



ISPR

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

GLI INDICATORI DEL CLIMA IN ITALIA NEL 2020

Anno XVI



STATO DELL'AMBIENTE

GLI INDICATORI DEL CLIMA IN ITALIA NEL 2020

Anno XVI

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 96/2021

ISBN 978-88-448-1062-7

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Elena Porrazzo
Foto di copertina: Silvia Perconti

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Luglio 2021

Autori

Guido Fioravanti, Piero Fraschetti, Francesca Lena, 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 2020, 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, Francesca Giannoni), 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 (Luigi Neri, Giuseppe Puleo);

Regione Sicilia, Autorità di Bacino della Regione Siciliana (Luigi Pasotti);

ARPA Calabria e Centro Funzionale Multirischi della Regione Calabria (Loredana Marsico);

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 (Ruggero Mizzoni);

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;

Autorità di Bacino della Regione Siciliana;

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;

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;

Provincia Autonoma di Trento

Provincia Autonoma 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.....	8
2. IL CLIMA NEL 2020.....	9
2.1 Il clima nel 2020.....	9
2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull’Italia.....	15
3. TEMPERATURA.....	27
4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE.....	46
5. PRECIPITAZIONE.....	49
6. UMIDITÀ RELATIVA.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	74

SINTESI

Il XVI Rapporto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente “Gli indicatori del clima in Italia” illustra l’andamento del clima nel corso del 2020 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 il 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 sull’evoluzione del clima a scala globale. Le informazioni e i prodotti climatici aggiornati al 2020 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.

Il 2020 in Italia è stato un anno prevalentemente caldo, con condizioni di siccità estese a tutto il territorio nazionale nei primi mesi dell’anno. Eventi meteorologici di grande intensità hanno interessato diverse aree del territorio nazionale. Particolarmente rilevante la forte perturbazione che, fra il 2 e il 3 ottobre, ha portato precipitazioni intense e persistenti su diverse regioni, in particolare sul nord-ovest, investito da piogge alluvionali. Totali di evento molto elevati, che hanno raggiunto diffusamente valori superiori a 400 mm, con picchi di oltre 500 mm in 12 ore e 600 mm in 24 ore nell’alto piemontese, hanno causato onde di piena eccezionali. In Liguria sono stati registrati venti con intensità di burrasca forte e con raffiche tra tempesta ed uragano; mareggiate estese ed intense hanno colpito tutti i settori costieri.

Temperatura

Mentre a scala globale sulla terraferma il 2020 è stato l’anno più caldo della serie storica, con un’anomalia di +1.44 °C rispetto al valore climatologico di riferimento 1961-1990, in Italia è stato il quinto anno più caldo dal 1961, registrando un’anomalia media di +1.54°C. A partire dal 1985 le anomalie sono state sempre positive, ad eccezione del 1991 e del 1996. Il 2020 è stato il ventiquattresimo anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma; il decennio 2011-2020 è stato il più caldo dal 1961. L’anomalia della temperatura massima è stata più elevata di quella della temperatura minima e colloca il 2020, insieme al 2015, al primo posto della serie storica, mentre l’anomalia di temperatura minima è risultata al sesto posto della serie. Ad eccezione di ottobre in tutti i mesi dell’anno la temperatura media in Italia è stata superiore alla norma, con un picco di anomalia positiva a febbraio (+2.88°C), seguito da agosto (+2.49°C).

La stagione relativamente più calda è stata l’inverno, che con un’anomalia media di +2.36°C si colloca al secondo posto della serie storica. La primavera e l'estate sono state rispettivamente l'ottava e la decima più calde delle serie; l'autunno si colloca all'undicesimo posto.

La stima aggiornata del rateo di variazione della temperatura media dal 1981 al 2020 è di $(+0.39 \pm 0.05)^\circ\text{C} / 10 \text{ anni}$. Il rateo di variazione della temperatura massima, $(+0.42 \pm 0.06)^\circ\text{C} / 10 \text{ anni}$, è maggiore di quello della temperatura minima, $(+0.35 \pm 0.04)^\circ\text{C} / 10 \text{ anni}$. Su base stagionale i trend di aumento della temperatura più forti si registrano in estate e in primavera, rispettivamente $(+0.50 \pm 0.08)^\circ\text{C} / 10 \text{ anni}$ e $(+0.44 \pm 0.10)^\circ\text{C} / 10 \text{ anni}$.

Per quanto riguarda la temperatura superficiale dei mari italiani il 2020, con un’anomalia media di +0.95°C, si colloca al quarto posto dell’intera serie. Negli ultimi 22 anni la temperatura media superficiale del mare è stata sempre superiore alla media; nove degli ultimi dieci della serie storica hanno registrato le anomalie positive più elevate di tutta la serie. Nel 2020 le anomalie sono state positive in tutti i mesi dell’anno, con i valori massimi ad agosto (+1.7°C) e a maggio (+1.4°C).

Per quanto riguarda gli indici di estremi di temperatura, il 2020 è stato il venticinquesimo anno consecutivo con valori dell’indice dei “periodi caldi” (WSDI) superiori alla norma e si colloca al quattordicesimo posto tra gli anni con indice WSDI più elevato.

Sia per il numero medio di notti tropicali che per quello dei giorni estivi, il 2020 è stato il ventiquattresimo anno consecutivo con anomalie positive rispetto alla media climatologica. Il numero

di giorni con gelo è stato invece inferiore al valore normale 1961-1990 e si colloca al sesto posto fra i più bassi della serie dal 1961.

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 2020 ha fatto registrare il nono valore più alto di notti calde (TN90p), il terzo valore più basso di notti fredde (TN10p), il settimo valore più alto di giorni caldi (TX90p) e il valore più basso di giorni freddi (TX10p). Negli ultimi trentasei anni le notti e i giorni freddi sono stati quasi sempre inferiori alla media climatologica e le notti e i giorni caldi sono stati quasi sempre superiori alla media climatologica.

Precipitazione

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia pari al -5% circa, il 2020 si colloca al ventitreesimo posto tra gli anni meno piovosi dell'intera serie dal 1961. Sull'intero territorio nazionale i mesi mediamente più secchi sono stati gennaio (-75%) e febbraio (-77%), seguiti da aprile e maggio, mentre dicembre è stato il mese mediamente più piovoso, con un'anomalia di +109%. Al Nord il mese più piovoso si conferma dicembre, con un picco di anomalia positiva di +182%, seguito da ottobre (+69%) e giugno (+50%); anche al Centro il mese più piovoso si conferma dicembre, con un picco di anomalia positiva di +92%, seguito da giugno (+45%); al Sud e Isole i mesi relativamente più piovosi sono stati settembre (+67%) e luglio (+58%). Novembre è stato il mese più secco al Nord (-85%), gennaio al Centro (-69%) e al Sud e Isole (-78%).

Su base annuale le anomalie negative di precipitazione sono state elevate (fino a -80% circa) sull'estremo arco alpino occidentale, su Emilia Romagna, Lazio, Campania, Calabria e Sicilia. In alcune aree le precipitazioni sono state invece superiori alla norma; le anomalie positive più intense si sono avute sull'arco alpino centrale ed orientale (interessando parte della Lombardia, e soprattutto Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia), Liguria e primo tratto di Appennino tosco-emiliano.

