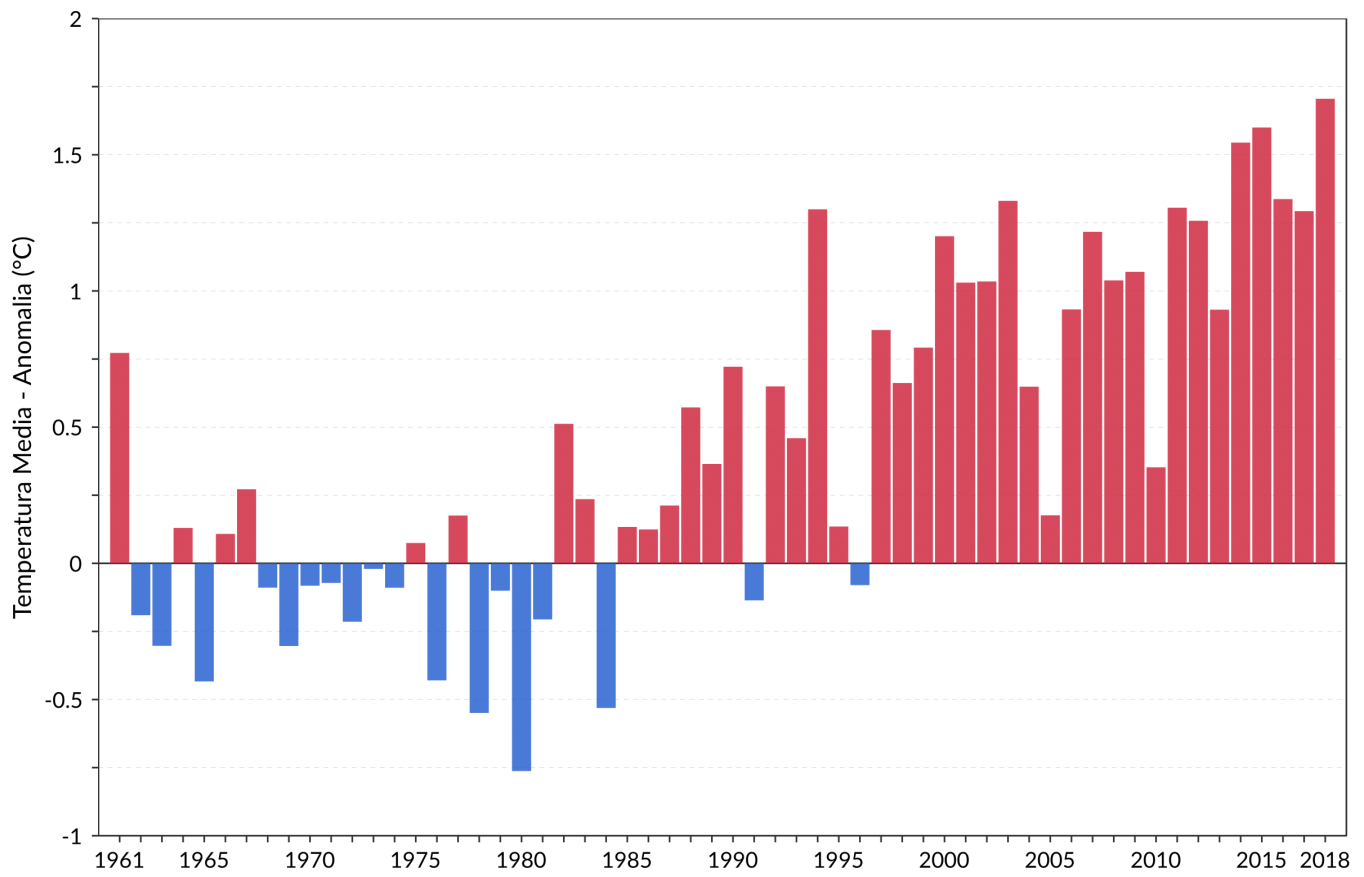


Figura 3.8: Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

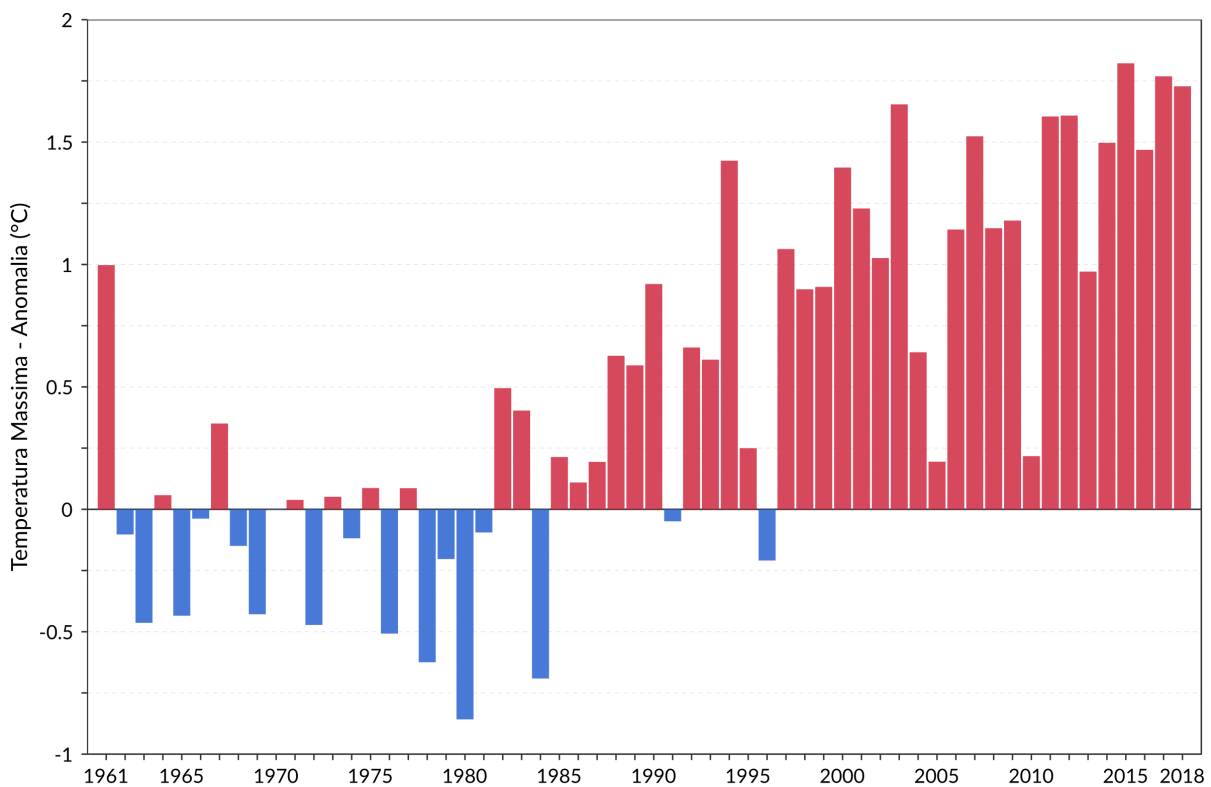
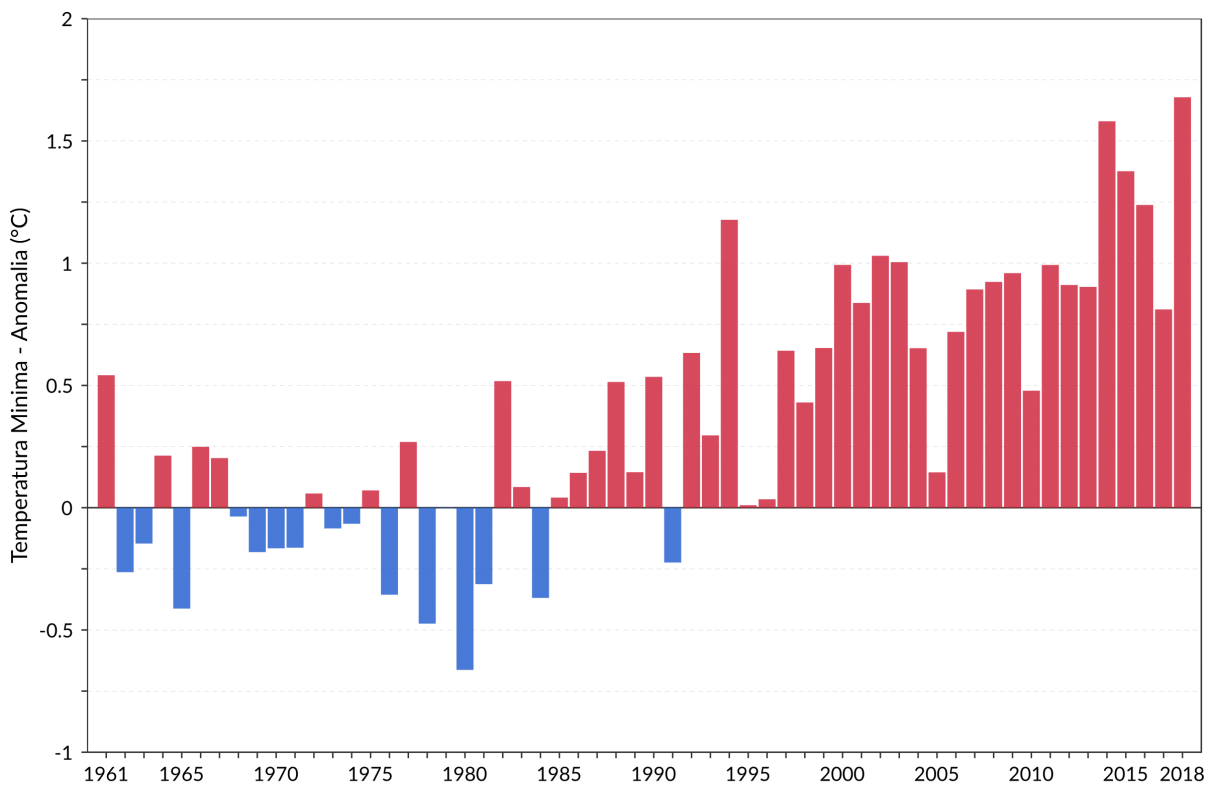


Figura 3.9: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima e massima in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

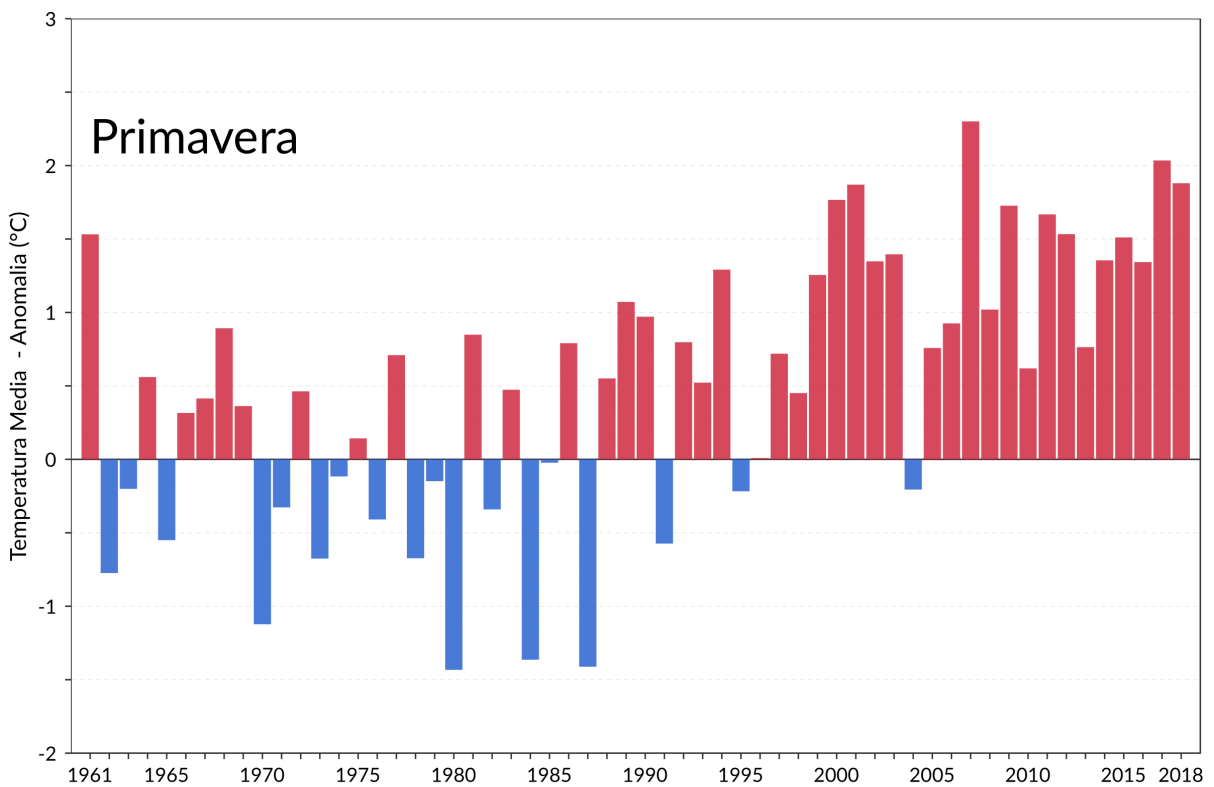
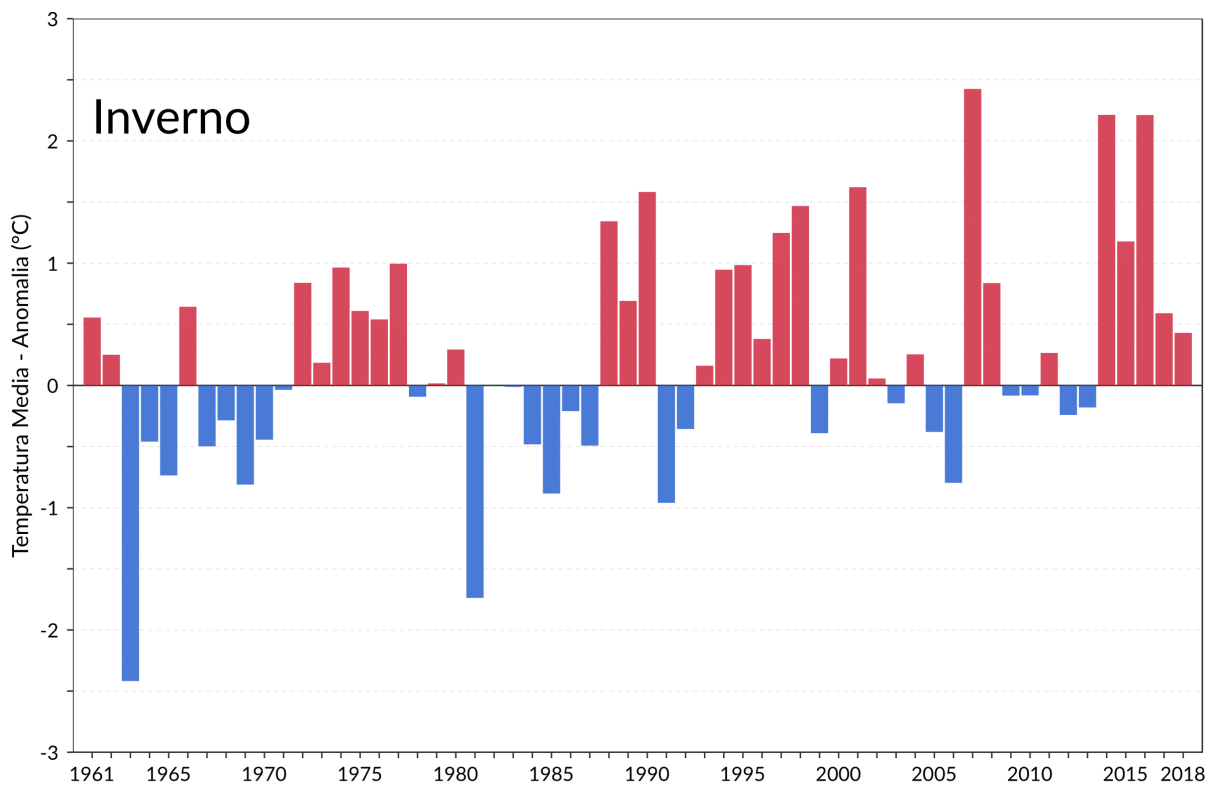


Figura 3.10a: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera). Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

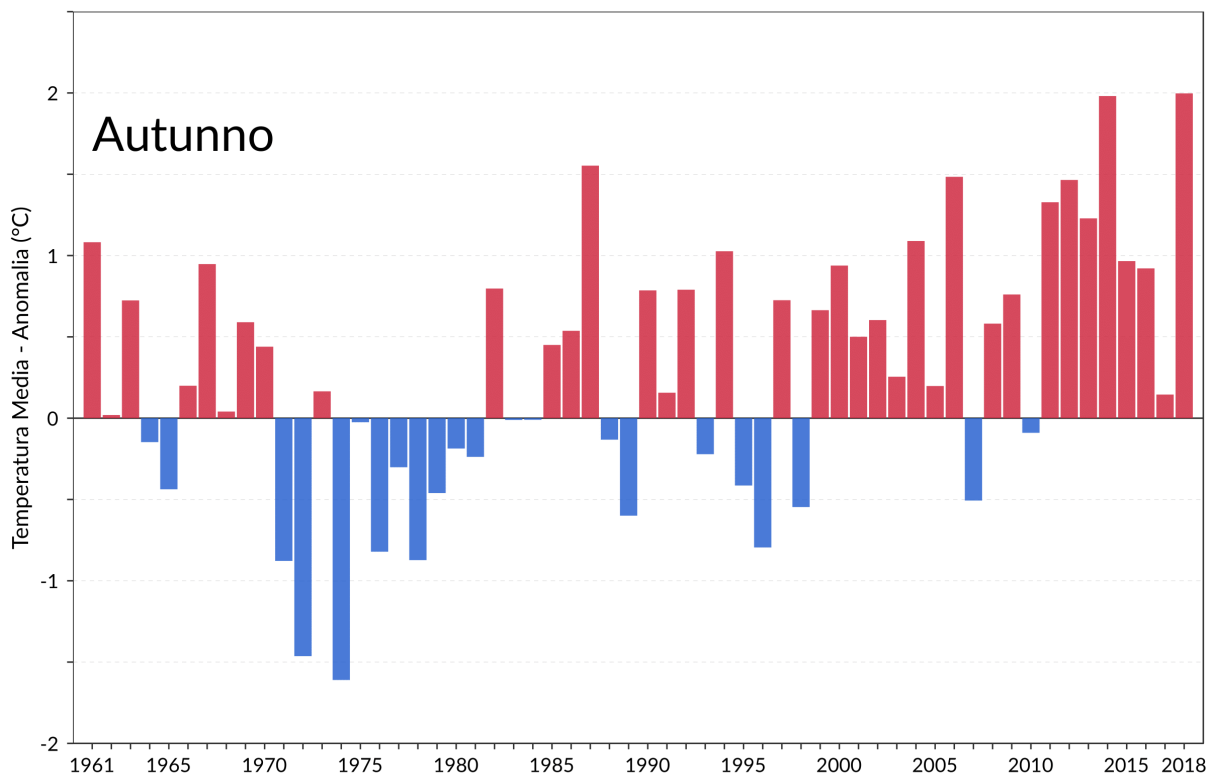
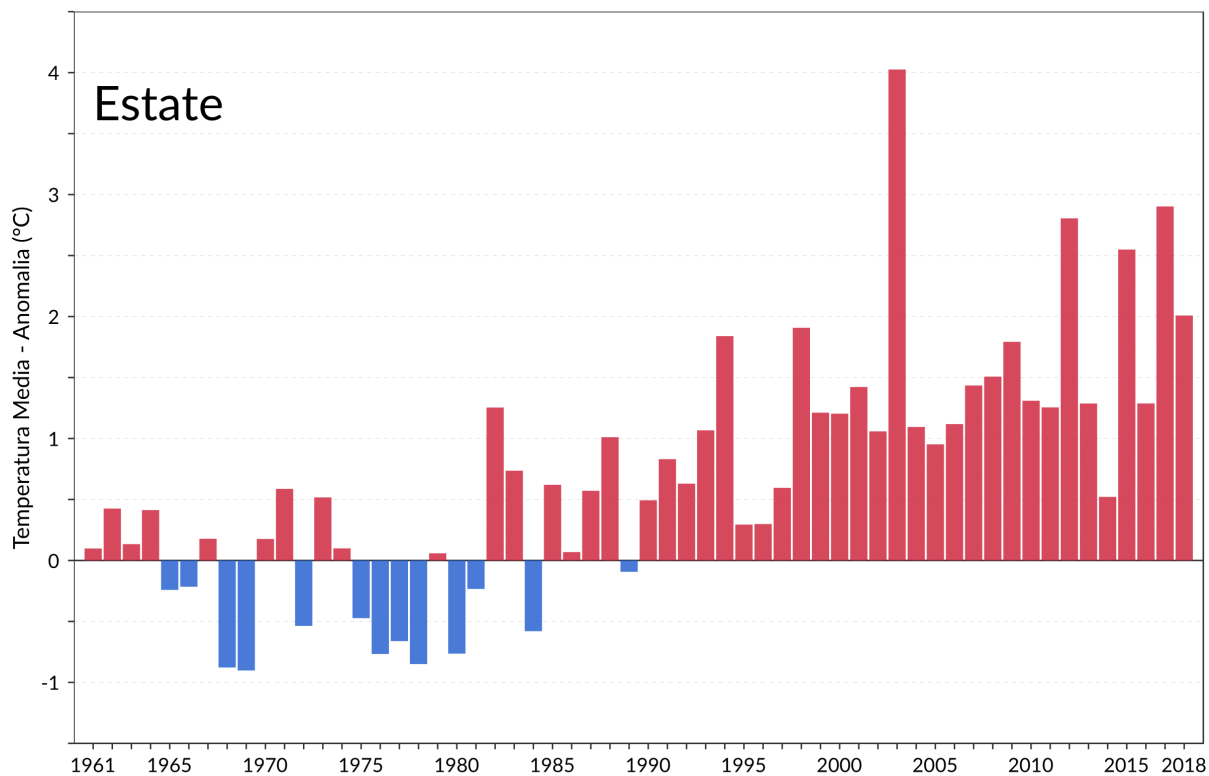


Figura 3.10b: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

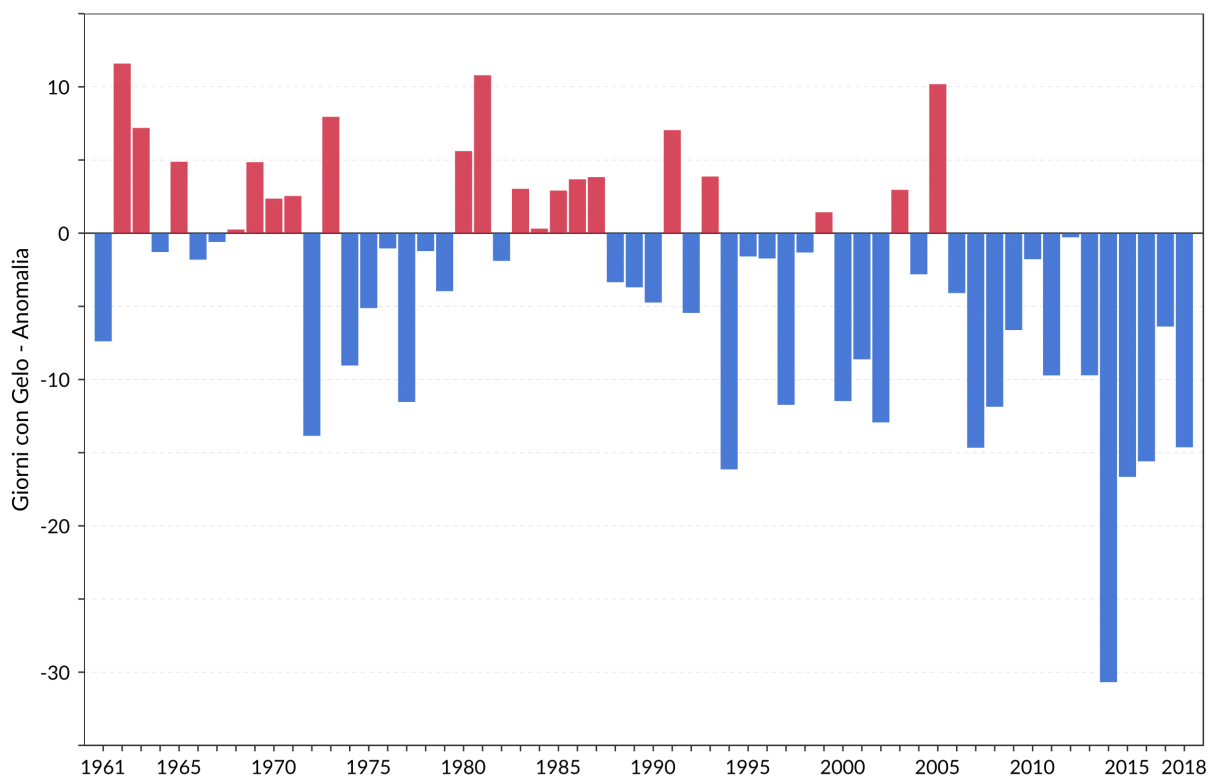


Figura 3.11: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

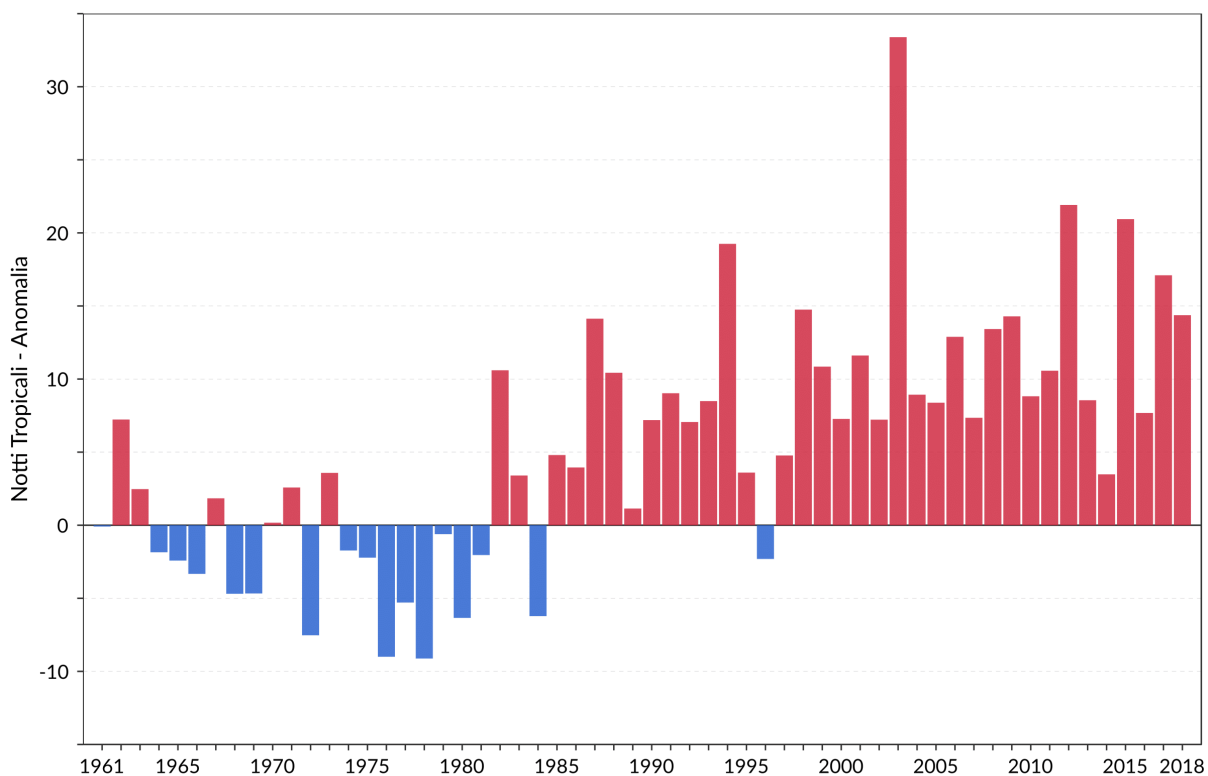


Figura 3.12: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

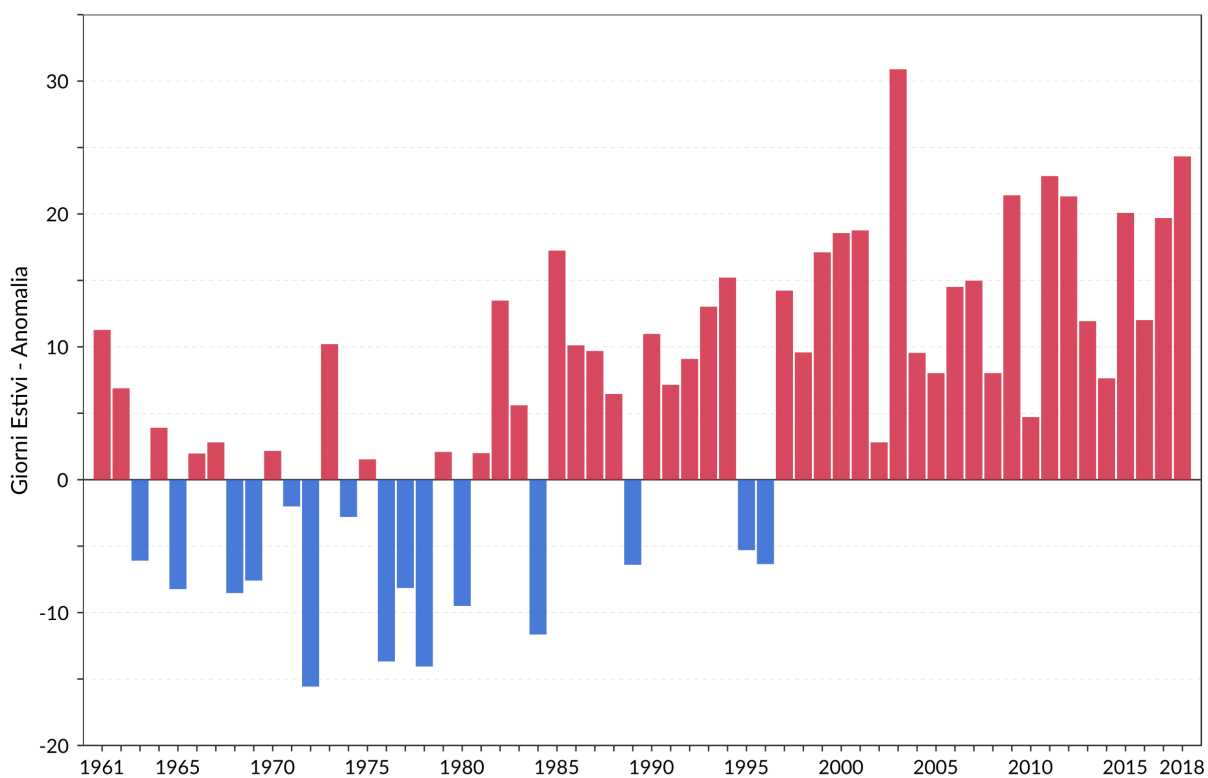


Figura 3.13: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

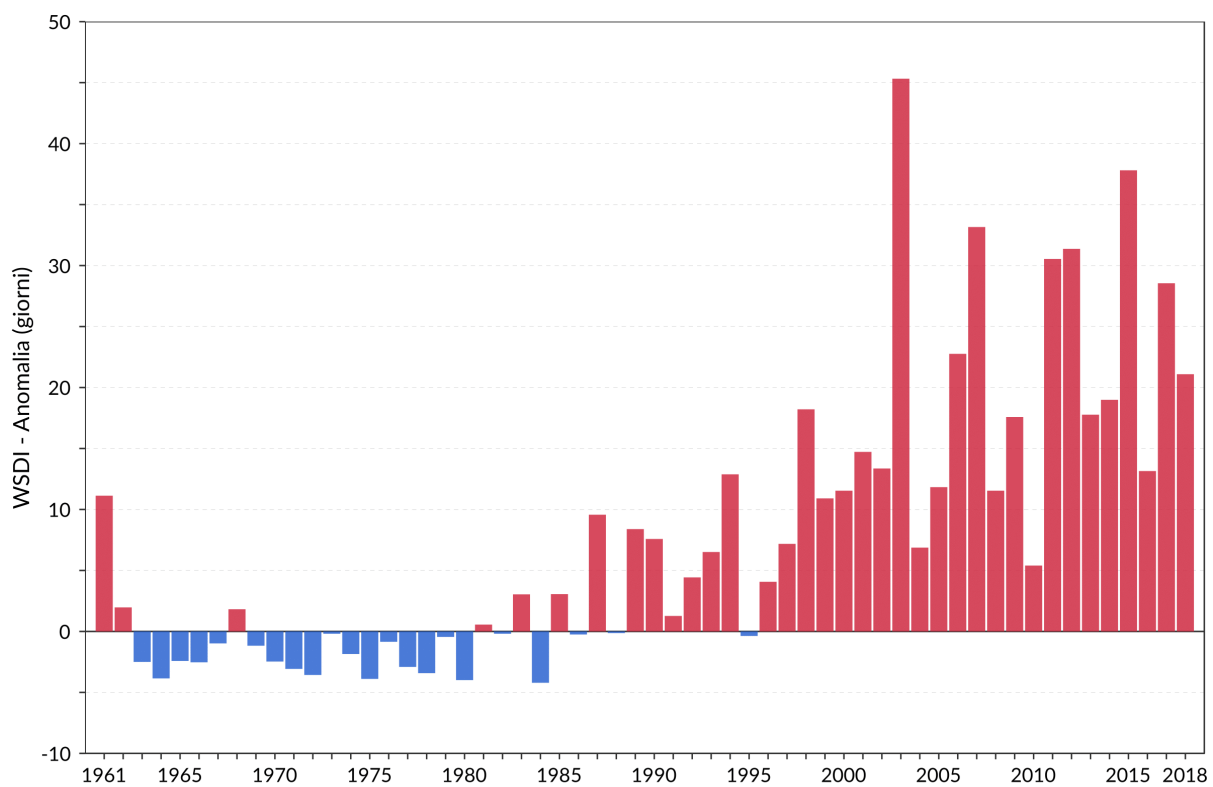


Figura 3.14: Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WSDI (Warm Spell Duration Index) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

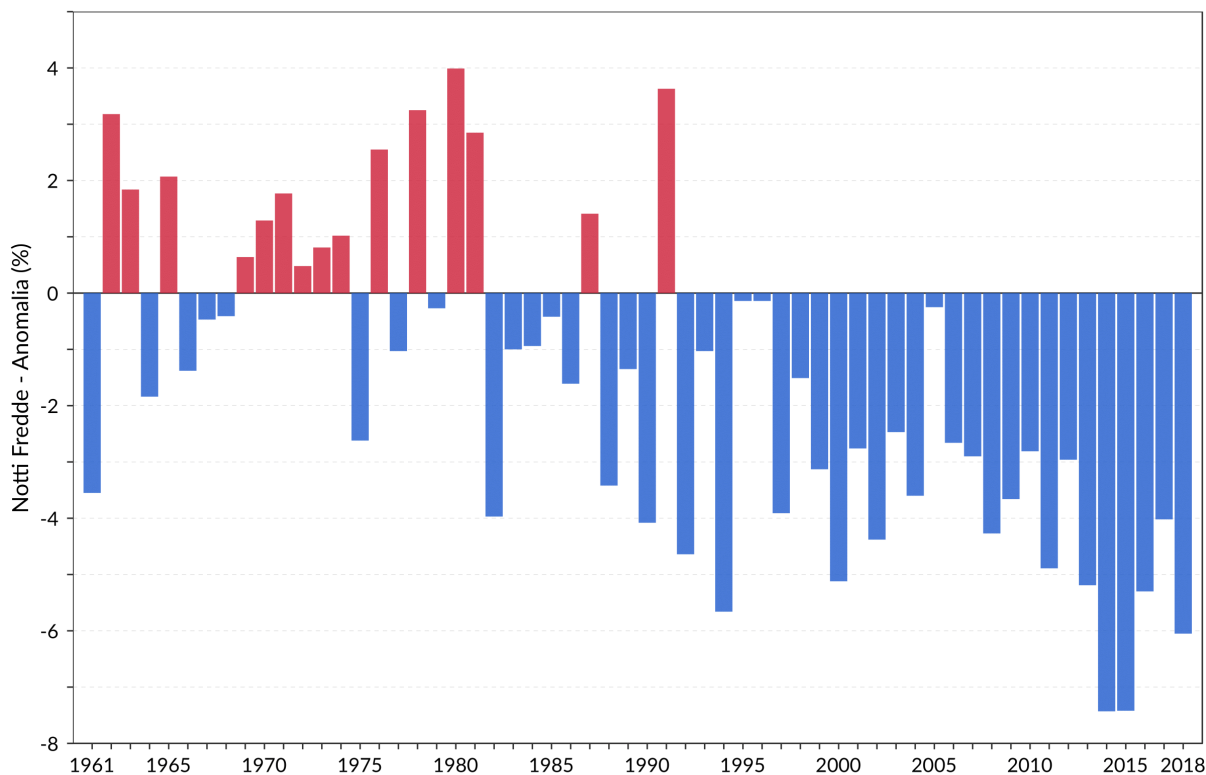


Figura 3.15: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti fredde in Italia (TN10p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

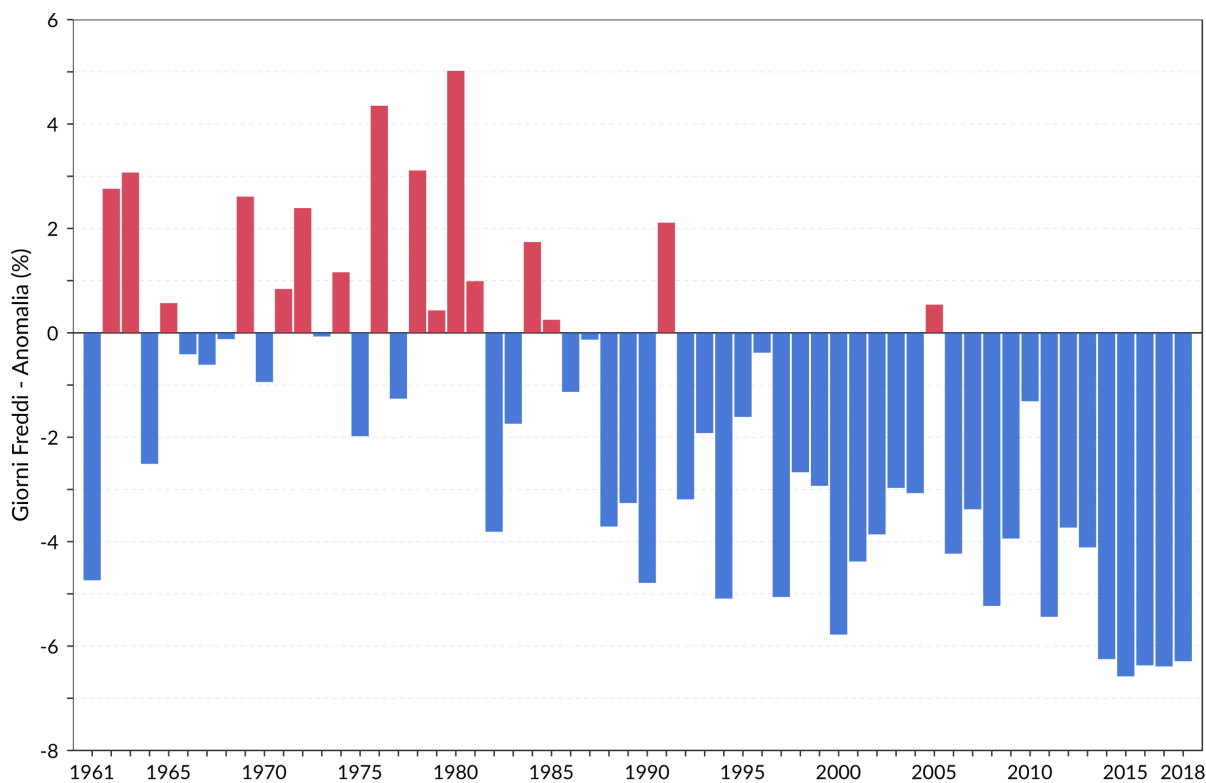


Figura 3.16: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni freddi in Italia (TX10p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