I valori medi nazionali su base stagionale indicano che l'inverno è stata la stagione più secca (-40%) e si colloca al settimo posto tra le meno piovose; la primavera e l'autunno hanno fatto registrare anomalie negative più contenute. L'estate si colloca invece all'undicesimo posto tra le più piovose (+26%).

Dall'analisi statistica dei trend della precipitazione cumulata annuale e stagionale nel periodo 1961-2020 non emergono tendenze statisticamente significative.

I valori più elevati di precipitazione giornaliera sono stati registrati in occasione dell'evento di inizio ottobre. In un'ampia zona del Piemonte settentrionale, il 2 ottobre sono state registrate precipitazioni cumulate giornaliere comprese fra 400 e 500 mm, con il massimo di 511 mm a Sambugetto (VB); nella parte occidentale della Liguria e all'estremo confine meridionale del Piemonte si sono superati localmente i 200 mm di precipitazione. Altre aree che hanno registrato precipitazioni giornaliere intense sono la parte settentrionale del Veneto e buona parte del Friuli Venezia Giulia, dove sono stati superati localmente i 250 mm di precipitazione il 5 dicembre.

Riguardo agli indici climatici rappresentativi delle condizioni di siccità, il numero di giorni asciutti è stato elevato in diverse aree del territorio nazionale; i valori più alti si registrano a Pescara e a Capo Carbonara (SU), entrambi pari a 341 giorni, 337 giorni a Forca Canapine (AP) e 335 giorni a Capo Bellavista (NU); valori elevati si registrano anche in Pianura Padana, sulla Liguria di Levante, sulla costa toscana e laziale, sulle coste adriatica e ionica e sulla quasi totalità di Sicilia e Sardegna.

L'indice di siccità "Consecutive Dry Days" (CDD), che rappresenta il numero massimo di giorni asciutti consecutivi nell'anno, ha fatto registrare i valori più alti in Sardegna ad in Sicilia (fino a 90 giorni secchi consecutivi) e i valori più bassi sulla dorsale appenninica e su Alpi e Prealpi (fino a 20 giorni).

Per quanto riguarda le tendenze nel medio e lungo periodo degli indici rappresentativi della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione non emergono segnali evidenti di variazioni significative, sulla base delle stazioni disponibili.

1. INTRODUZIONE

Con questa XVI 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, decadali, 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 2020 sono derivati complessivamente dalle osservazioni di circa 1200 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. Per le stime delle variazioni di temperatura (sia degli indicatori dei valori medi che degli estremi) sono stati applicati alle serie temporali metodi aggiornati di omogeneizzazione [8, 9]. Nel rapporto vengono utilizzati prevalentemente i valori climatologici normali [10] riferiti al 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.

Il rapporto è articolato in 6 capitoli. Il capitolo 2 descrive sinteticamente gli aspetti salienti del clima nel 2020, 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 meteorologiche in Italia nel corso dell'anno e in particolare gli eventi maggiormente rilevanti, per i quali viene fornita una breve descrizione dei fenomeni e degli eventuali impatti locali. I capitoli successivi sono dedicati ciascuno ad una variabile climatica. La prima parte di ogni capitolo illustra sinteticamente gli indicatori relativi all'anno 2020, 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 2020 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 2020

2.1 Il clima nel 2020 a grande scala

Il 2020 a livello globale è stato l'anno più caldo della serie di temperatura media annuale sulla terraferma e il secondo più caldo della serie di temperatura media su terraferma e oceani insieme. Da gennaio a novembre tutte le temperature globali medie mensili si collocano tra i quattro valori più alti dall'inizio delle osservazioni, in particolare i mesi di gennaio, maggio e settembre sono risultati i più caldi delle rispettive serie storiche; dicembre è stato l'ottavo più caldo.

Nel 2020 l'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma è stata di +1.44°C rispetto al periodo 1961-1990 (**figura 2.1**).

I dieci anni più caldi della serie si sono verificati tutti dopo il 2005; il 2020 risulta essere il quarantaquattresimo anno consecutivo in cui le temperature medie globali (terraferma e oceani) presentano valori superiori alla media del ventesimo secolo.

L'anno è iniziato in presenza di un'anomalia positiva delle temperature superficiali del Pacifico tropicale di tipo El Niño, per poi transitare in condizioni neutrali a partire da aprile e arrivare ad agosto ad un'anomalia negativa delle temperature superficiali del mare di tipo La Niña, che ha raggiunto la sua ampiezza massima a novembre 2020 con un indice di Niño 3.4, pari a 1.3°C. Nel 2020 il valore del contenuto totale di calore degli oceani è stato simile a quello registrato nel 2019 (il più alto da inizio misurazioni), leggermente inferiore se si considerano i primi 700 m di profondità, leggermente superiore se si considerano i primi 2000 m.

Nella **figura 2.2** è riportata una sintesi dei principali eventi che hanno caratterizzato il clima a scala globale nel corso del 2020.

Il 2020 è stato un anno più caldo della media in molte regioni; in particolare sono state registrate temperature record in Europa e in Asia, in alcune aree del Nord America e in alcune aree dell'Oceano Atlantico, Pacifico ed Indiano. Anomalie termiche negative non intense sono state registrate in Alaska e nel Canada occidentale, in India, Afghanistan e sui monti dell'Hindu Kush e Karakorum, oltre che sull'Atlantico settentrionale, sul Pacifico orientale equatoriale e meridionale, e su alcune aree dell'Oceano Antartico.

In Europa l'anomalia media annuale rispetto al 1981-2010 è stata per la prima volta di circa +2°C e gli ultimi sette anni sono stati i più caldi della serie. Molte le nazioni europee in cui la temperatura ha segnato un record storico, tra queste il Regno Unito, l'Olanda, la Svezia e la Finlandia.

Nel 2020 l'estensione minima della calotta artica ha registrato il secondo valore più basso della serie, mentre la sua estensione massima è stata l'undicesima più bassa. In Antartide l'estensione massima dei ghiacci marini è stata l'undicesima più alta della serie, mentre l'estensione minima è rimasta nella norma.

Per quanto riguarda le precipitazioni, in generale sul Pacifico e sull'Atlantico, in corrispondenza delle zone di convergenza intertropicale (ITCZ), le piogge sono state superiori alle attese, mentre nelle aree tropicali le precipitazioni sono state scarse. L'Oceano Indiano è stato interessato da estese anomalie positive di precipitazione, particolarmente marcate nelle aree meridionali della Cina, a causa di intensi monsoni che hanno causato allagamenti, frane e danni a persone, infrastrutture e proprietà. Anche il continente americano è stato interessato da intense anomalie pluviometriche, con condizioni di grande piovosità nelle aree orientali dell'America settentrionale e di siccità nelle aree centro-occidentali; inoltre, per l'Argentina il 2020 è stato il quinto anno più secco dal 1961. Condizioni di intensa siccità sono state rilevate in Nuova Zelanda nel mese di febbraio, quando si è verificato il periodo di giorni consecutivi senza pioggia più lungo mai registrato in questo mese. In Europa, nel Regno Unito, il 2020 è stato il sesto anno più piovoso da inizio osservazioni, e in Spagna marzo ed aprile sono stati molto piovosi; in alcune località spagnole sulla costa mediterranea e sulle isole Baleari sono state registrate precipitazioni totali in aprile pari al triplo del corrispondente valore climatologico.