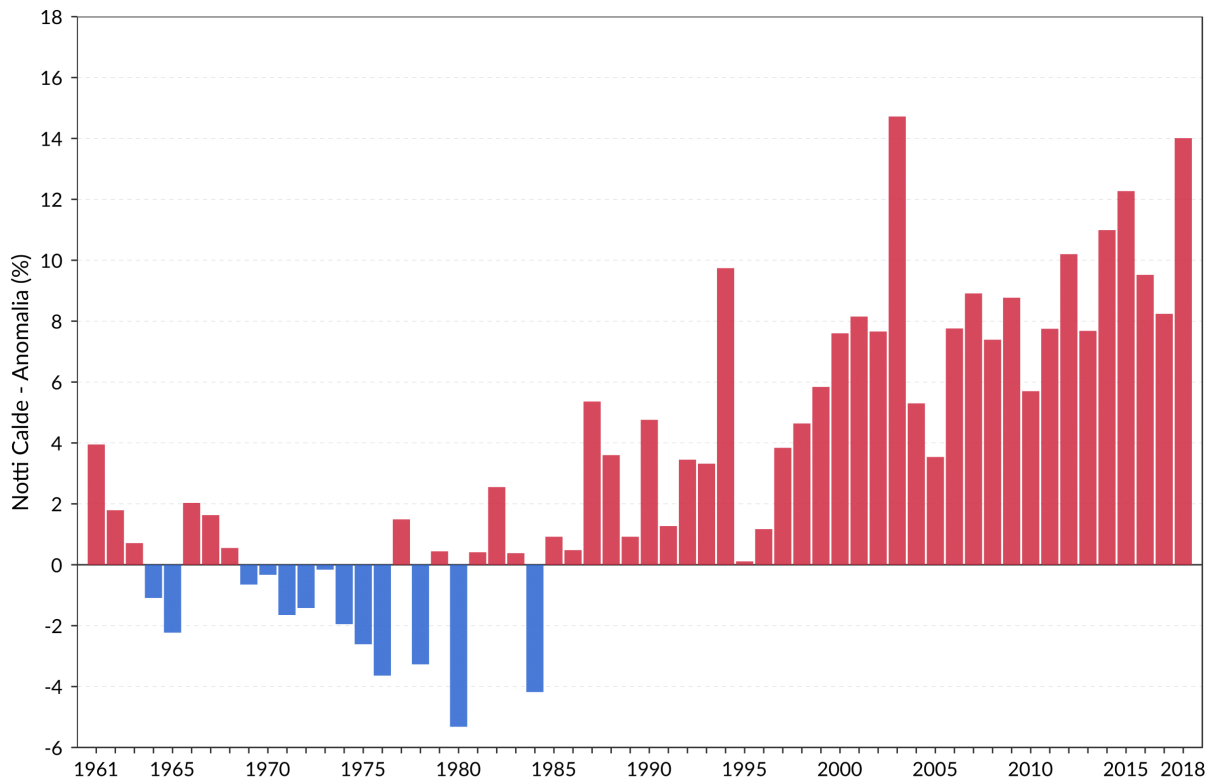


Figura 3.17: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti calde in Italia (TN90p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

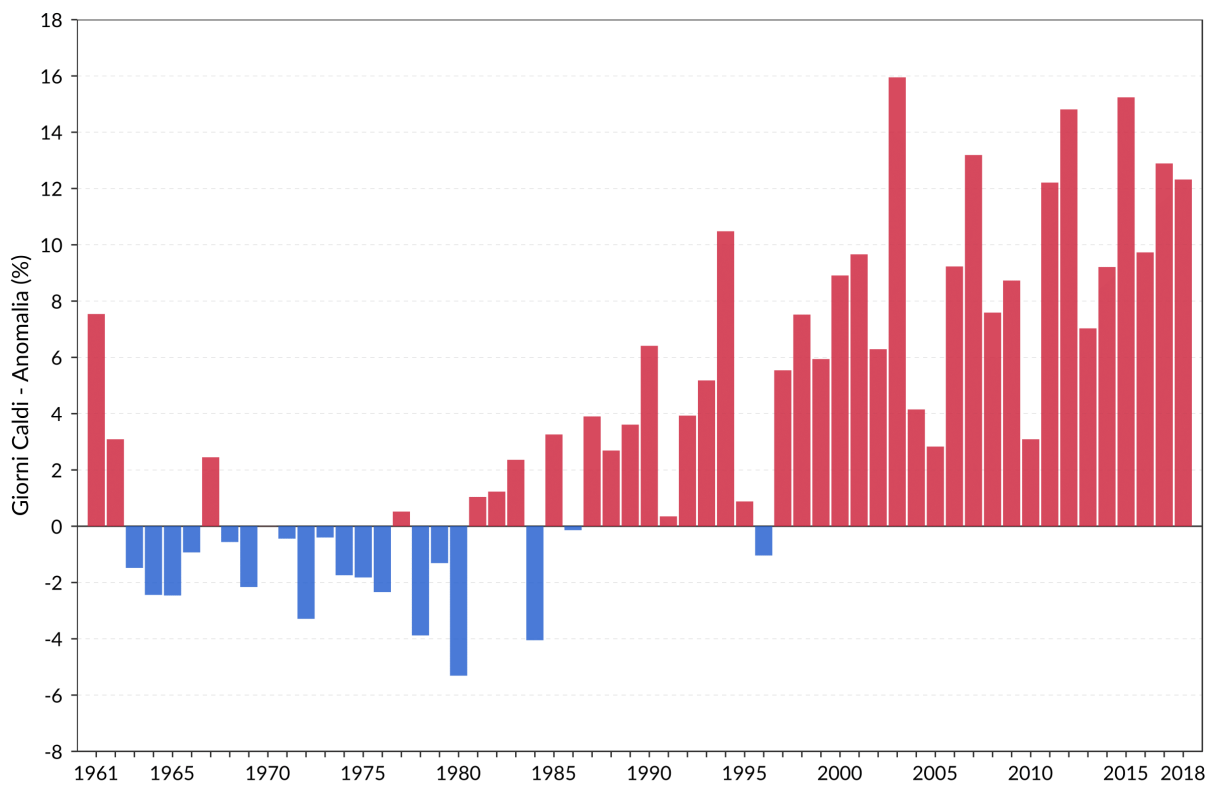


Figura 3.18: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni caldi in Italia (TX90p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE

Gli indicatori 2018 della temperatura superficiale dei mari italiani sono stati calcolati a partire dai dati elaborati dalla *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Essi rappresentano le stime dei valori medi mensili su un grigliato regolare alla risoluzione spaziale di $1^\circ \times 1^\circ$, ottenute dal lavoro di ricostruzione spaziale stabile della temperatura superficiale del mare a scala globale [21, 22]. Le stime sono basate sull'integrazione di misure da satellite e di dati dell'*International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set SST* (ICOADS, <http://icoads.noaa.gov/>), che si riferiscono a misure effettuate da navi, boe ed altri tipi di piattaforma.

Sono stati selezionati dal grigliato regolare sei gruppi di punti, ciascun gruppo rappresentativo di uno dei mari italiani (**figura 4.1**):

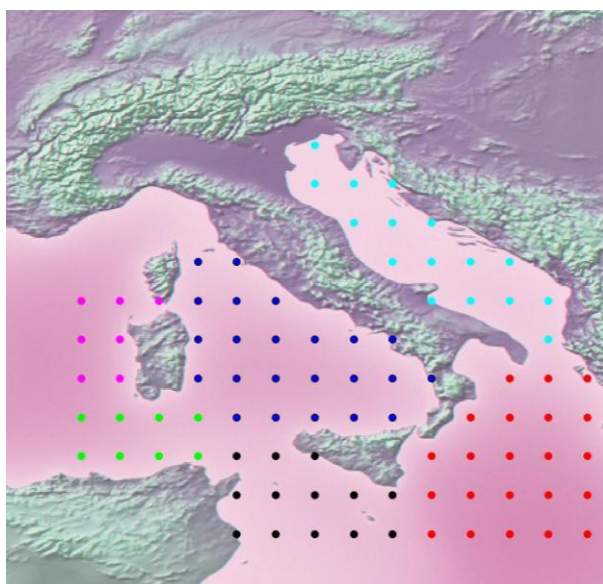


Figura 4.1: Punti di griglia selezionati per la temperatura media dei mari italiani. Blu: Tirreno; celeste: Adriatico; rosso: Ionio; nero: Canale di Sicilia; verde: Canale di Sardegna; viola: Mare di Sardegna.

I valori medi annui della temperatura media superficiale dei mari italiani nel 2018, così ottenuti, sono compresi tra 19.3°C (Mare di Sardegna) e 20.8°C (Ionio) (**figura 4.2**).

I valori mensili più bassi si registrano nel mese di febbraio per i mari Tirreno, Ionio e Canale di Sicilia, e nel mese di marzo per i restanti mari: Adriatico, Mare di Sardegna, Canale di Sardegna; i valori mensili più alti si registrano ad mese di agosto per tutti i mari. Il valore minimo è stato registrato nel mare Adriatico (13.0°C), quello massimo nel Tirreno, nello Ionio e nel Mare di Sardegna (27.5°C). Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2018 (**figura 4.3**) è stata nettamente superiore alla media climatologica 1961-1990. L'anomalia media è stata positiva in tutti i mesi dell'anno; gli scostamenti dai valori normali più elevati sono stati registrati nei mesi primaverili ed estivi, con un picco nel mese di agosto ($+2.2^\circ\text{C}$), seguito da giugno ($+1.8^\circ\text{C}$); nei primi tre mesi dell'anno la temperatura dei mari è stata di poco superiore alla media climatologica e il valore più basso di anomalia è stato registrato a marzo ($+0.1^\circ\text{C}$).

Esaminando la serie delle anomalie medie annuali rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, il 2018, con un'anomalia media di $+1.08^\circ\text{C}$, si colloca al 2° posto dell'intera serie (**figura 4.4**), dietro solamente al 2015. Negli ultimi 20 anni l'anomalia media è stata sempre positiva.

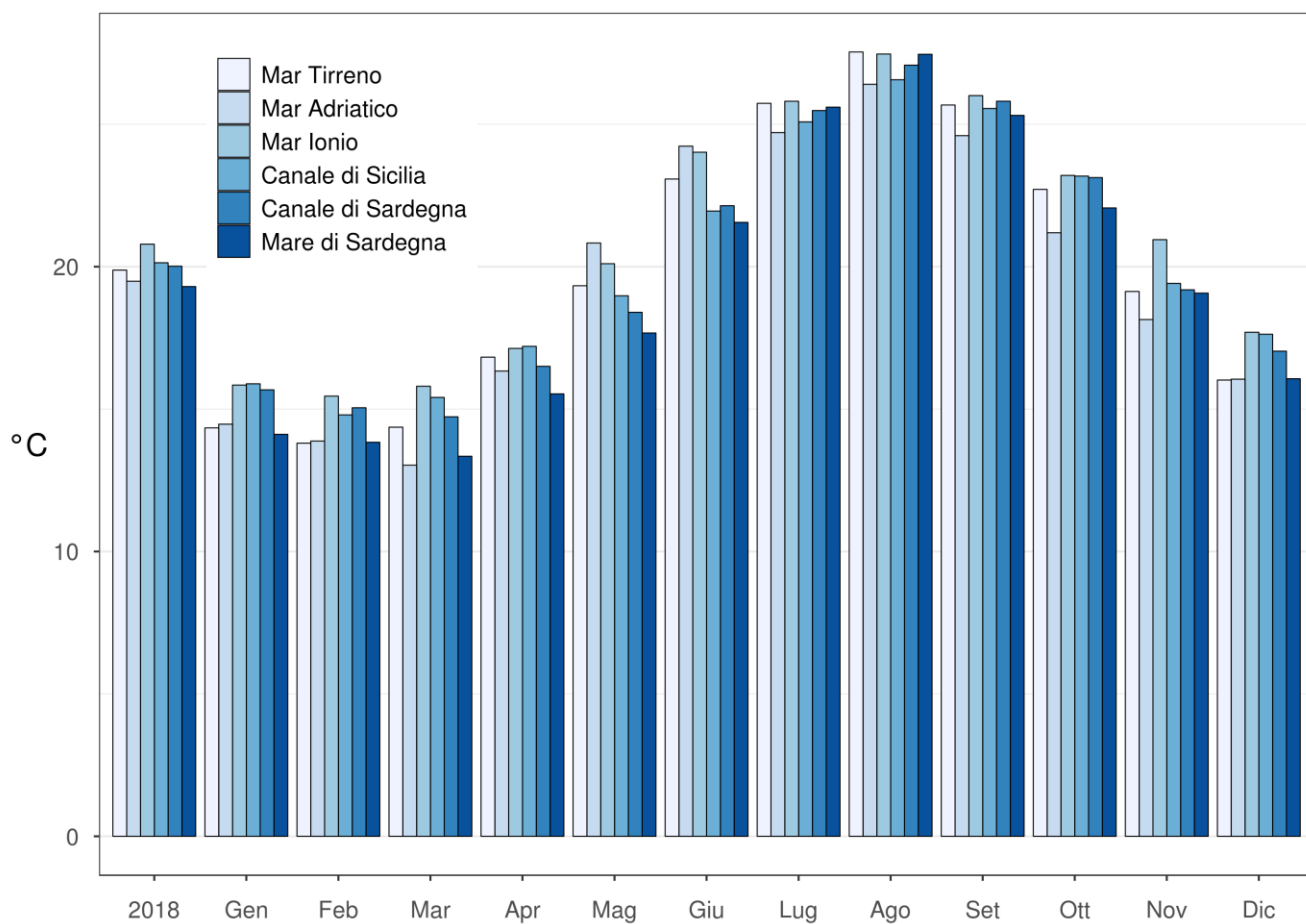


Figura 4.2: *Temperatura media superficiale del mare 2018 in Italia (annuale e mensile). Elaborazione ISPRA su dati NOAA.*

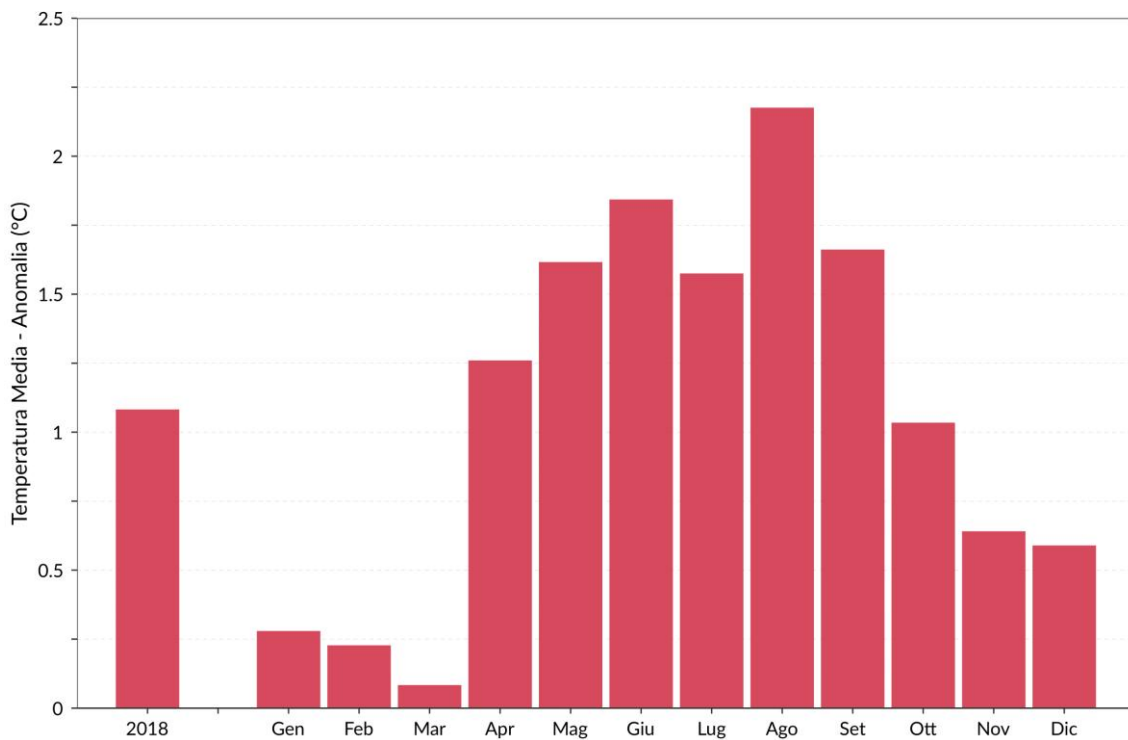


Figura 4.3: Anomalia media 2018 (annuale e mensile) della temperatura media superficiale dei mari italiani rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

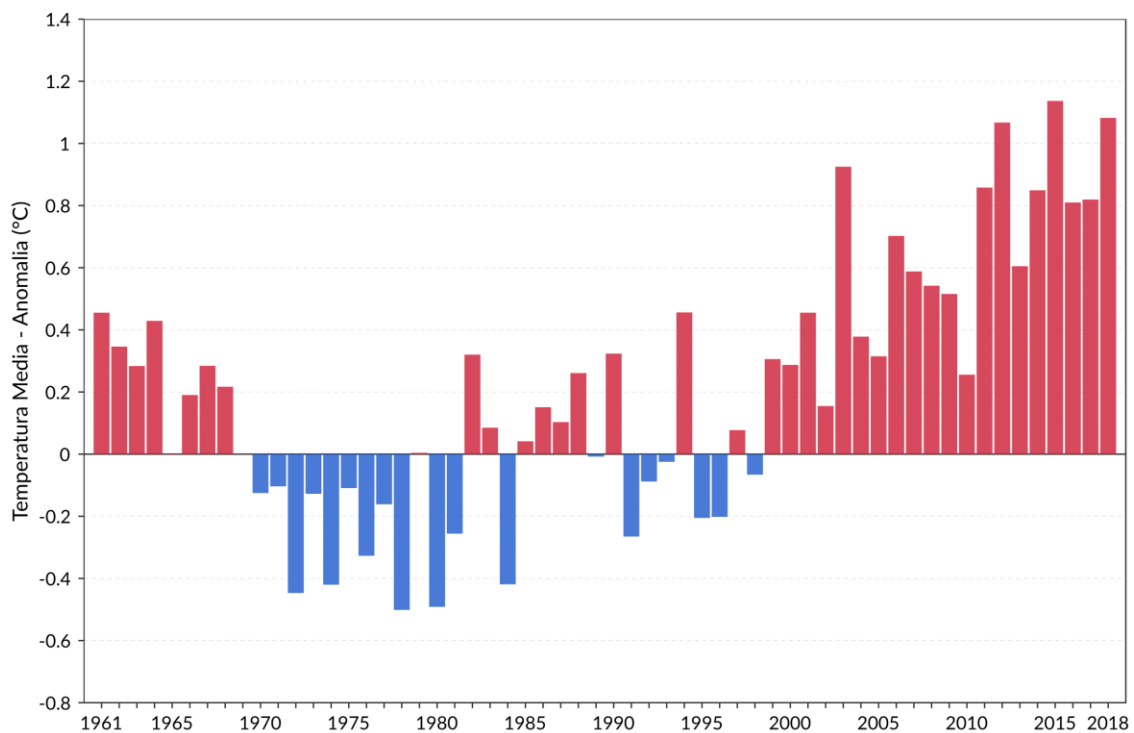


Figura 4.4: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

5. PRECIPITAZIONE

Anno 2018

Nella **figura 5.1** è rappresentata la mappa delle precipitazioni cumulate annuali.

Nel 2018 in Italia le precipitazioni sono state superiori alla media climatologica. Le cumulate annuali più elevate sono state registrate sulle Alpi e Prealpi orientali (3042 mm a Musi (UD), 2876 mm a Rifugio La Guardia - Recoaro e Turcati Recoaro (VI)) e nel Piemonte settentrionale (2805 mm a Piedicavallo (BI), 2725 mm a Sambughetto (VB) e 2621 mm a Oropa (BI)). I valori più bassi sono stati registrati a Ustica (240 mm) e da alcune stazioni della Sicilia meridionale e della Puglia, con cumulate annuali inferiori a 400 mm.

L'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno è illustrato dai grafici delle **figure 5.2 e 5.3** e dalle mappe delle **figure 5.4-5.6**, in cui sono rappresentate le anomalie di precipitazione cumulata rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Le precipitazioni cumulate annuali del 2018 sono state complessivamente superiori alla media climatologica del 18% circa. L'andamento nel corso dell'anno è stato piuttosto altalenante e diversificato per macroregioni: al Nord il mese relativamente più piovoso è stato ottobre (anomalia media + 87%), seguito da marzo (+62%) e maggio (+40%); al Centro i mesi relativamente più piovosi sono stati marzo (+131%), maggio e febbraio; al Sud i mesi estivi: agosto (nettamente più piovoso della media: +275%), giugno (+226%) e maggio (+132%).

I mesi più secchi rispetto alla norma sono stati dicembre (soprattutto al nord, con un'anomalia di -66%), settembre, aprile e, limitatamente al Centro e al Sud, gennaio.

Le **figure 5.4 e 5.5** mostrano la distribuzione spaziale dell'anomalia di precipitazione cumulata annuale del 2018, espressa rispettivamente come differenza percentuale e come differenza in mm di precipitazione rispetto al valore climatologico 1961-1990. La precipitazione cumulata annuale è stata superiore al valore normale 1961-1990 su gran parte del territorio nazionale. Le anomalie positive di precipitazione sono state particolarmente elevate sull'arco alpino occidentale, sulla Liguria di ponente e sulla Sardegna, dove le cumulate annuali sono state anche più del doppio dei valori normali di riferimento. In alcune aree del Nord (tra cui parte dell'Emilia e del Friuli Venezia Giulia) e del Centro (Toscana settentrionale, Umbria orientale) le precipitazioni sono state invece leggermente inferiori alla norma (fino a -25% circa). Le mappe delle **figure 5.6a e 5.6b** mostrano l'andamento delle precipitazioni sul territorio nazionale mese per mese. Vengono messe in rilievo le caratteristiche di notevole piovosità dei mesi di marzo e maggio un po' ovunque e di giugno e agosto soprattutto al meridione; e di relativa siccità nei mesi di gennaio, aprile, settembre e dicembre; a febbraio le precipitazioni sono state nettamente inferiori alla media su Alpi e Prealpi.

Variazioni e tendenze

L'andamento delle precipitazioni in Italia negli ultimi decenni è illustrato dalle serie di anomalie di precipitazione cumulata annuale nel periodo 1961-2018, rispetto al valore climatologico 1961-1990 (**figure 5.7 e 5.8**).

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di +18% circa, il 2018 si colloca all'8° posto tra gli anni più piovosi dell'intera serie dal 1961. In particolare, le precipitazioni sono state superiori alla norma soprattutto al meridione, dove l'anomalia annuale del 2018 (+29%) risulta essere la quarta più elevata di tutta la serie.

Dalle serie di anomalia della precipitazione cumulata stagionale (**figura 5.9**) si rileva che sia l'estate, (anomalia media +62%) che la primavera (+38%) del 2018, si collocano al terzo posto tra le più piovose dell'intera serie dal 1961; anomalie più contenute, ma sempre positive, per l'autunno e l'inverno. Per l'inverno, la precipitazione cumulata stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

Nella **tabella 2** vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata nel periodo 1961-2018, calcolati con un modello di regressione lineare. Le stime sono sostanzialmente confermate anche applicando un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall, [15]). I trend sono stati calcolati dapprima per le serie annuali aggregando le stazioni dell'Italia intera, del Nord, del Centro e del Sud e Isole e poi per le serie stagionali dell'Italia intera.

In tutti i casi non risultano tendenze statisticamente significative.

PRECIPITAZIONE CUMULATA	TREND (%/10 anni)
ANNUALE	
Italia	(-0.14 ± 1.0)
Nord	(+0.1 ± 1.2)
Centro	(-1.3 ± 1.1)
Sud e Isole	(+0.3 ± 1.3)
STAGIONALE (Italia)	
Inverno	(-1.1 ± 2.2)
Primavera	(+1.0 ± 1.5)
Estate	(-1.7 ± 2.4)
Autunno	(+1.7 ± 1.9)

Tabella 2: Trend stimati con il modello di regressione lineare (e relativo errore standard) delle precipitazioni cumulate dal 1961 al 2018. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi al livello del 5%.

Frequenza, intensità, estremi

Nella **figura 5.10** sono rappresentate le precipitazioni massime giornaliere registrate nel 2018. Per massima giornaliera si intende qui il valore massimo delle precipitazioni cumulate su intervalli fissi dalle ore 0 alle ore 24 e non quello su tutti gli intervalli di 24 ore a orario mobile, che può evidentemente essere maggiore. Va inoltre tenuto presente che i valori interpolati sul grigliato regolare e spazializzati su mappa sono generalmente inferiori ai massimi registrati dalle singole stazioni.

I valori più elevati sono stati registrati il 27 ottobre in Liguria e il 28 ottobre in Friuli Venezia Giulia. Sulle Dolomiti Friulane diverse stazioni pluviometriche hanno registrato precipitazioni cumulate nelle 24 ore comprese tra 300 e 400 mm, con un massimo di 406 mm a Casera Pradut (PN). In Liguria le precipitazioni giornaliere più elevate risultano comprese tra 250 e 300 mm, con una punta di 307 mm a Cabanne (GE). Un'altra area che ha registrato precipitazioni giornaliere molto intense è la Calabria ionica, dove il 4 ottobre diverse località hanno ricevuto più di 200 mm di precipitazione, con una punta di 340 mm registrata dalla stazione di Cenadi-Serralta.

La precipitazione massima oraria è stata invece registrata il 16 settembre a Sparone (TO, 99.4 mm) in occasione di eventi temporaleschi particolarmente intensi. Sempre in Piemonte, il 4 luglio sono stati registrati 90.6 mm in un'ora a Varallo. A seguire, il 1° settembre due stazioni della rete regionale del Veneto hanno registrato precipitazioni superiori a 80 mm: Grezzana (82.4 mm) e Roverchiara (80.4 mm), entrambe in provincia di Verona.

Nella **figura 5.11** sono rappresentati i valori del numero di giorni asciutti, cioè con precipitazione inferiore o uguale a 1 mm. I valori più elevati si registrano a Ustica (317 giorni), Termoli (CB, 314 giorni) e Pachino (SR, 313 giorni); valori elevati si registrano anche sulle coste adriatica, ionica e della Sicilia ed in Pianura Padana. Il valori più bassi (tra 210 e 220 giorni asciutti) si registrano sulle Alpi e sulla dorsale appenninica.

Le **figure 5.12 e 5.13** mostrano le mappe dello Standard Precipitation Index (SPI). L'SPI è un indice di siccità, che si ottiene tramite una normalizzazione della distribuzione di probabilità della pioggia, stimata elaborando lunghe serie storiche di precipitazione, in questo caso di almeno 30 anni. Conseguentemente, regioni a clima secco o umido sono "valutate" nello stesso modo. I valori di SPI possono riferirsi a diversi intervalli di tempo (da 1 a 24 mesi), in funzione del settore di applicazione (meteorologico, agricolo o idrologico). Qui vengono riportate la mappa di SPI a 12 mesi dell'anno solare 2018 e le mappe di SPI a 3 mesi relative alle 4 stagioni del 2018: inverno (da dicembre 2017 a febbraio 2018), primavera (da marzo a maggio 2018), estate (da giugno ad agosto 2018), autunno (settembre-novembre 2018). Va tenuto presente che tutte le mappe sono ottenute interpolando i valori

di SPI di circa 400 stazioni distribuite in modo non uniforme sul territorio nazionale; conseguentemente, esse danno una rappresentazione dell'indice a scala nazionale a bassa risoluzione spaziale e non possono essere utilizzate per una stima accurata dell'SPI a scala locale o per singoli bacini idrografici.

Nella **figura 5.14** sono rappresentati i valori di un altro indice di siccità, il *Consecutive Dry Days* (CDD), che rappresenta il numero massimo di giorni consecutivi nell'anno con precipitazione giornaliera inferiore o uguale a 1 mm. I valori più alti si registrano nella Sardegna settentrionale (fino a 90 giorni secchi consecutivi), seguita dalla Sicilia sud-occidentale e dalla Sardegna occidentale (fino a 60 giorni secchi consecutivi). Nel resto del territorio nazionale i giorni secchi consecutivi sono stati relativamente bassi (quasi ovunque inferiori a 40), a conferma di un anno più piovoso della norma. La durata minima dei periodi siccità è di 10 -15 giorni e si registra sulle Alpi centro-occidentali e sulla dorsale appenninica centro-settentrionale.

Come per la temperatura, per valutare l'andamento della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti dal Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM [16]. Vengono presentate le serie temporali di anomalia degli indici per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale, ottenuti aggregando i dati di stazioni appartenenti a ciascuna macro-area. I criteri di selezione delle serie utili e i metodi di calcolo degli indici, che riprendono quelli di valutazioni analoghe a scala globale o continentale [18, 19], sono descritti in [13]. Per favorire l'impiego di un maggior numero di serie, è stato considerato come periodo di riferimento il trentennio climatologico 1971-2000 e i risultati sono presentati sotto forma di serie di anomalie degli indici dal 1971 al 2018.

L'indice R10mm rappresenta il numero di giorni nell'anno con precipitazione ≥ 10 mm (**figura 5.15**). L'indice R95p rappresenta la somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile della distribuzione delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi nel periodo climatologico 1971-2000 (**figura 5.16**). L'intensità di pioggia giornaliera (SDII, *Simple Daily Intensity Index*) rappresenta la precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell'anno, considerando piovosi i giorni con precipitazione ≥ 1 mm (**figura 5.17**). Complessivamente, dall'analisi delle serie temporali di questi indici non emergono segnali netti di variazioni della frequenza e della intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo.

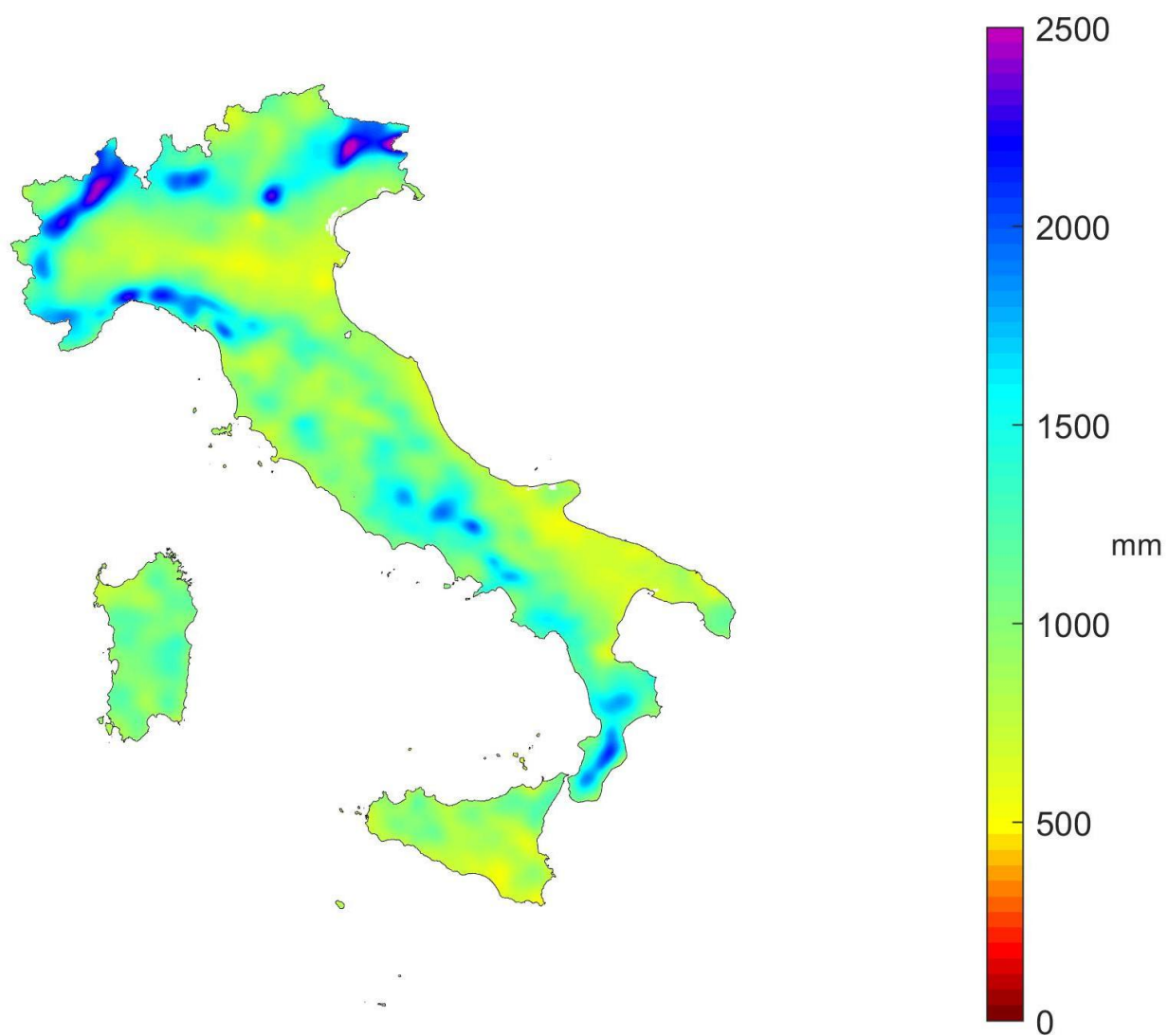


Figura 5.1: *Precipitazione cumulata 2018.*

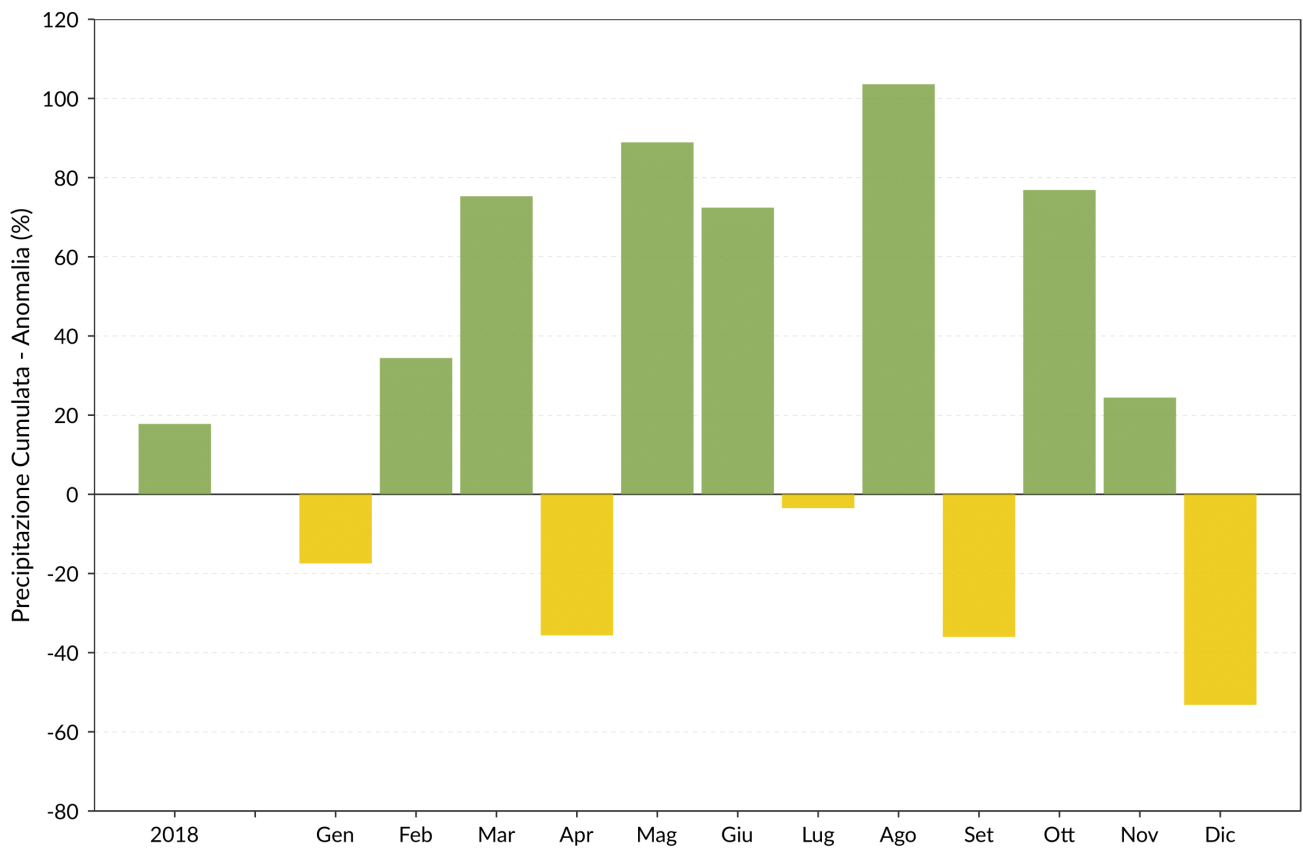


Figura 5.2: *Anomalia media mensile ed annuale 2018, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata in Italia, rispetto al valore normale 1961-1990.*

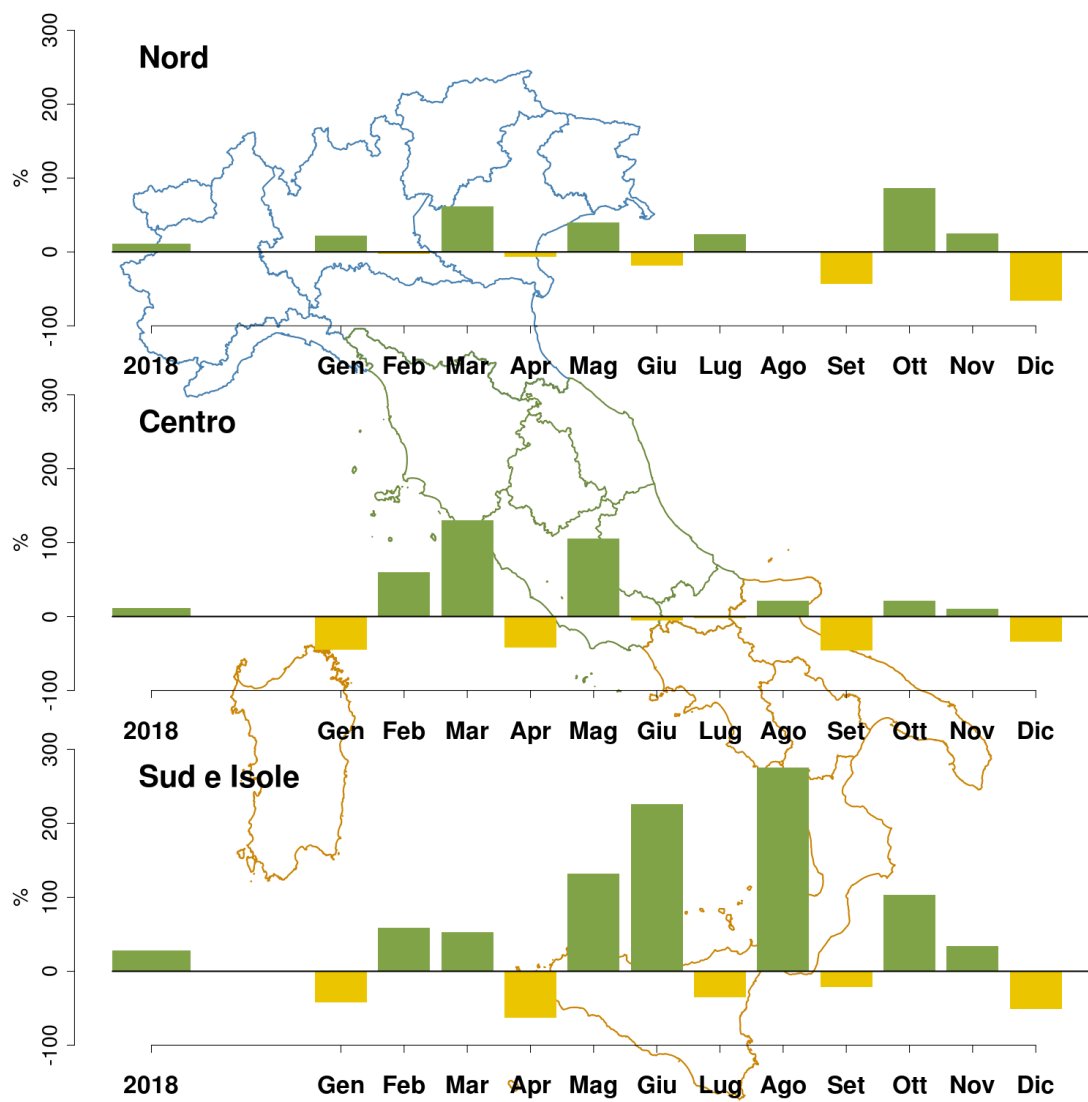


Figura 5.3: Anomalia media mensile ed annuale 2018, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata Nord, Centro, Sud e Isole, rispetto al valore normale 1961-1990.