Il numero di cicloni tropicali a livello globale è stato il più alto della serie, insieme a quello del 2018. Come negli ultimi tre anni, la stagione degli uragani atlantici nel 2020 ha presentato un'attività nettamente superiore alla media con il più alto numero di cicloni tropicali dal 1851. Gli uragani più intensi sono stati Eta e Iota, che hanno colpito l'America centrale tra l'1 e il 18 novembre; entrambi sono stati classificati di categoria 4, e hanno colpito, in particolare, due aree del Nicaragua a 25 km di distanza, nell'arco di due settimane. Va inoltre ricordato che tra il 26 ottobre e il 6 novembre si è abbattuto il tifone Goni, che, con venti fino a 315 km/h, è stato uno tra i tifoni più intensi a colpire le

Filippine. Infine, tra il 21 e il 24 novembre, per la prima volta dall'inizio delle osservazioni, un uragano ha colpito la Somalia: il ciclone Gati di categoria 2.

La mappa dell'anomalia media annuale del geopotenziale a 500 hPa (Z500, **figura 2.3**) per l'area euro-atlantica mostra, per il 2020, la presenza di un'area di anomalia negativa di Z500 tra la Groenlandia e l'Islanda e di un'ampia fascia di anomalie positive con centri principali sull'Europa centro-orientale e sull'Atlantico, coerenti con le eccezionali anomalie termiche precedentemente menzionate. Il dipolo sull'Oceano Atlantico settentrionale, che quest'anno ha avuto prevalentemente una fase opposta rispetto allo scorso anno, ha portato ad una intensificazione e ad uno spostamento a nord del jet atlantico. Queste anomalie di circolazione di larga scala hanno determinato un valore annuale medio positivo dell'indice di Oscillazione Nord Atlantica pari a 0.29, e valori medi mensili superiori a 1.0 in cinque mesi del 2020.

In Italia il 2020 è stato il quinto anno più caldo dall'inizio delle osservazioni (figura 2.1), con un'anomalia media rispetto al trentennio 1961-1990 di +1.54°C. L'anomalia è stata più pronunciata nelle temperature massime che nelle minime. La temperatura media superficiale dei mari italiani è stata la quarta più elevata della serie dal 1961, con un'anomalia media annuale di +0.95°C rispetto al periodo 1961-1990.

La configurazione delle anomalie di larga scala ha posto l'Italia mediamente a sud dell'asse del jet atlantico, in un'area di circolazione più divergente della media e interessata da anomalie positive di geopotenziale, coerenti con le anomalie termiche rilevate. Sempre in coerenza con queste anomalie di larga scala, il 2020 è stato caratterizzato da una precipitazione annuale nazionale inferiore al clima 1961-1990, e da piovosità mensili altalenanti: nella prima parte dell'anno, fino a fine maggio sono prevalse su gran parte dell'Italia precipitazioni inferiori alle attese, mentre a partire da giugno sono state osservate condizioni di maggiore variabilità; in particolare a novembre nelle regioni centro-settentrionali le precipitazioni sono state molto inferiori alla norma, mentre sono state molto abbondanti a dicembre, con anomalie areali fino a 2 volte i valori attesi al Nord.