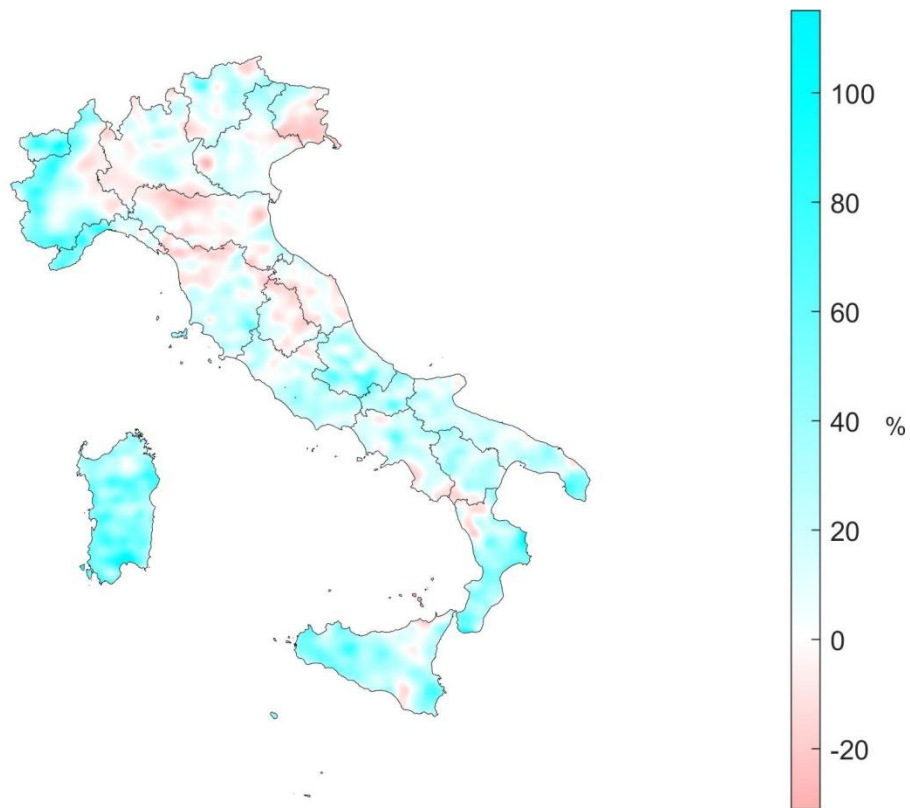


Figura 5.4: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2018, espressa in valori percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990.

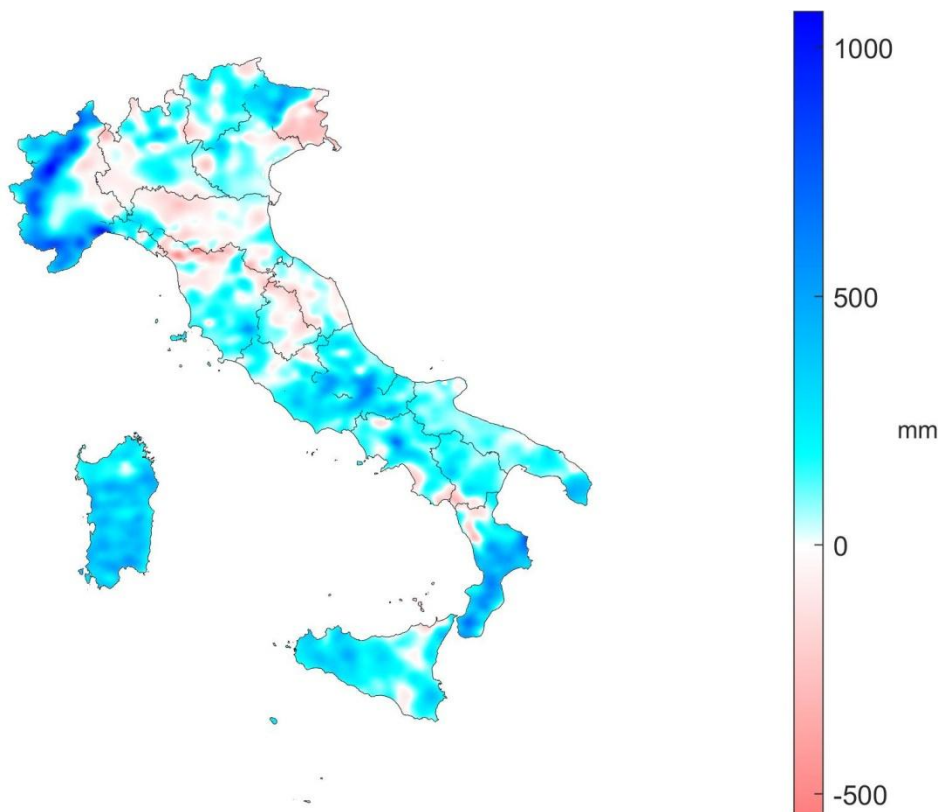


Figura 5.5: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2018, espressa in mm, rispetto al valore normale 1961-1990.

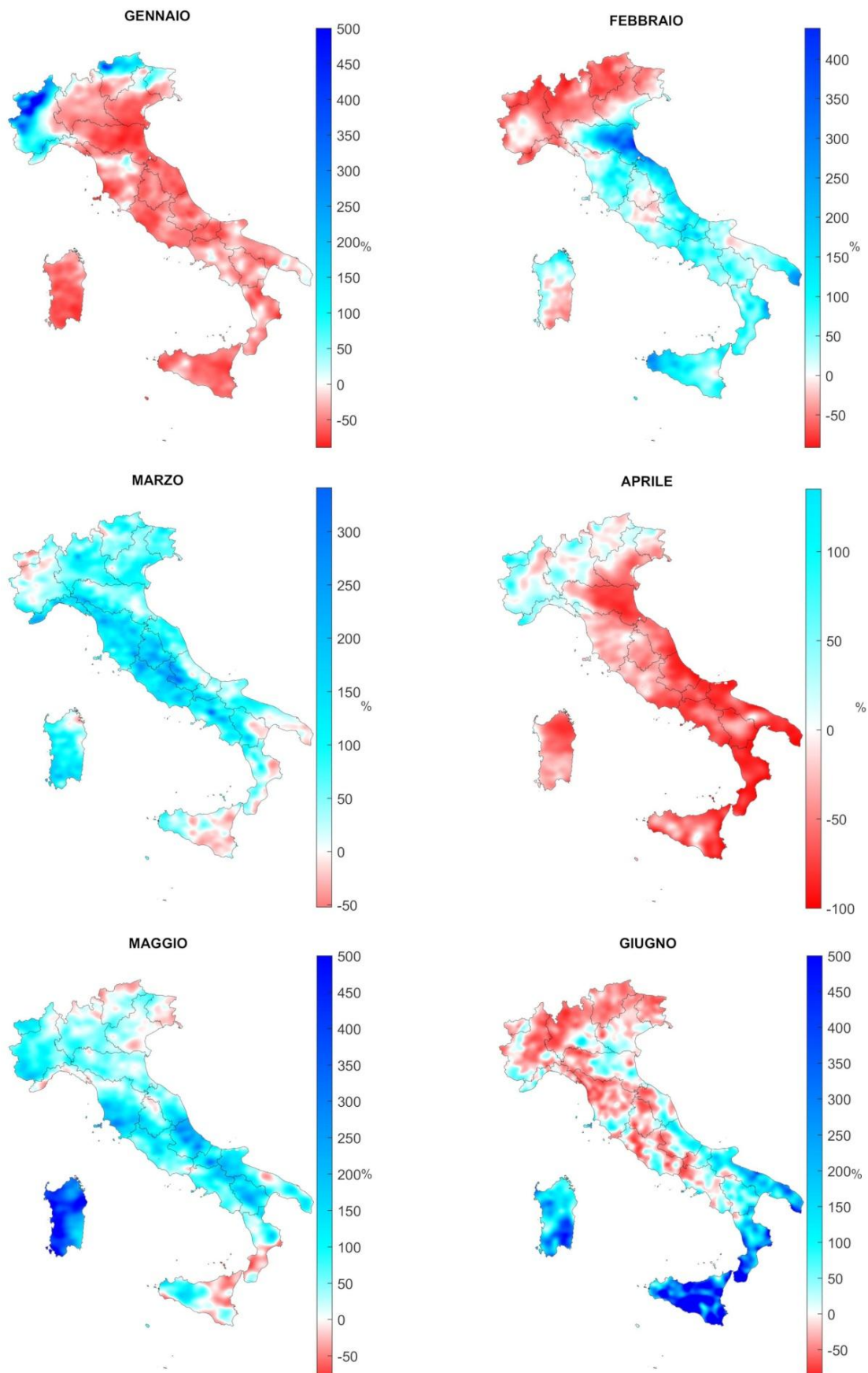


Figura 5.6a: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (gennaio-giugno) 2018, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

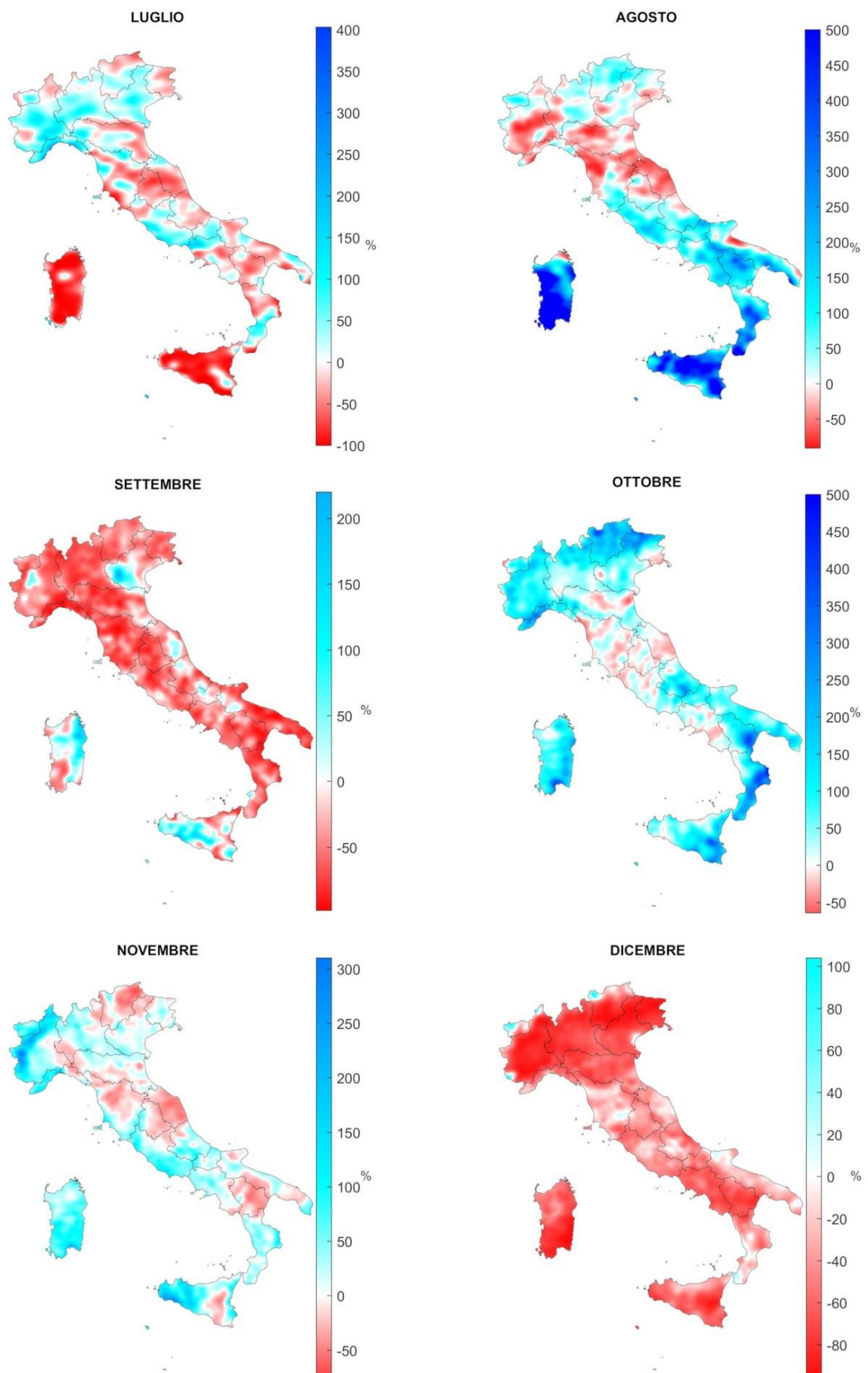


Figura 5.6b: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (luglio-dicembre) 2018, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

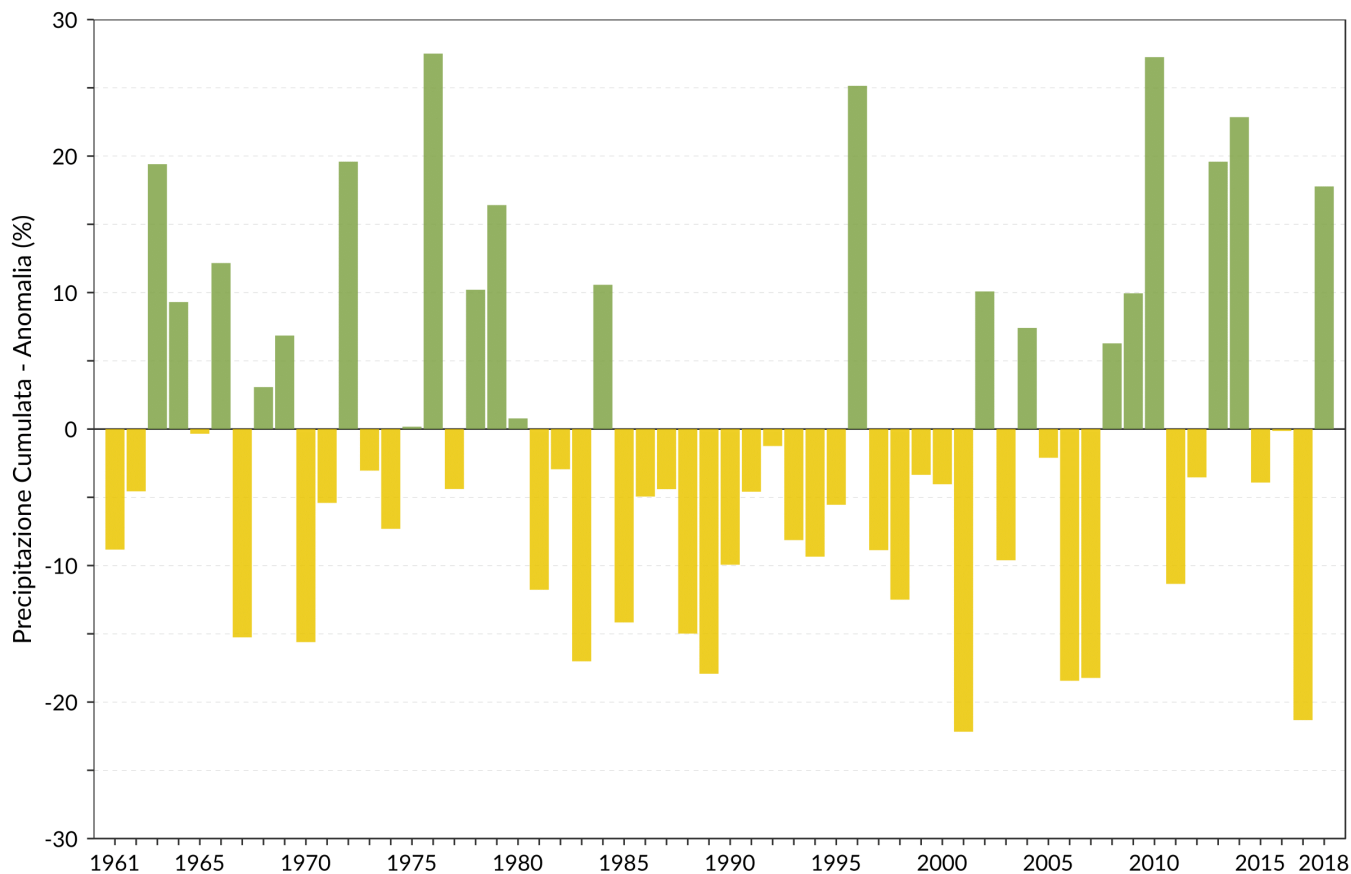


Figura 5.7: Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

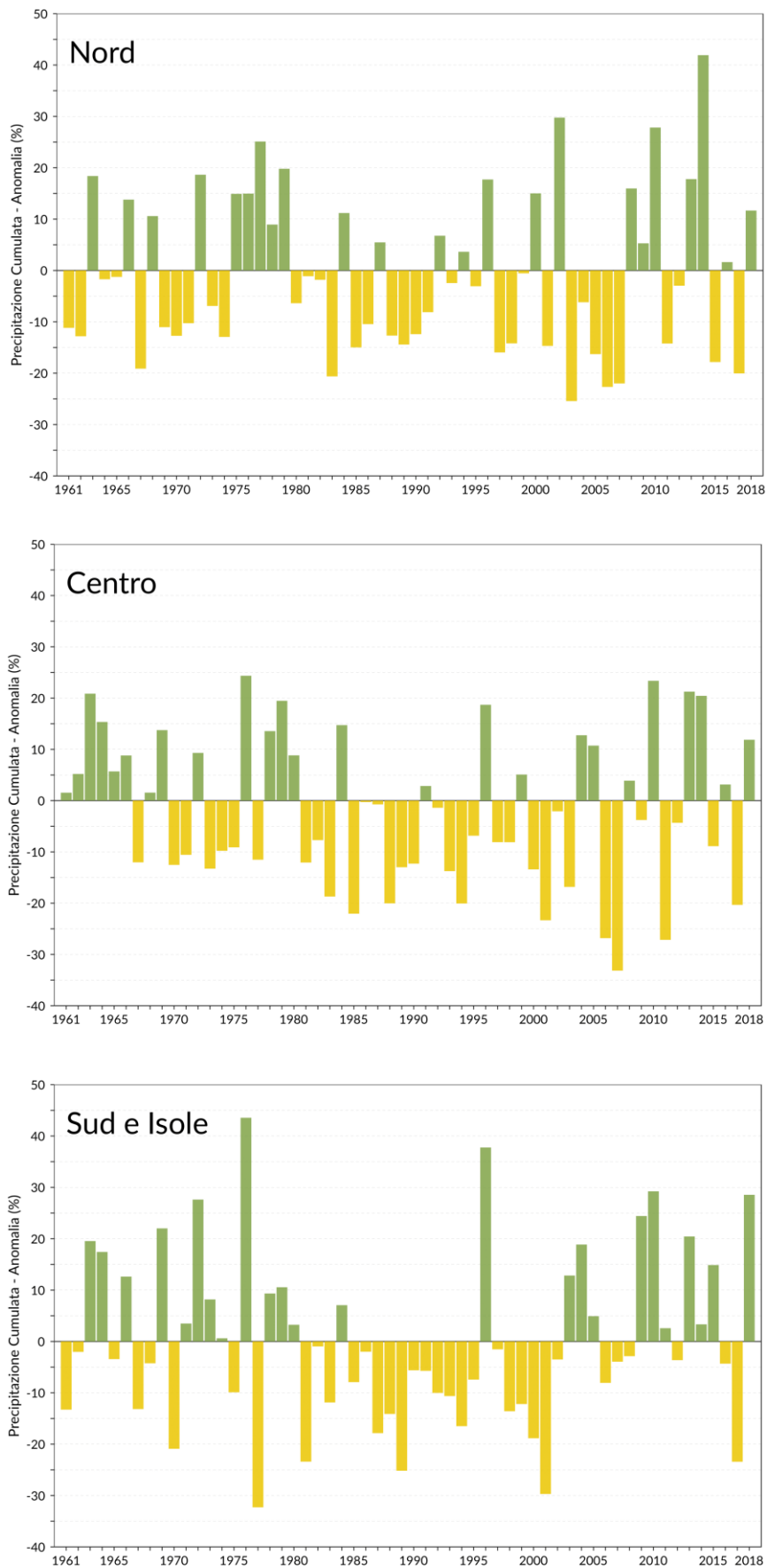


Figura 5.8: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

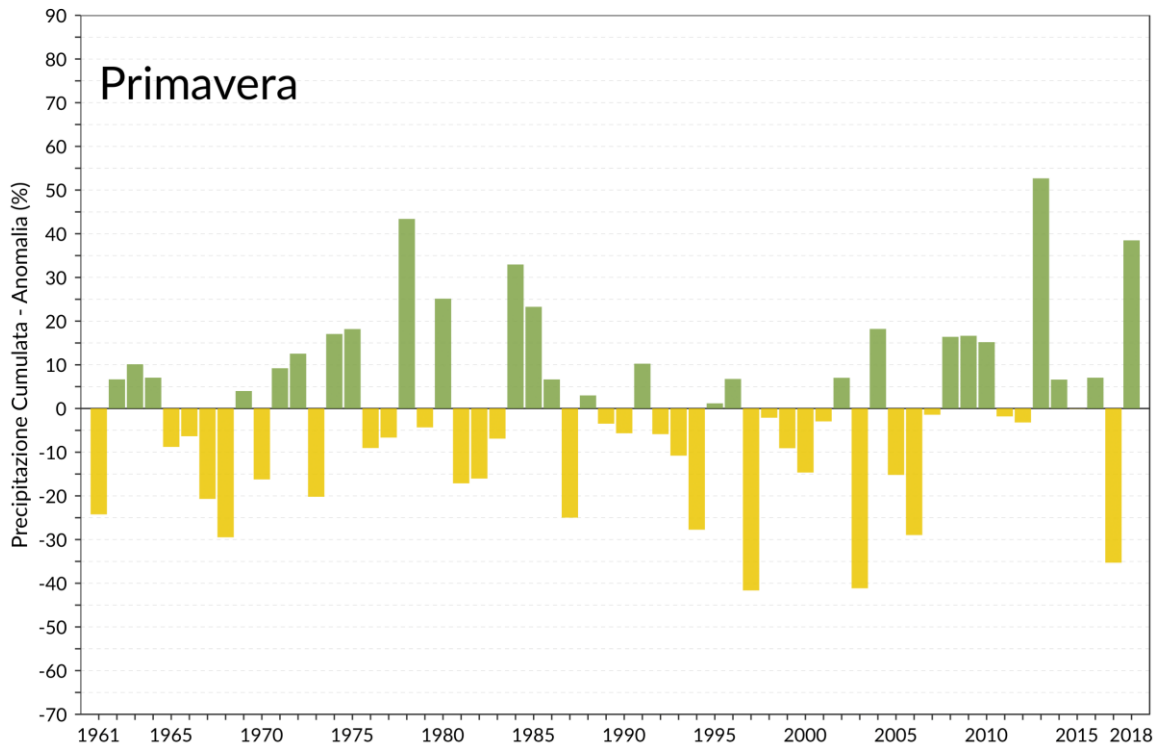
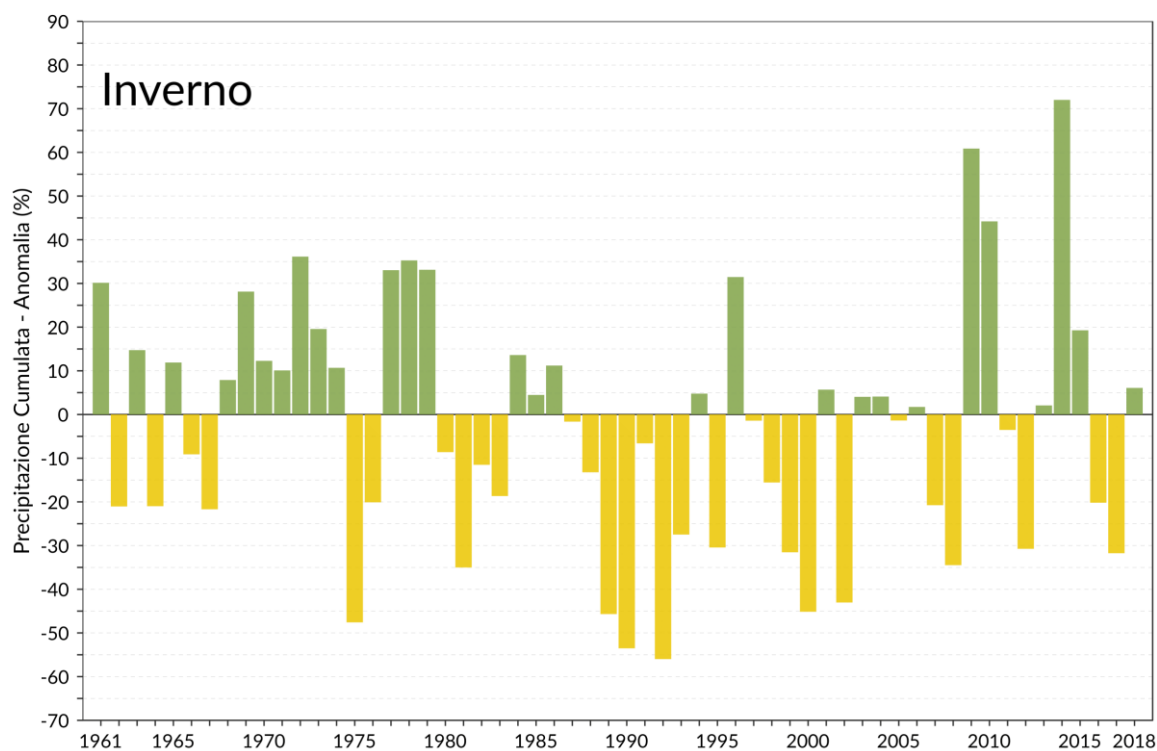


Figura 5.9a: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera). Per l'inverno, sono stati aggregati i mesi di gennaio e febbraio il mese di dicembre dell'anno precedente.

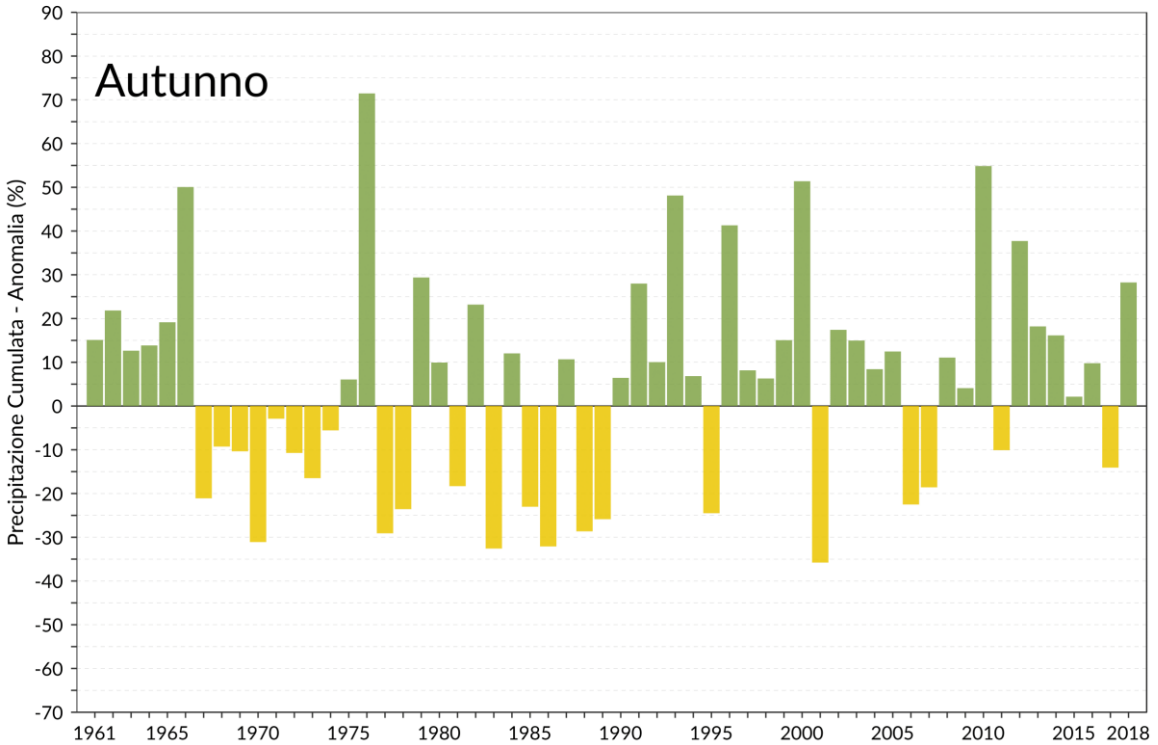
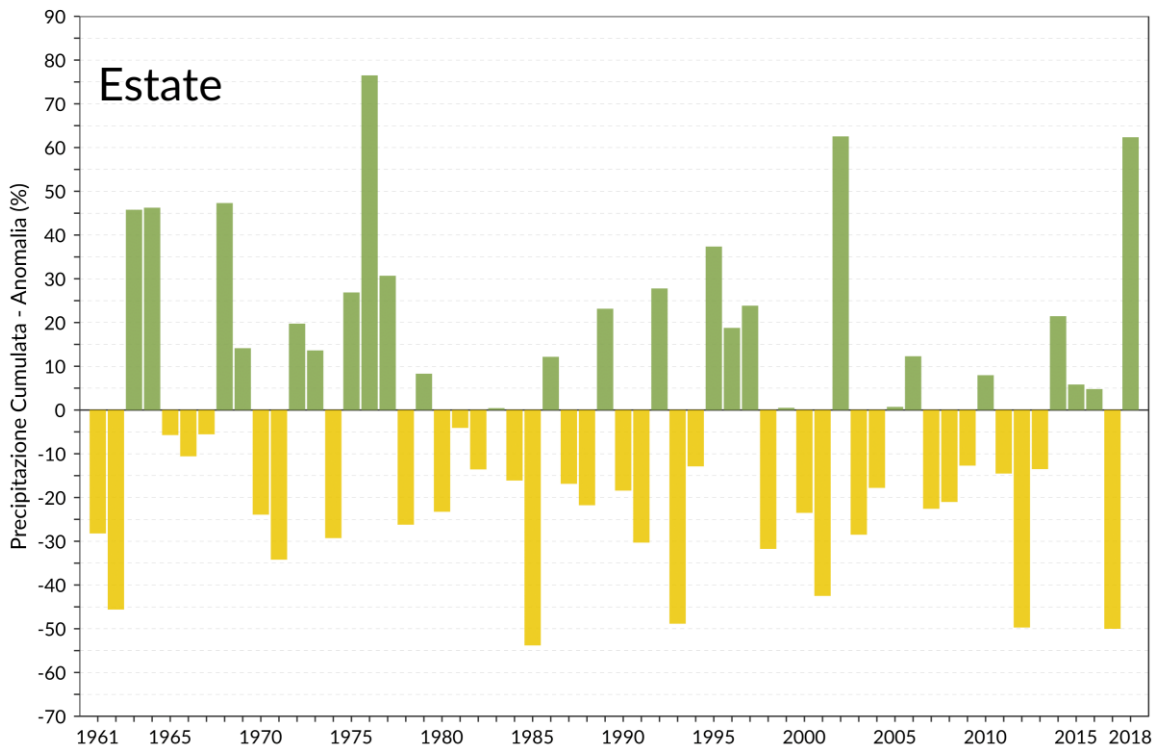