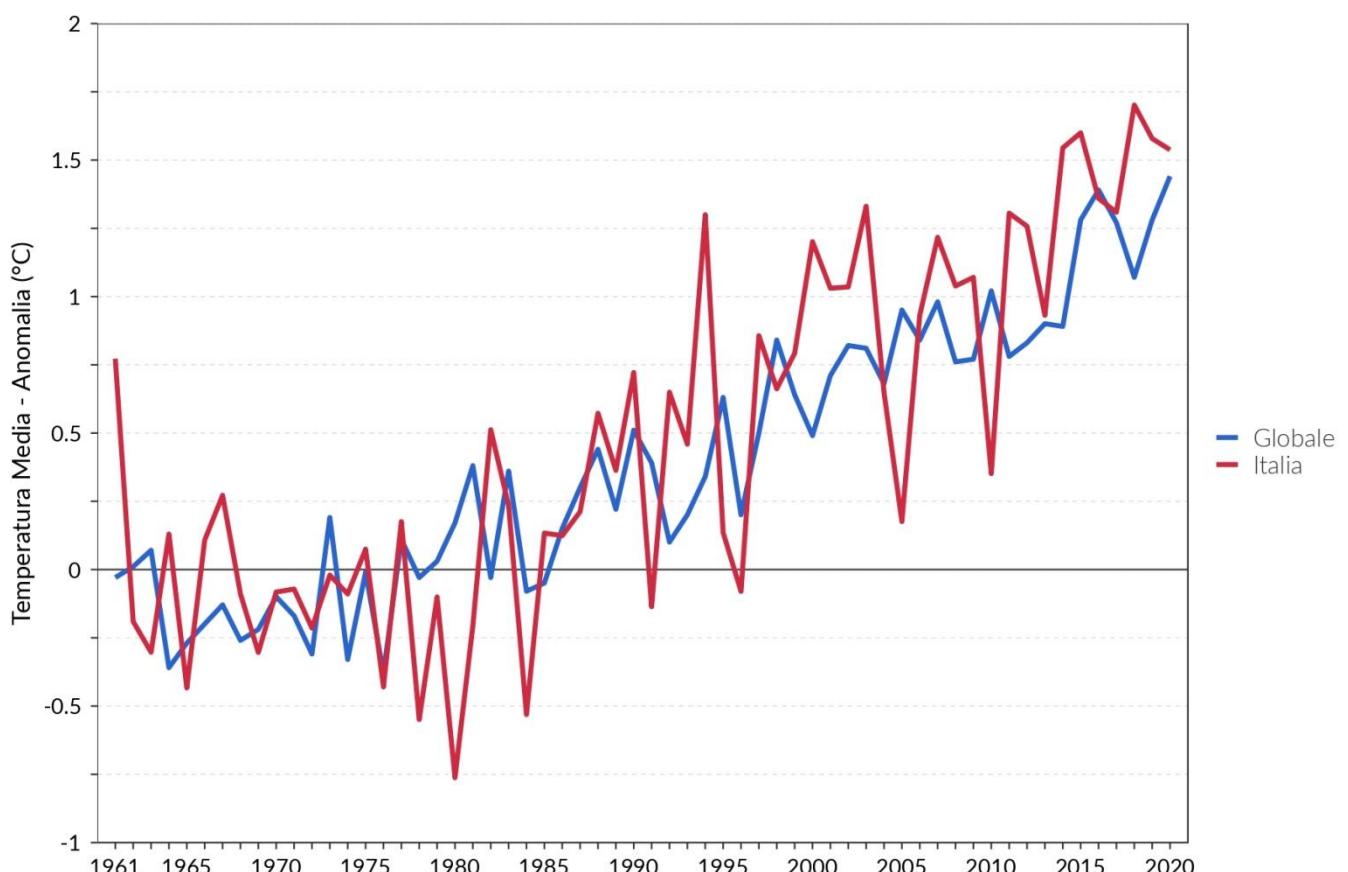


Figura 2.1: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

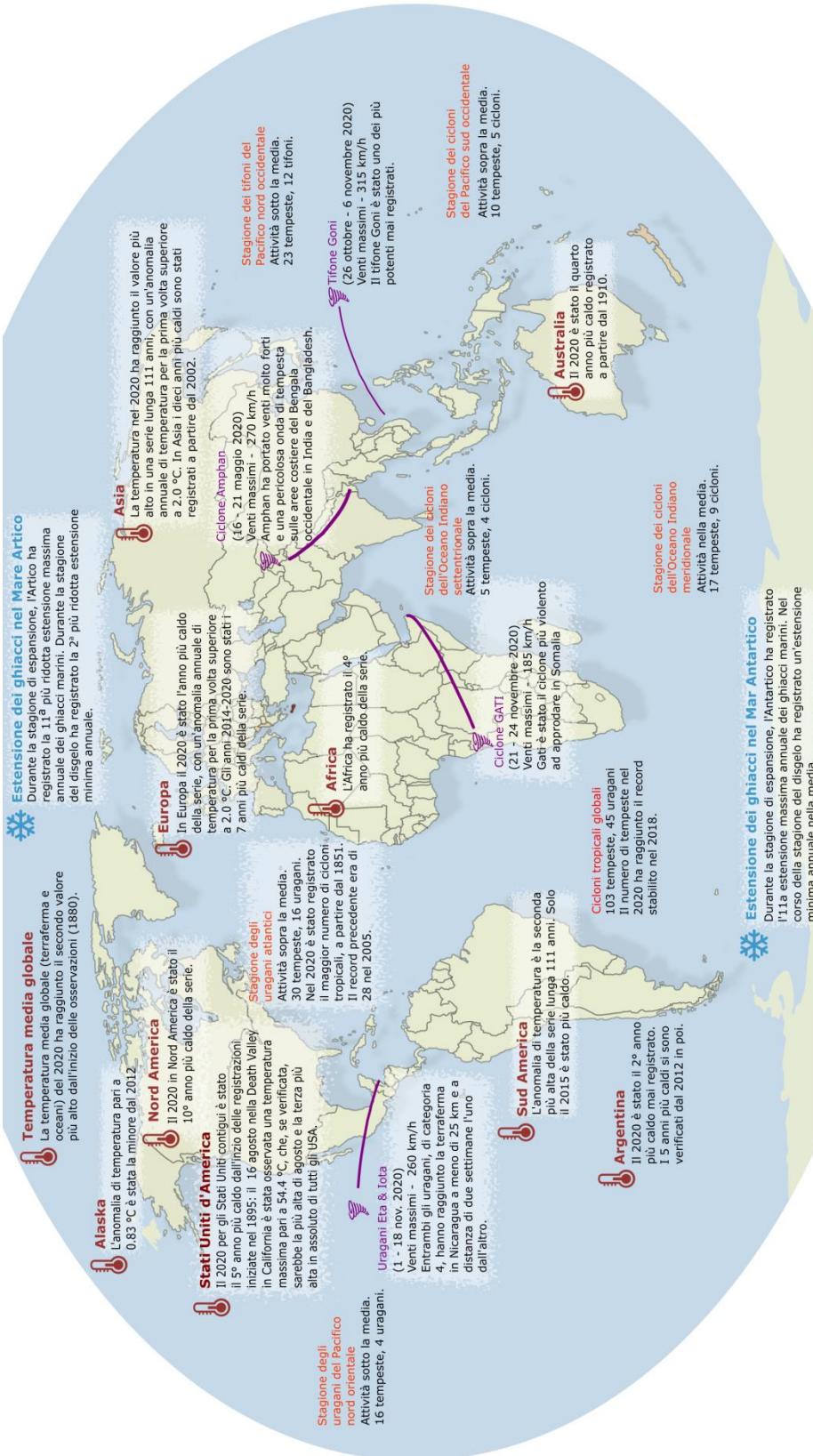


Figura 2.2: Sintesi delle principali anomalie climatiche globali verificatesi nel corso del 2020. Fonte: NOAA. Elaborazione: ISPRA.

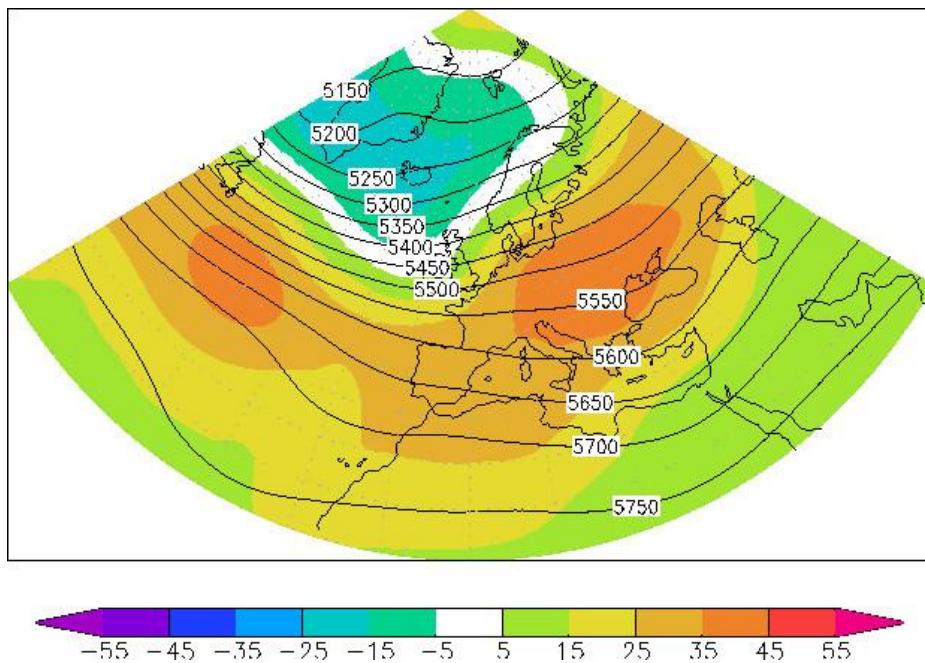


Figura 2.3: Mappa del geopotenziale medio annuale 2020 a 500hPa. L'intervallo tra le isoline è 50 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2020 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: ERA5, Copernicus.

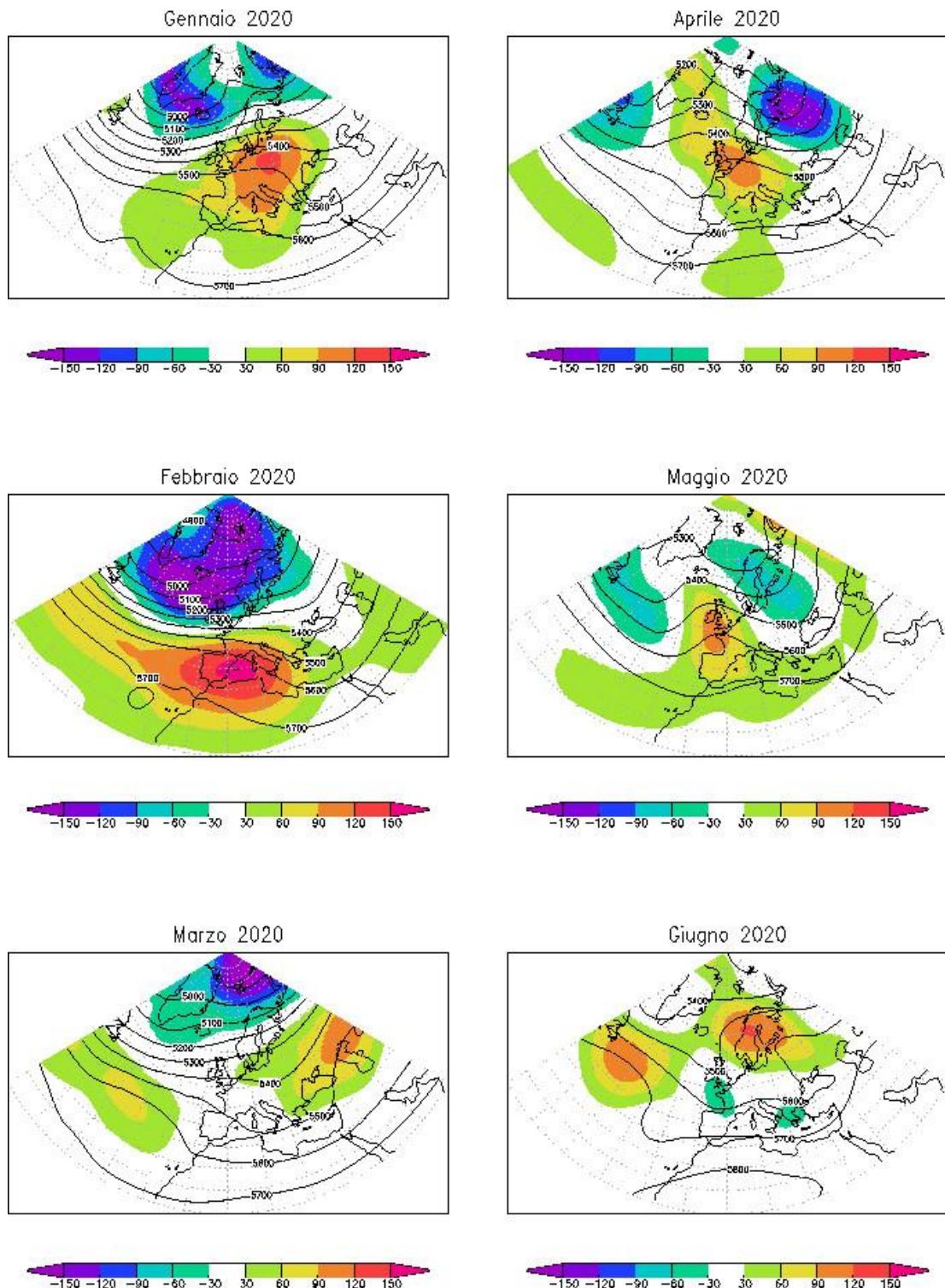


Figura 2.4a: Mappe del geopotenziale medio mensili (da gennaio a giugno 2020) a 500hPa. L'intervallo fra le isoline è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2020 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: ERA5, Copernicus.

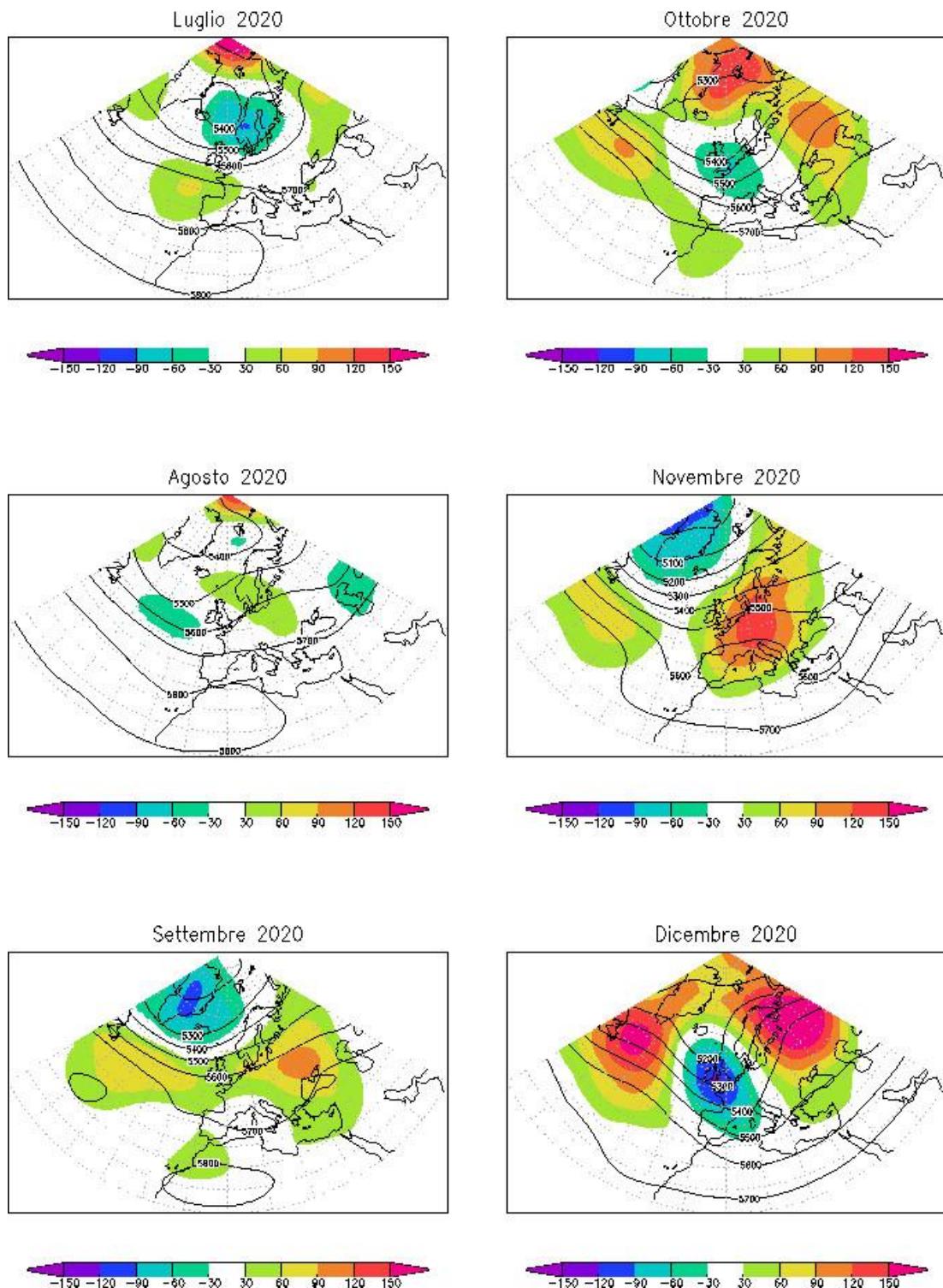


Figura 2.4b: Mappe del geopotenziale medio mensile (da luglio a dicembre 2020) a 500hPa. L'intervallo fra le isoline è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2020 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: ERA5, Copernicus.