Figura 5.9b: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

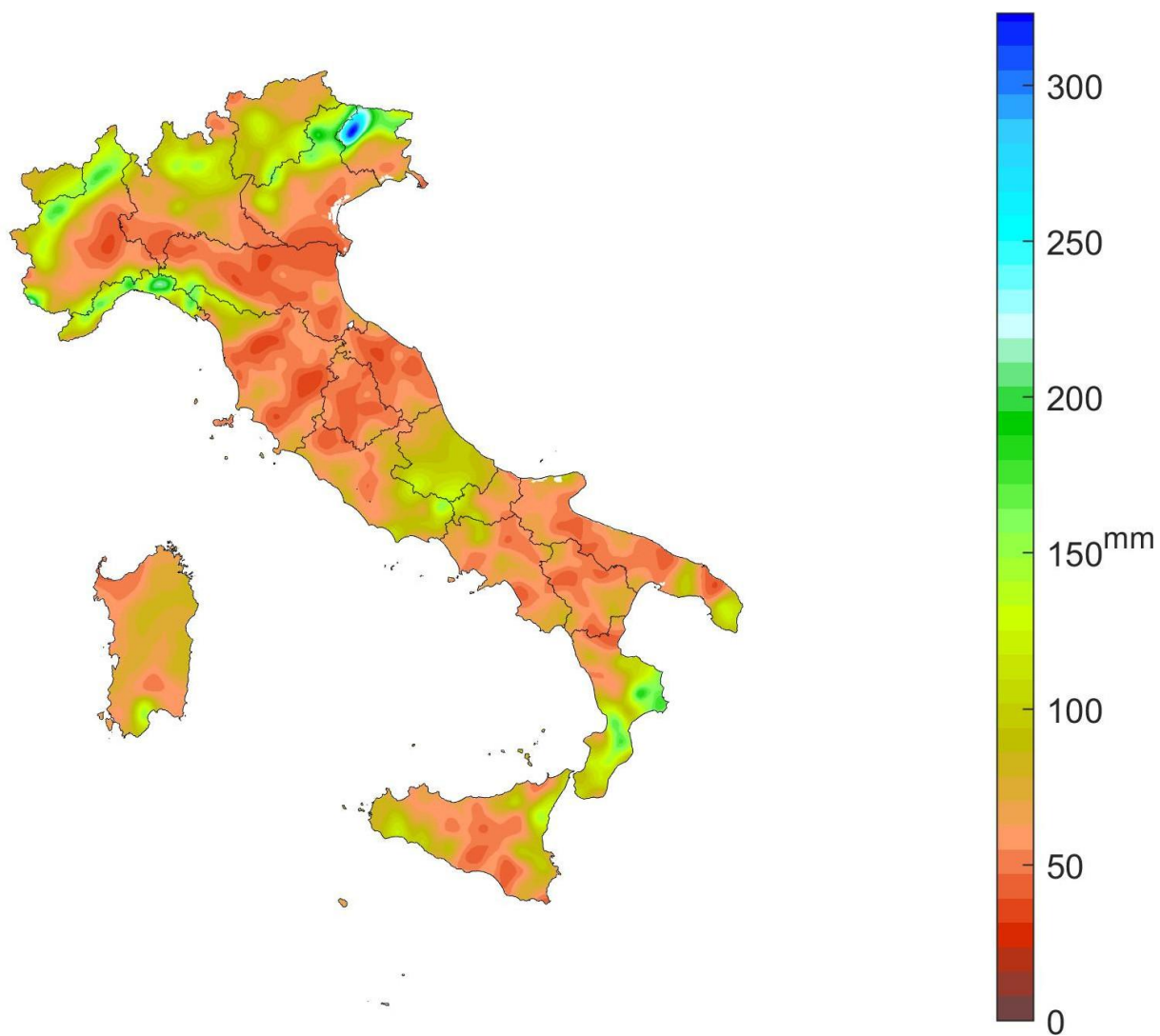


Figura 5.10: *Precipitazione massima giornaliera 2018.*

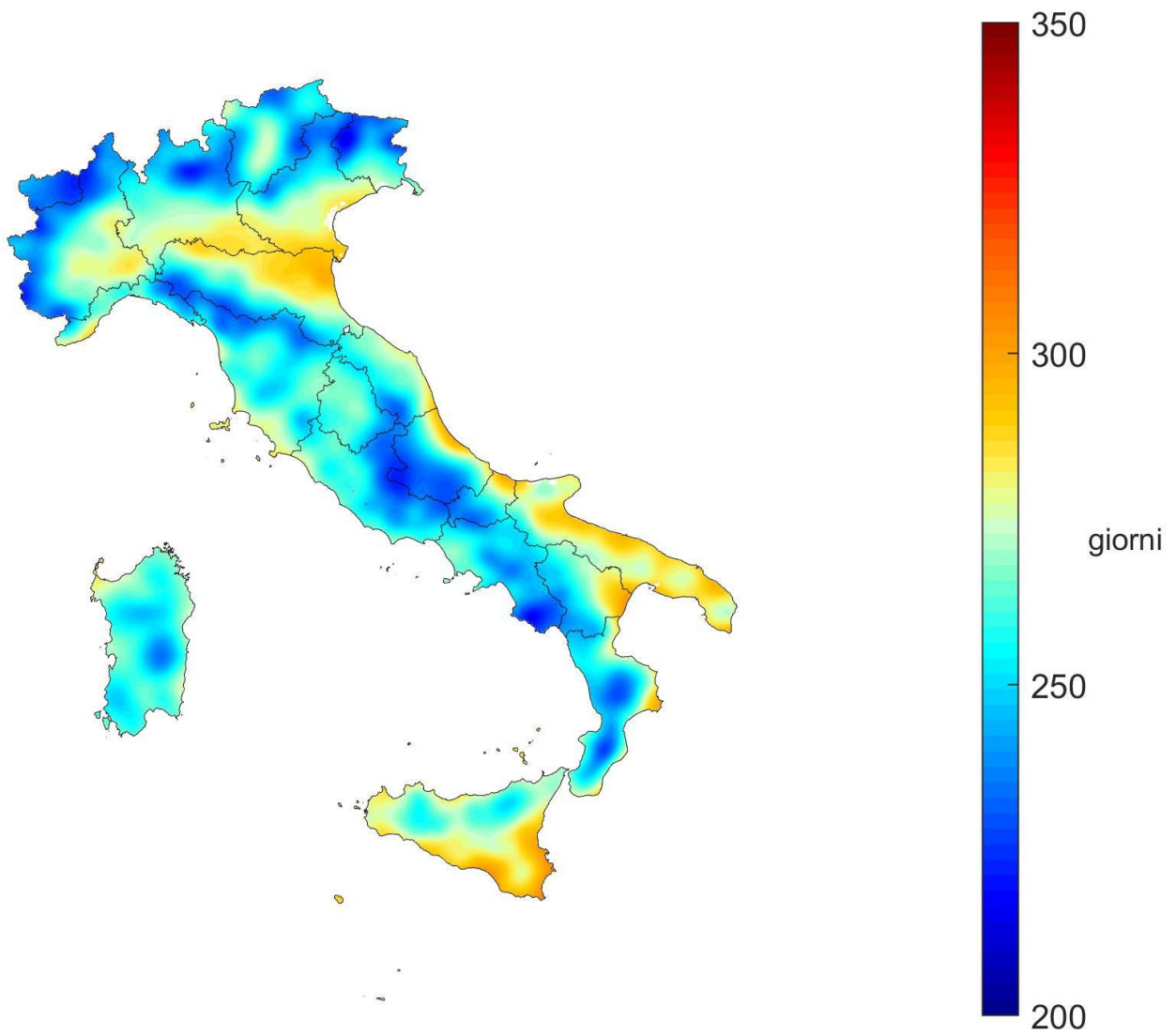
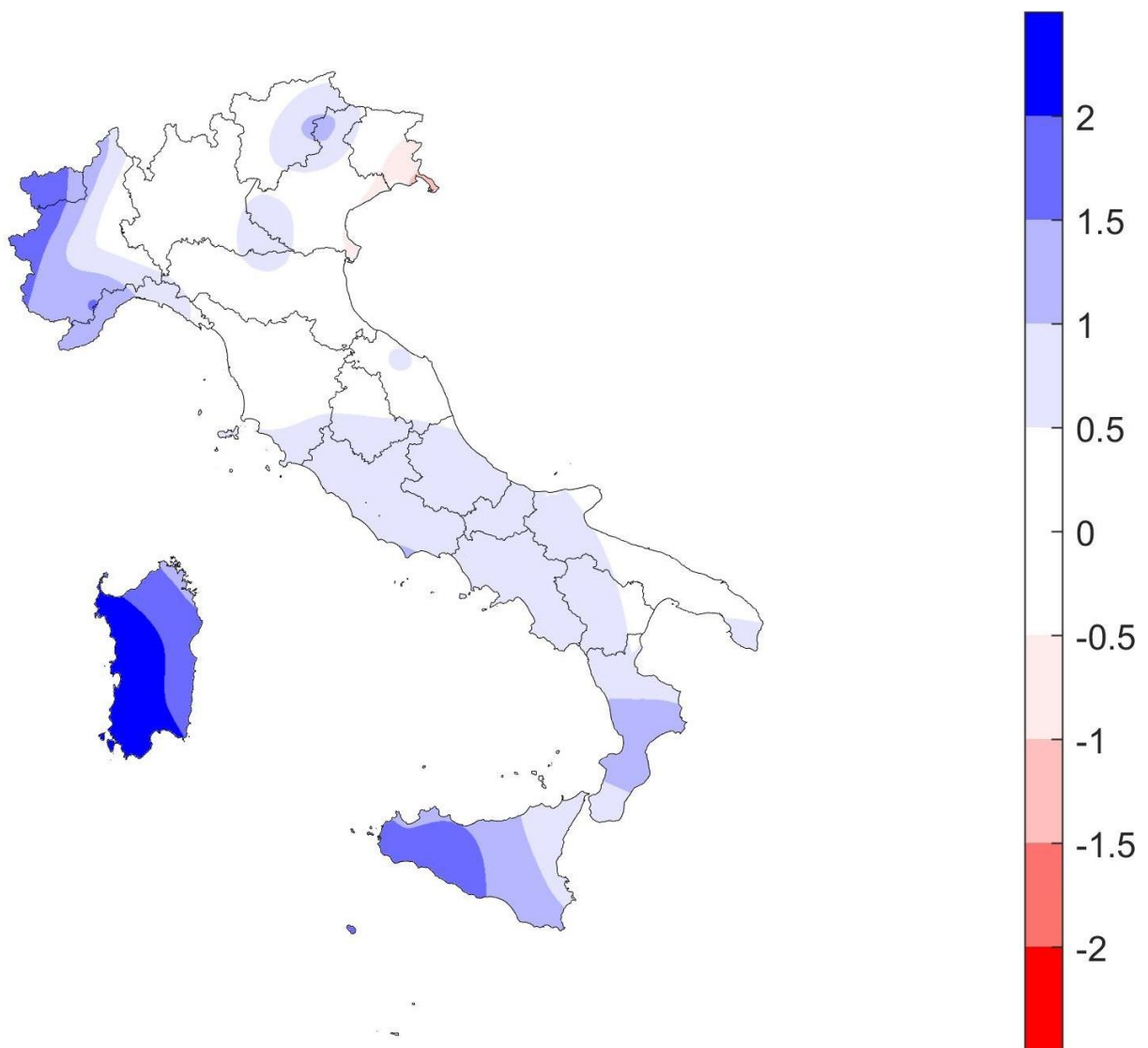
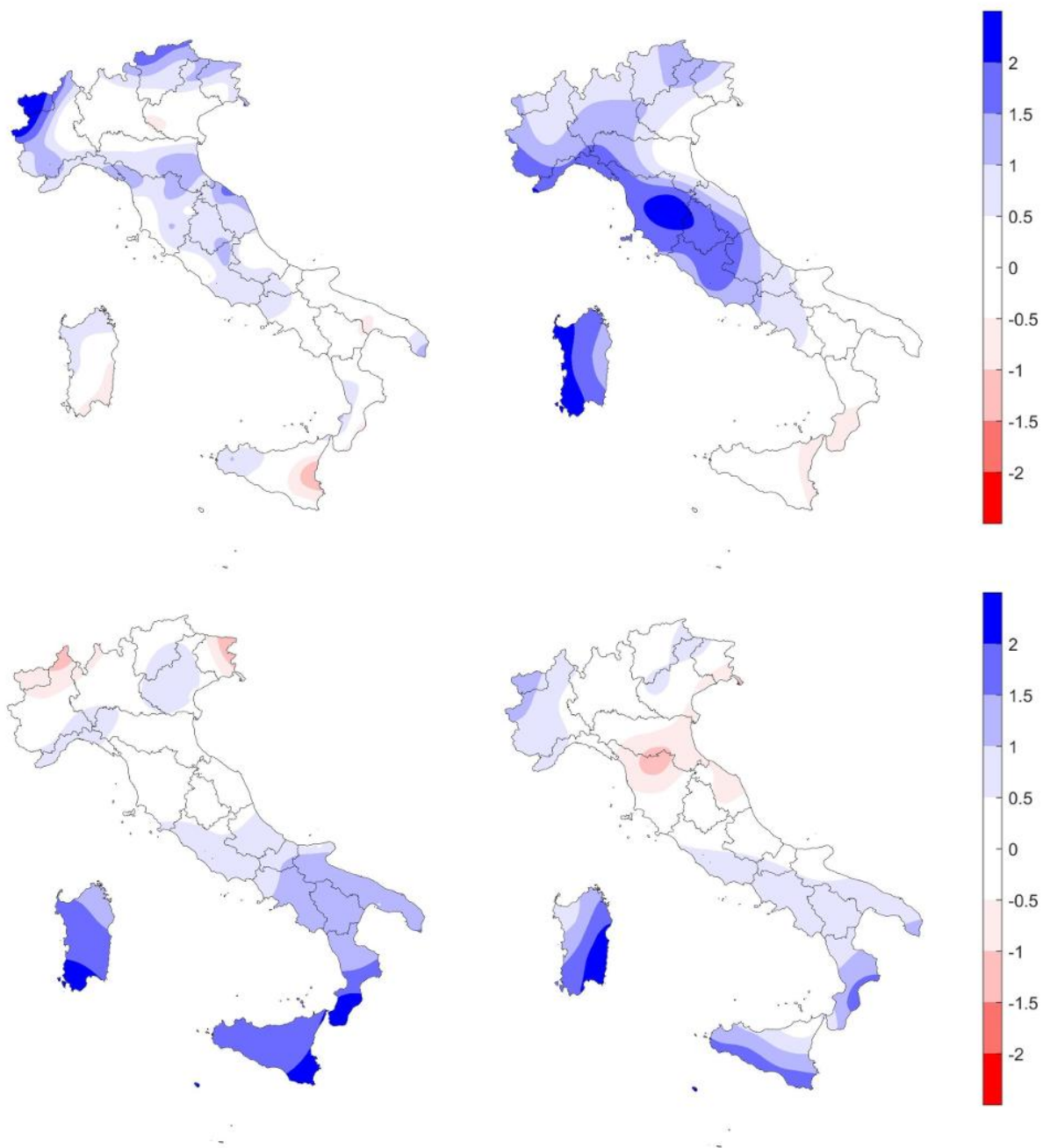


Figura 5.11: *Giorni asciutti nel 2018.*



> 2	estremamente umido
da 1.5 a 1.99	molto umido
da 1 a 1.49	moderatamente umido
da -0.99 a 0.99	nella norma
da -1.49 a -1	moderatamente secco
da -1.99 a -1.5	molto secco
< -2	estremamente secco

Figura 5.12: *Indice di siccità SPI annuale (a 12 mesi) nel 2018.*



> 2	estremamente umido
da 1.5 a 1.99	molto umido
da 1 a 1.49	moderatamente umido
da -0.99 a 0.99	nella norma
da -1.49 a -1	moderatamente secco
da -1.99 a -1.5	molto secco
< -2	estremamente secco

Figura 5.13: Indici di siccità SPI stagionali (a 3 mesi) nel 2018 (in alto, da sinistra, inverno e primavera; in basso, da sinistra, estate ed autunno).

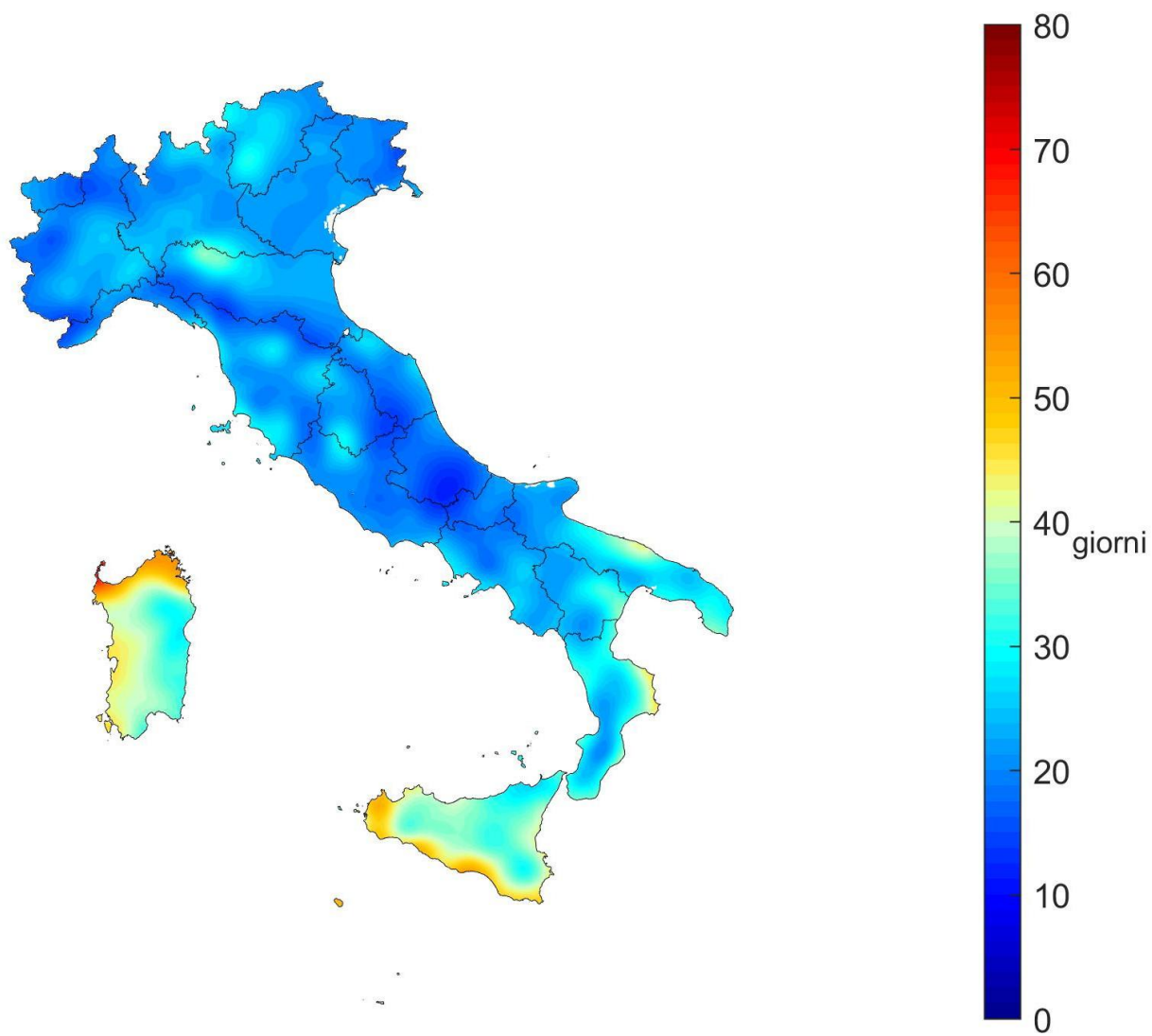


Figura 5.14: *Indice di siccità (Consecutive Dry Days - CDD) nel 2018.*

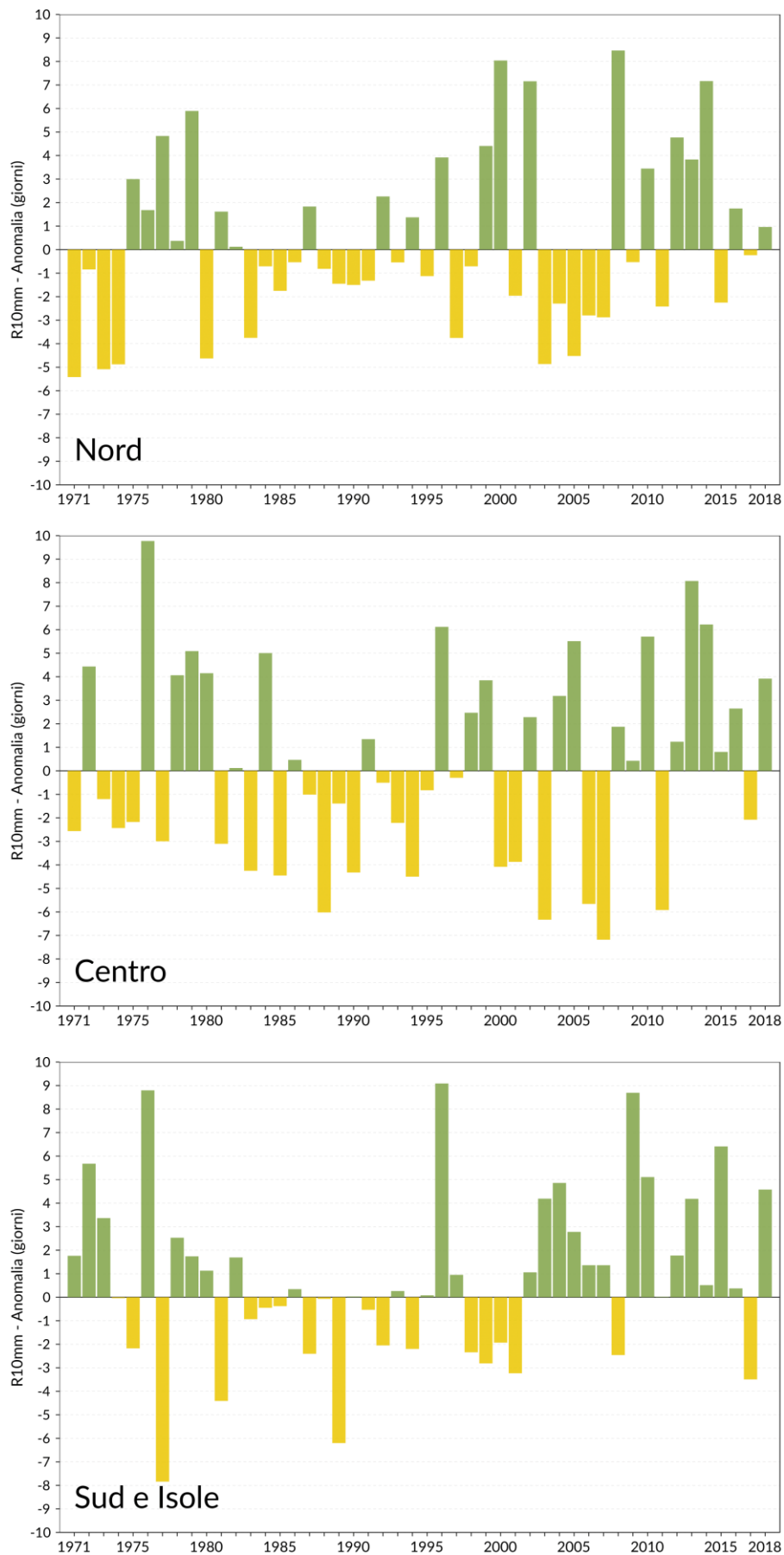


Figura 5.15: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, del numero di giorni nell'anno con precipitazione superiore od uguale a 10 mm (R10mm), rispetto al valore normale 1971-2000.

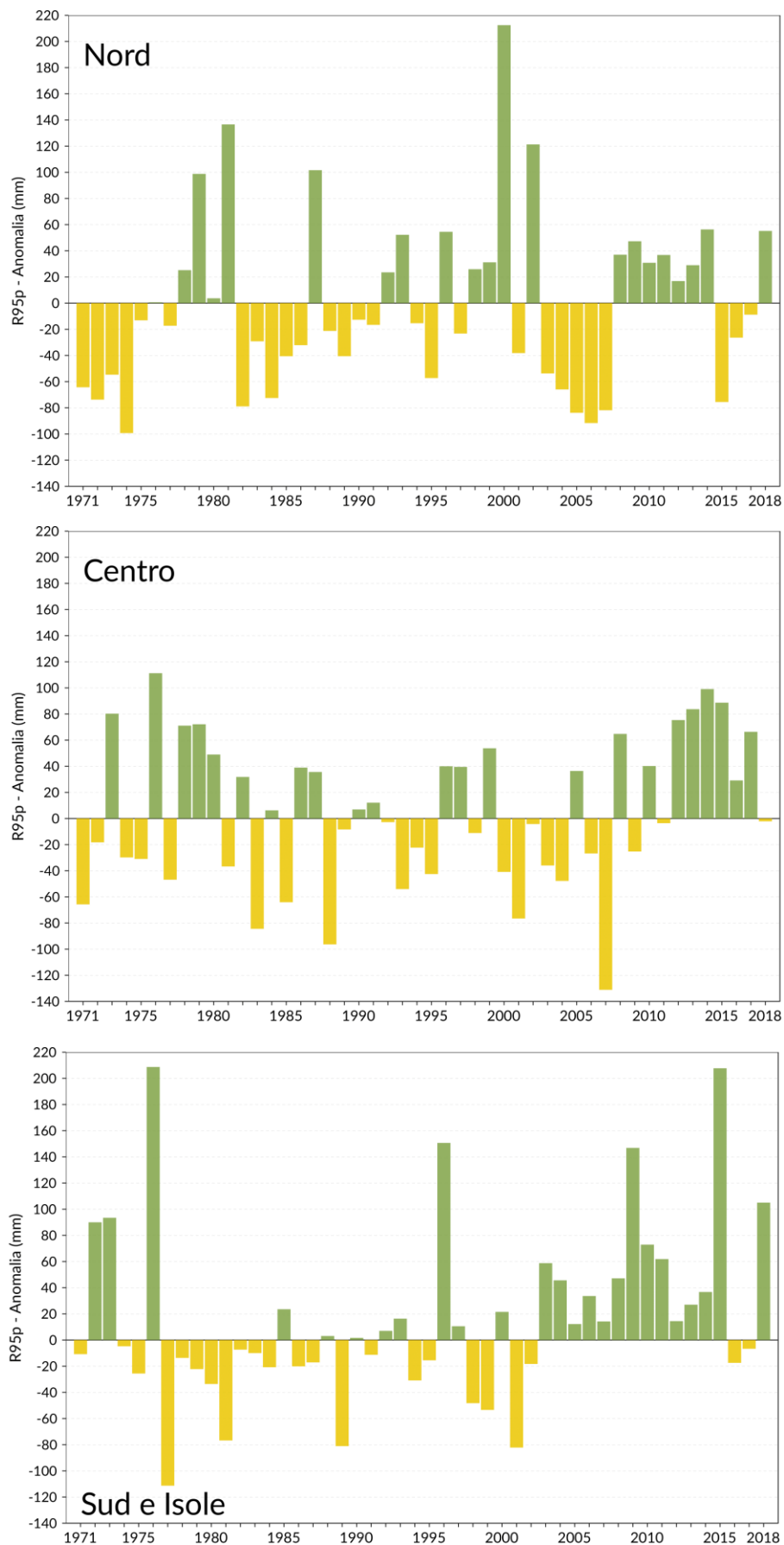


Figura 5.16: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni nei giorni molto piovosi (R95p), rispetto al valore normale 1971-2000.