2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia

Inverno

Nei primi due mesi dell'anno si è avuta la persistenza di regimi di alta pressione. Queste condizioni si rispecchiano nelle anomalie mensili medie di geopotenziale a 500 hPa (Z500), in **figura 2.4a**, che presentano un'anomalia negativa centrata sulla Groenlandia, in contrapposizione ad un'anomalia positiva di Z500, centrata sull'Europa centro-orientale a gennaio e ad un'anomalia positiva centrata sul Mediterraneo occidentale a febbraio. Questa configurazione ha portato ad uno spostamento a nord del jet atlantico, che in Italia si è tradotto in temperature ovunque superiori ai riferimenti climatici e precipitazioni scarse.

Nel mese di febbraio sono stati rilevati venti molto intensi in diverse regioni, con frequente carattere favonico; queste condizioni hanno innalzato localmente le temperature, già mediamente alte, a valori spesso eccezionali per la stagione.

In Piemonte, l'inverno 2019-2020 è stato il più caldo degli ultimi 63 anni, presentando un'anomalia termica media regionale rispetto al clima 1971-2000 intorno a +3°C; in particolare, il 3 febbraio 2020 è risultato il giorno con la temperatura media più elevata per il mese di febbraio dal 1958 ad oggi. Le anomalie termiche sono state favorite dal fatto che in Piemonte a febbraio è stato stabilito il nuovo primato per il numero di giorni con presenza di foehn (17) per il nuovo millennio.

Febbraio è stato il più caldo da inizio osservazioni in Emilia-Romagna, dove il termometro ha toccato la massima temperatura mai rilevata in questo mese pari a 25.6°C a Bobbio, sull'Appennino piacentino, in occasione di un evento di foehn.

Sulla Lombardia le giornate dal 3 al 5 febbraio sono state caratterizzate da una ventilazione intensa anche a carattere favonico, con medie orarie fino a 27.7 m/s (100 km/h) e raffiche fino a 40 m/s (144 km/h) a Vercana (CO, 980 m slm), e temperature localmente anche al di sopra dei 20°C.

Intensi eventi di foehn hanno causato temperature insolitamente alte anche in Valle d'Aosta, dove ad Aosta Aeroporto tra il 23 e il 24 febbraio le temperature massime hanno superato i 25°C, con una minima di 13°C durante la notte.

Febbraio è stato molto caldo anche in Friuli Venezia Giulia, dove le anomalie termiche hanno raggiunto un valore massimo di +4°C a Tarvisio (UD, 794 m slm).

In Toscana, il mese di febbraio è risultato particolarmente caldo soprattutto in montagna: il giorno 24 la stazione di Boscolungo nei pressi del Passo dell'Abetone (PT, 1345 m slm) ha rilevato una temperatura massima di 16.4 °C, la più alta per questo mese da inizio misurazioni.

La siccità invernale è stata particolarmente accentuata in Sicilia, dove il bimestre gennaio-febbraio, con soli 16 mm di precipitazione media regionale, è risultato il più asciutto dal 1921.

Primavera

A marzo le anomalie medie di circolazione di larga scala sul Mediterraneo sono state di lieve entità e le anomalie climatiche sono risultate coerentemente meno intense di quelle dei mesi precedenti, con temperature ovunque di poco superiori alla norma e precipitazioni simili ai valori attesi.

Tra il 5 e il 6 marzo in Valle d'Aosta, nei settori occidentali, si è verificata una intensa nevicata nel corso della quale sono stati misurati 50-70 cm di accumulo nel fondovalle (**figura 2.5**).

Gli eventi più rilevanti del mese si sono verificati nell'ultima decade. Tra il 24 e il 26 marzo, aria fredda di origine polare convogliata da un'area depressionaria centrata sull'Italia ha investito gran parte delle regioni italiane, facendo registrare in diverse regioni del Nord i valori più bassi di temperatura minima per il 2020. In Emilia-Romagna i venti freddi di bora da nord-est hanno causato intense mareggiate di classe 3 e sono stati associati ad estese copiose nevicate sui rilievi nonché ad improvvisi cali termici, durante i quali, in pianura, sono state raggiunte temperature minime anche inferiori a -5°C. Le condizioni favorevoli alle gelate si sono protratte nella pianura emiliano-romagnola fino al 4 aprile, determinando gravissimi danni alle colture frutticole in avanzato sviluppo fenologico a seguito delle miti temperature del passato inverno, con danni complessivi sulla produzione agricola stimati in circa 400 milioni di euro.

Nel corso di questo evento, venti freddi di burrasca, con valori massimi di velocità oltre 100 km/h, e precipitazioni persistenti sono stati osservati anche in Calabria, in particolare sulle aree in quota dei

versanti ionici centro-meridionali, con precipitazioni totali che hanno raggiunto un massimo di 340.6 mm a Chiaravalle Centrale (CZ, 540 m slm), ed intensità massime orarie di 53.8 mm a Gimigliano (CZ, 636 m slm).

Anche in Sicilia in questi giorni sono state rilevate forti precipitazioni che hanno raggiunto in diverse località totali di evento superiori a 100 mm e valori particolarmente intensi nelle aree orientali della regione e a sud di Palermo, con massimo pari a 345 mm in 48 ore a Linguaglossa (CT, 590 m slm). Le precipitazioni, unite a venti di forte intensità, hanno causato allagamenti in aree urbane, sversamenti di detriti lungo la viabilità, fenomeni franosi, esondazioni del reticolo secondario, caduta di alberi e ingressioni marine.

Le condizioni perturbate, con intensi flussi da est-nordest, hanno continuato ad interessare le nostre regioni anche nei giorni seguenti e tra il 28 e il 29 di marzo sono stati registrati valori estremamente elevati di PM10, con concentrazioni fino a 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Romagna e sul crinale appenninico, mai rilevati prima in queste stazioni in quota; probabile causa dell'evento la formazione di una tempesta di polveri nella zona del lago di Aral, con successivo trasporto verso il bacino padano, dove le polveri sono rimaste intrappolate dall'arco alpino e appenninico.

Nei giorni successivi, tra il 30 e il 31 marzo, nuovi impulsi freddi hanno portato sulla Calabria piogge intense, localizzate sui versanti centro-meridionali della regione ed in particolare sulle coste tirreniche della provincia di Vibo Valentia e di Reggio Calabria: i totali di evento sono risultati localmente superiori a 100 mm con un massimo di 151.8 mm in 24 ore a Maierato (VV, 250 m slm).

Ad aprile e maggio la circolazione di larga scala sull'Italia e sull'Europa centro-orientale è stata dominata dalla presenza di un'anomalia positiva di Z500 associata alla persistenza in quest'area di condizioni di alta pressione: le temperature medie sono tornate ad assestarsi su valori nettamente superiori alla media, soprattutto nelle regioni centro-settentrionali, mentre le precipitazioni sono state ovunque inferiori ai valori attesi. Anomalie pluviometriche negative particolarmente intense sono state registrate nelle regioni settentrionali nel mese di aprile. In Emilia-Romagna le precipitazioni cumulate da gennaio a maggio sono state le più basse mai registrate per questo periodo dal 1961 e la regione, a fine primavera, versava in condizioni di intensa siccità. Anche in Veneto la primavera è risultata più secca del solito e dopo un inverno avaro di pioggia e neve, su alcuni settori di pianura la minaccia siccità si è accentuata.

La persistenza di condizioni di bel tempo ha causato un aumento della temperatura dei mari italiani, che a maggio si è assestata su valori medi mensili superiori al clima di riferimento di quasi 1.5 °C.

Nonostante nel corso della primavera le anomalie climatiche siano state all'insegna di mesi caldi e secchi, a partire dal 10 maggio nelle regioni nord-occidentali e in particolare in Piemonte si sono susseguite giornate caratterizzate da marcata instabilità atmosferica che ha determinato diffuse fulminazioni, precipitazioni a carattere di rovescio con picchi di forte intensità e breve durata, nonché grandinate abbondanti, con accumuli significativi e talvolta chicchi di medie dimensioni (1-3 cm). Tra il 9 maggio ed il 18 giugno il Centro Funzionale di Arpa Piemonte ha emesso per 18 giorni (in media un'allerta ogni 2 giorni) bollettini con codice giallo per rischio idrogeologico ed idraulico a causa di temporali.

In Sicilia, una prolungata fase caratterizzata da forte Scirocco ha prodotto il 13 maggio intensi venti di caduta sul settore tirrenico. La stazione dell'Osservatorio Astronomico di Palermo ha registrato il record assoluto termico di maggio con 39.4°C; in diverse località della fascia costiera sono stati superati i 40°C, con il massimo di 40.3°C registrato il 14 maggio a Patti (ME, 88 m slm).

Nelle giornate del 19 e 20 maggio, anche il territorio della regione Marche è stato interessato da eventi temporaleschi intensi, accompagnati da abbondanti grandinate nella zona di San Vicino e Urbania, che hanno determinato locali situazioni di criticità e causato danni alle colture agricole.

Tra il 9 e il 20 maggio, in Campania, è stato osservato un insolito evento di trasporto di polveri dal deserto del Sahara per 10 giorni consecutivi.

Estate

La circolazione di larga scala ha subito con l'inizio dell'estate un netto cambiamento ed in tutti e tre i mesi estivi è stata caratterizzata da condizioni di flusso medio molto prossimo alla media di lungo periodo. Le temperature medie areali mensili sono state ovunque superiori al valore climatologico, con anomalie particolarmente intense ad agosto nelle regioni centro-settentrionali. Le precipitazioni totali mensili sono risultate quasi ovunque simili o superiori ai valori attesi, tranne a luglio nelle regioni

centrali, dove sono rimaste inferiori alla norma. L'estate, meno secca della norma, in molte regioni ha permesso di sventare l'instaurarsi di condizioni di siccità estrema, temuta a seguito di un inverno e una primavera particolarmente avare di precipitazioni.

Nel corso dell'estate si sono verificati temporali anche intensi. In Emilia-Romagna sono stati registrati 104 eventi di piogge orarie intense, superiori a 30 mm/h, che hanno contribuito in modo consistente al totale annuale di 146 eventi, terzo valore più alto dal 2004. I temporali sono stati accompagnati talvolta da grandine e raffiche e hanno causato locali allagamenti, ma hanno comunque avuto l'effetto di ridurre le richieste irrigue, chiudendo così il periodo siccitoso che aveva raggiunto l'apice a fine primavera.

Tra il 7 e l'8 giugno anche l'Umbria è stata colpita da intensi temporali, con valori massimi registrati presso la stazione di Avigliano Umbro (TR, 482 m slm) pari a 78.0 mm in un'ora, 149.6 mm in 3 ore, 188.0 mm in 6 ore e 196.0 mm in 12 ore; i tempi di ritorno stimati per questi valori di intensità su 3, 6 e 12 ore sono superiori a 200 anni, mentre quello per l'intensità oraria è superiore a 50 anni. Le precipitazioni intense hanno causato eventi di piena sul reticolo secondario con allagamenti diffusi in zone industriali e problemi alla viabilità locale.

In Piemonte, nelle giornate successive e fino al 18 giugno si sono succeduti intensi temporali che hanno colpito l'area metropolitana di Torino e in particolare il territorio comunale di San Mauro Torinese; sono state stimate precipitazioni totali massime di circa 225 mm complessivi nelle tre giornate del 9, 15 e 18 giugno 2020. Per la massima intensità pluviometrica di 73.3 mm in un'ora, rilevata il 15 giugno presso la stazione di Venaria La Mandria (TO, 337 m slm), sono stati stimati tempi di ritorno superiori a 50 anni. Particolarmente interessante è la mappa in **figura 2.6** che riporta il numero totale di fulminazioni per il giorno 17 giugno rilevata dalla rete LAMPINET: è evidente il picco sulla città di Torino con oltre 65 fulminazioni per chilometro quadrato.

Il 15 luglio si è verificata una tromba d'aria in Sicilia a Mineo (CT) e tra il 15 e il 19 luglio si sono abbattuti sull'isola temporali sparsi, localmente intensi. Le piogge più abbondanti e persistenti sono state registrate nel corso del pomeriggio del 15 luglio sul settore orientale della Sicilia e sulla città di Palermo in un'area del centro cittadino, con cumulate di oltre 100 mm. I valori massimi sono stati rilevati a Palermo Uditore (PA, 50 m slm): 134 mm in meno di 3 ore e 87.8 mm in un'ora. Si è trattato delle massime intensità mai registrate per le durate di 1 e 3 ore da inizio misurazioni. Tale evento ha messo in evidenza l'insufficienza strutturale del sistema di smaltimento delle acque meteoriche per tali intensità pluviometriche; si è infatti verificato l'allagamento quasi totale del reticolo viario con decine di autovetture rimaste intrappolate e sommerse nei sottopassi. Le piogge intense hanno causato allagamenti ed esondazioni anche nel reticolo secondario della zona industriale di Catania, in particolare il 19 luglio sono stati registrati nubifragi a Vizzini (CT, 528 m slm), con un'intensità oraria di 74 mm e a Mazzarino (CL, 480 m slm) con intensità oraria di 75.4 mm.

Anche sulla Lombardia nel mese di luglio non sono mancati rapidi passaggi temporaleschi con locali episodi di forte intensità, come nella giornata del 24, quando sono stati osservati rovesci e temporali diffusi su gran parte della regione, intensi sui settori centro-occidentali, in particolare sul milanese, con locali eventi di grandine. Le massime intensità sono state pari a 96.4 mm in 24 ore, di cui 73.6 mm in un'ora e 25.2 mm in 10 minuti a Cinisello Balsamo (MI, 142 m slm); 19.6 mm in 10 minuti a Milano-P.zza Zavattari (MI, 122 m slm) e 95.6 mm in 24 ore, di cui 62 mm in un'ora e 31 mm in 10 minuti, a Palazzolo Borghetto (MI, 170 m slm). In termini di effetti al suolo, si è verificata una esondazione del fiume Seveso nel tratto urbano milanese, con tempo di ritorno stimato in circa 150 anni.