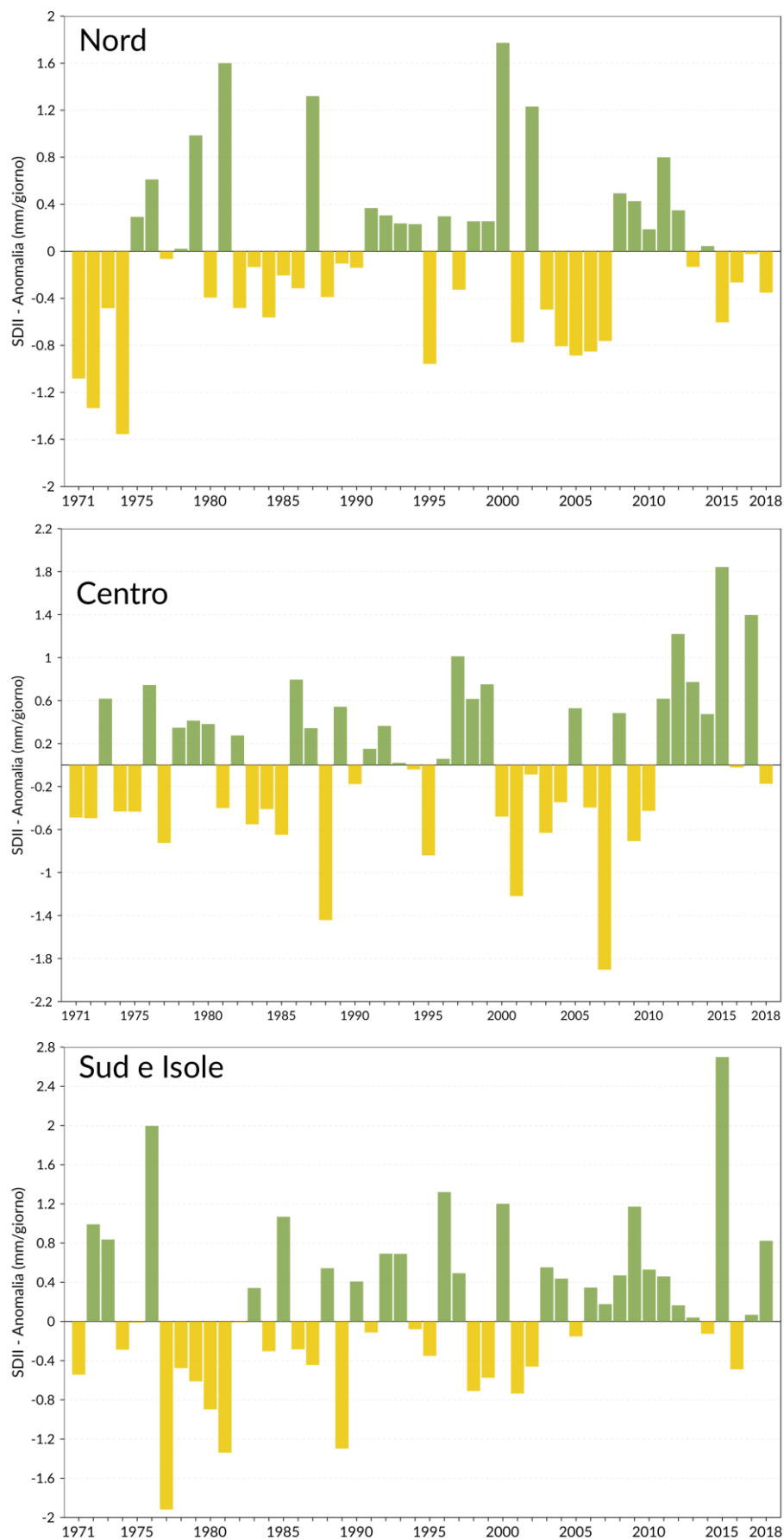


Figura 5.17: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, dell'intensità di pioggia giornaliera (SDII), rispetto al valore normale 1971-2000.

6. UMIDITÀ RELATIVA

I valori di umidità relativa media annuale del 2018 sono compresi tra 45% e 90% circa (**figura 6.1**). Il 2018 è stato in media leggermente più umido della norma 1961-1990 al Centro (anomalia +1.4%) ed al Sud e Isole (anomalia +1.2%) e leggermente più secco al Nord (anomalia -1.4%) (**figura 6.2**). L'andamento nel corso dell'anno è diversificato per macroaree geografiche. Al Centro e al Sud 9 mesi su 12 hanno registrato valori medi di umidità relativa superiori alla norma, mentre aprile è stato il mese relativamente più secco. Diversamente, al Nord da aprile a ottobre (con la sola interruzione di maggio) l'umidità relativa è stata costantemente inferiore alla media climatologica, con un minimo di anomalia nel mese di agosto (-9.3%). I primi 3 mesi dell'anno (tranne febbraio al Nord), maggio e novembre sono stati ovunque più umidi della norma.

Nella **figura 6.3** viene rappresentata la serie annuale dell'anomalia media di umidità relativa in Italia, ottenuta elaborando i dati di 44 stazioni che soddisfano a requisiti di completezza e continuità delle serie nel periodo 1961-2018. Il valore medio di umidità relativa del 2018, molto vicino al valore climatologico normale (anomalia +0.2%) fa seguito al valore record di anomalia negativa registrato nel 2017.

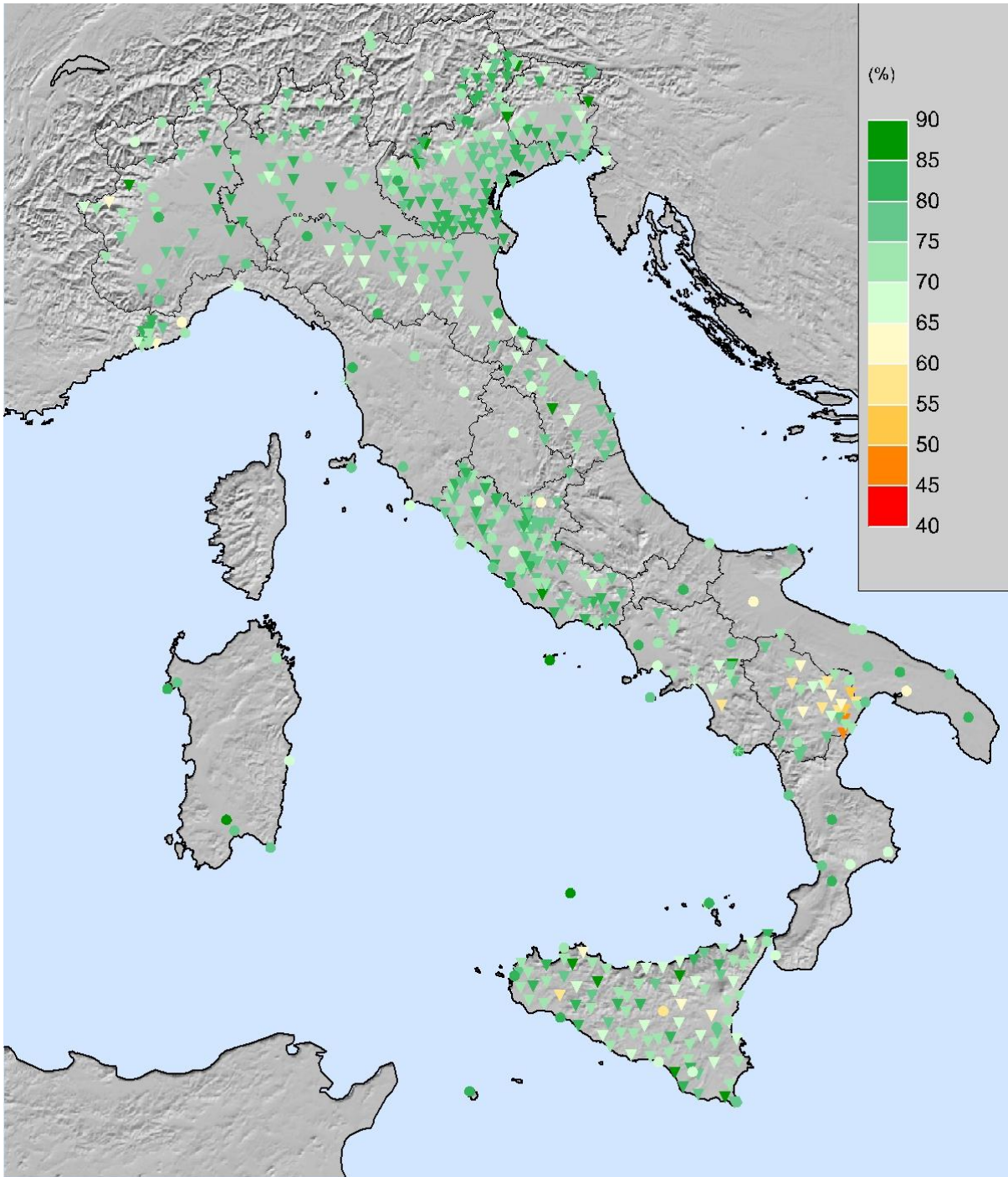


Figura 6.1: *Umidità relativa media 2018.*

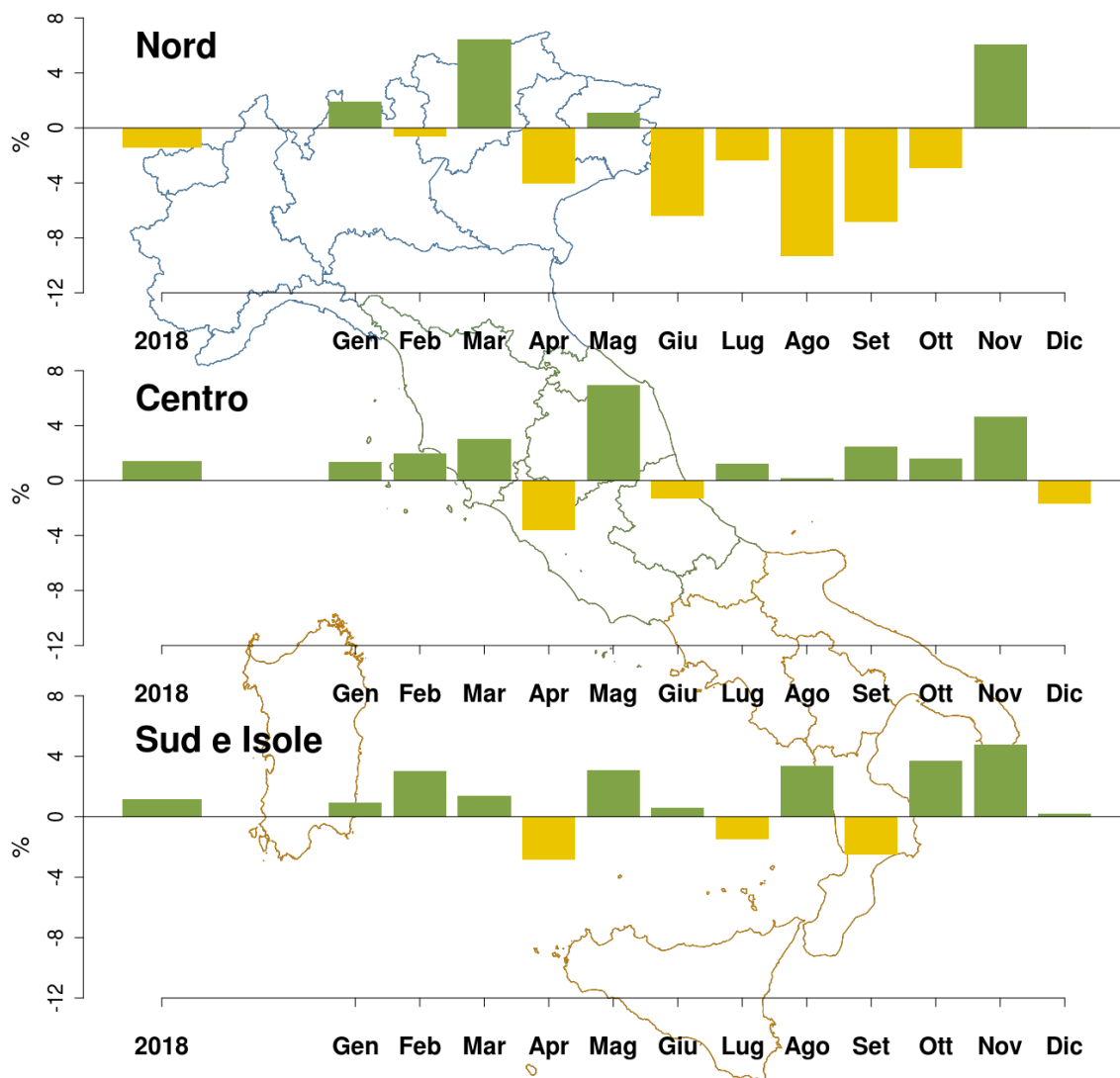


Figura 6.2: Anomalia media 2018 (annuale e mensile) dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961-1990.

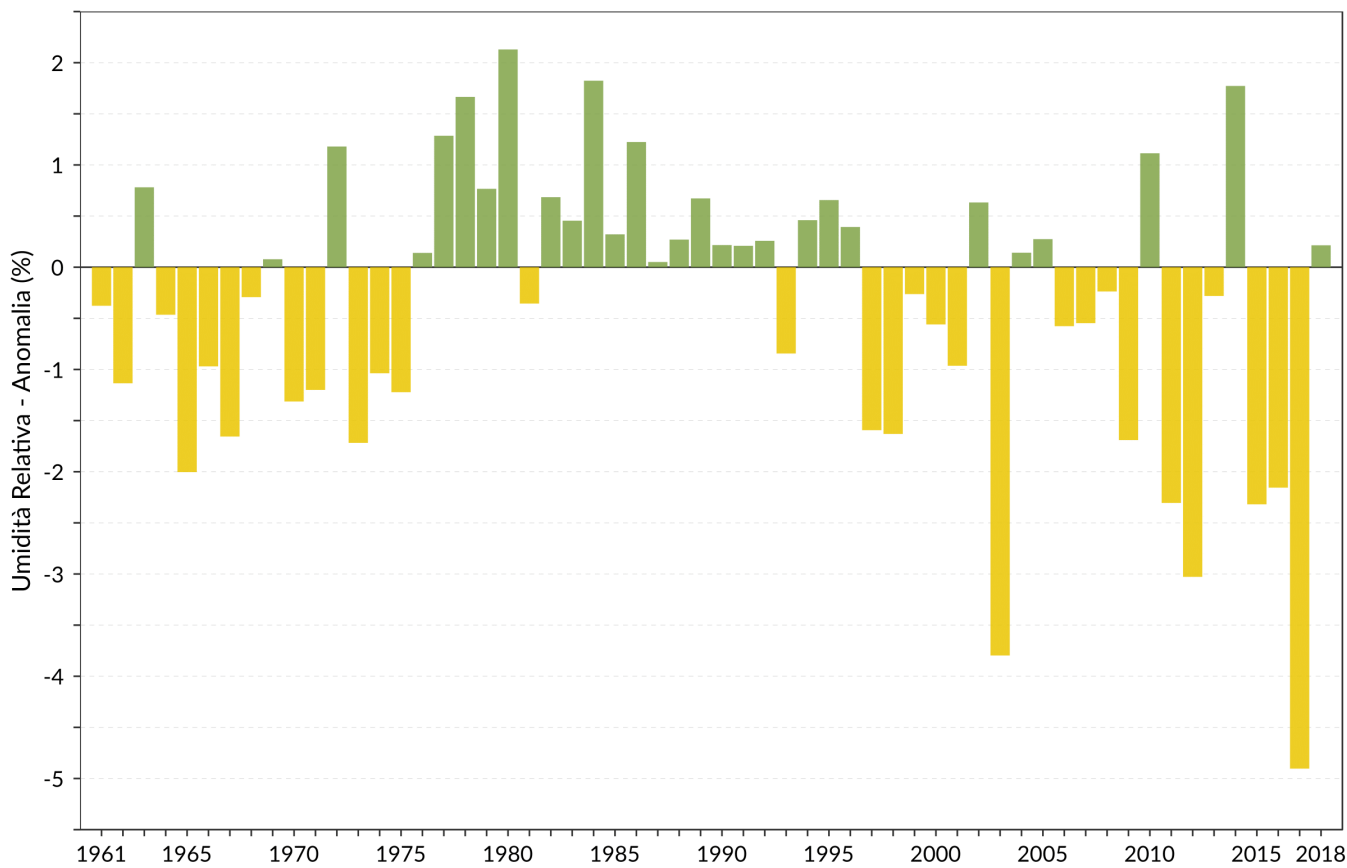


Figura 6.3: Serie delle anomalie medie annuali in Italia dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961–1990.

BIBLIOGRAFIA

[1]

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006, Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. Sapere, Anno 72, n. 2, 62-69.

[2]

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2007, SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 48, n. 3, 351-358.

[3]

Desiato F., 2007, SCIA, un sistema nazionale unico per i dati climatologici, ARPA Rivista, N. 1, gennaio-febbraio 2007.

[4]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Toreti A., 2011, Climate indicators for Italy: calculation and dissemination, Adv. Sci. Res., 6, 147-150. doi: 10.5194/asr-6-147-2011.

[5]

WMO (World Meteorological Organization), 2011, Guide to Climatological Practices, WMO-No.100, ISBN 978-92-63-10100-6, Ginevra.

[6]

Baffo F., Suatoni B. e Desiato F., 2005, Indicatori climatici: i controlli di validità e la ricerca dei valori errati, Bollettino Geofisico, Anno XXVIII, N. 1-2.

[7]

Baffo F., Desiato F., Lena F., Suatoni B., Toreti A., Bider M., Cacciamani C. e Tinarelli G., 2005, SCIA - Criteri di calcolo degli indicatori meteo climatici, www.scia.sinanet.apat.it - Documentazione.

[8]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2015, Valori climatici normali di temperatura e precipitazione in Italia, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 55/2014.

[9]

Fioravanti G. e Piervitali E., 2018, Variazioni della temperatura in Italia: estensione della base dati e aggiornamento della metodologia di calcolo, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 81/2018.

[10]

Fioravanti G., Piervitali E. e Desiato F., 2019, A new homogenized daily data set for temperature variability assessment in Italy, in corso di pubblicazione su Int. J. Climatol. doi: 10.1002/joc.6177.

[11]

Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., e Desiato F., 2016, Controlli di qualità delle serie di temperatura e precipitazione, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 66/2016.

[12]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2012, Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 32/2012.

[13]

Desiato F., Fioravanti G., Piervitali E., 2013, Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura in Italia, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 37/2013.

[14]

Toreti A., Desiato F., 2007, Temperature trend over Italy from 1961 to 2004. Theor. Appl. Climatol.,

91, 51–58. doi:10.1007/s00704-006-0289-6.

[15]

Sen P. K., 1968, Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379–1389. doi:10.2307/2285891

[16]

Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A. e Plummer N., 2001, Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.

[17]

Toreti A. e Desiato F., 2008, Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years, *International J. of Climatology*, 28, 733-745. doi:10.1002/joc.1576.

[18]

Alexander L. V., Zhang X., Peterson T. C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M. Vazquez-Aguirre J.L., 2006, Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res.*, 111, D05109. doi:10.1029/2005JD006290.

[19]

Klein Tank A. M. G. e Können G. P., 2003, Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99, *J. Climate*, 16, 3665-3680. doi:10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2.

[20]

Fioravanti G., Piervitali E. e Desiato F., 2015, Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis, *Theor. Appl. Climatol.*, Vol. 119, No 1-2 2015, doi:10.1007/s00704-014-1362-1.

[21]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2003, Extended Reconstruction of Global Sea Surface Temperatures Based on COADS Data (1854-1997), *J. Climate*, 16, 1495-1510. doi:10.1175/1520-0442-16.10.1495.

[22]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2004, Improved Extended Reconstruction of SST (1854-1997). *J. Climate*, 17, 2466-2477. doi:10.1175/1520-0442(2004)017<2466:IEROS>2.0.CO;2.