In Piemonte, il mese di agosto è stato particolarmente perturbato e sin dai primi giorni del mese si è innescata una serie di eventi temporaleschi iniziati il primo di agosto, quando sono stati osservati venti forti con raffiche di oltre 100 km/h ad Alessandria Lobbi (AL, 90 m slm), il massimo rilevato dal 1988 durante il periodo primavera-estate. Il giorno seguente nella stazione di Asti (175 m slm) è stata rilevata un'intensità di precipitazione oraria di 58.4 mm, per la quale è stato stimato un tempo di ritorno superiore a 50 anni.

L'8 agosto temporali molto localizzati hanno riversato precipitazioni ingenti in alcune aree della Sicilia: a Castroreale (ME, 281 m slm), lungo la costa tirrenica occidentale dell'isola, il totale di evento ha raggiunto 153.0 mm in 24 ore, con intensità massime di 126.0 mm in un'ora e mezza e 73.4 mm in un'ora; il tempo di ritorno stimato per l'intensità pluviometrica nelle prime 3 ore è stimato in circa 100 anni. Le precipitazioni molto intense hanno prodotto danni considerevoli nelle località interessate, incluse frane e fenomeni di trasporto detritico, allagamenti e danni ad auto e proprietà.

Nello stesso giorno e in quelli successivi altri nubifragi hanno causato allagamenti e colate di fango in varie località siciliane, tra cui Randazzo (CT), Enna Pasquasia (EN) e nella provincia di Messina, dove a Curcuraci (420 m slm) sono caduti 46.2 mm in 30 minuti.

Nella seconda metà di agosto il Veneto è stato colpito da diversi fenomeni temporaleschi; il 14 agosto temporali intensi e persistenti, con rovesci, grandinate e raffiche di vento hanno determinato accumuli di precipitazione assai significativi fino a 139 mm a Col Indes di Tambre (BL, 1181 m slm) e raffiche fino a un massimo di 69 m/s (248 km/h) a Belluno Aeroporto (376 m slm). A Col Indes, per le intensità pluviometriche da 15 minuti a 3 ore, sono stati stimati tempi di ritorno superiori a 20 anni. Il 17 agosto temporali intensi sono tornati a colpire gran parte delle regioni settentrionali. In Veneto, numerosi rovesci hanno interessato molte località anche di pianura, raggiungendo un'intensità massima di quasi 14 mm in 5 minuti, 24 mm in 10 minuti e 34 mm in 15 minuti a Volpago del Montello (TV, 125 m slm). Nello stesso giorno in Piemonte il pluviometro situato in via della Consolata a Torino ha registrato un picco orario di 75.2 mm, valore inferiore solo agli 83.4 mm dell'11 agosto 2010.

Tra il 22 e il 23 agosto il Veneto è stato nuovamente colpito da temporali e raffiche intense. Le intensità di precipitazione hanno raggiunto i valori massimi a Malo (VC, 99 m slm) pari a 57.6 mm in 30 minuti e a Monte Summano (VC, 597 m slm) pari a 69.2 mm in 45 minuti e 75 mm in un'ora, con tempi di ritorno superiori a 20 anni.

La stagione estiva si è conclusa con nuovi temporali intensi su gran parte del Nord Italia. In Lombardia, tra il 28 e il 29 agosto precipitazioni diffuse e intense a carattere temporalesco, anche accompagnate localmente da grandine di medie e grandi dimensioni, vento forte e bruschi cali termici, hanno interessato gran parte della regione. Le precipitazioni nel corso dell'evento hanno raggiunto valori cumulati in 48 ore di 290.8 mm (di cui 271.6 mm in 24 ore) a Montemezzo-Gera Lario (CO, 680 m slm), 200.4 mm (di cui 159.4 mm in 24 ore) ad Ardesio Valcanale (BG, 1002 m slm), 299 mm a Ponte in Vatellina-Lago Reguzzo (SO, 2440 m slm) e 115.8 mm (di cui 114.6 mm in 24 ore) a S. Margherita di Staffora-Passo del Giovà (PV, 1363 m slm).

In Veneto sono stati registrati temporali molto intensi tra il 29 e il 30 agosto, con 5 nubifragi registrati da alcune stazioni dell'Alpago (BL, 1000 m slm) e dell'Alto Vicentino (Malo e Lusiana), e forti raffiche di vento, associate sia a venti di caduta che a vere e proprie trombe d'aria, e intense grandinate soprattutto nelle provincie di Verona e Vicenza. Le cumulate massime di precipitazione totale sull'evento sono state registrate a Lusiana (VC, 767 m slm) con 191.6 mm in 48 ore (di cui 144.4 mm il giorno 29), seguita da Malo con 183.4 mm in 48 ore (di cui 131.6 mm il giorno 29) e da Gosaldo (BL, 1254 m slm) con 177 mm in 48 ore (di cui ben 102.2 mm il giorno 30). Le intensità di precipitazione su breve periodo hanno raggiunto massimi di 35 mm in 15 minuti a Cansiglio-Tramedere (BL, 1022 m slm) e di 75.2 mm in un'ora a Malo. Le precipitazioni hanno causato diverse colate detritiche, smottamenti, frane di modeste dimensioni ed erosioni spondali lungo i corsi d'acqua, e una rotta arginale lungo il torrente Onte nell'alto vicentino, mentre venti forti e trombe d'aria hanno causato danni ad alberi, proprietà ed infrastrutture.

La provincia di Trento negli stessi giorni è stata colpita da temporali associati a raffiche di vento di grande intensità anche a fondo valle, che hanno causato ingenti danni all'agricoltura nella riva destra dell'Adige a sud di Trento.

In Friuli Venezia Giulia i temporali hanno riversato in sole 36 ore fino a 319 mm a Pontebba (UD, 900 m slm), mentre le precipitazioni cumulate totali dal 28 al 30 agosto hanno raggiunto massimi oltre i 400 mm sulla Carnia centro-orientale, il Canal del Ferro e Pontebba. Sono state registrate raffiche di vento forte, fino a 140 km/h sulle Prealpi e fino a 120 km/h su pianura e costa, che hanno provocato la caduta di numerosi alberi.

Autunno e dicembre

Settembre è stato in buona parte d'Italia un prolungamento dell'estate, con molti temporali e temperature ovunque superiori alla norma. Le precipitazioni sono state vicine alle attese nelle regioni centro-settentrionali e abbondanti nelle regioni meridionali.

Il 14 settembre un'intensa attività temporalesca ha interessato la Sicilia orientale, producendo nubifragi nell'area a sud di Catania e nell'entroterra, con il massimo accumulo registrato dalla stazione Catania S. Francesco La Rena (10 m slm) pari a 122.6 mm totali ed un'intensità massima oraria di 73 mm.

Tra il 20 e il 22 settembre il Piemonte è stato interessato da una serie di intensi impulsi temporaleschi che hanno riversato sulla regione notevoli quantitativi di pioggia, con massimi il 22 settembre. Nella figura che riporta le mappe delle stime radar insieme ai dati rilevati da stazione (**figura 2.7**) si osservano in particolare precipitazioni superiori a 100 mm in due ore sui comuni in provincia di Cuneo di Barge, Cardè, Scarnafigi e Saluzzo, ed oltre 80 mm su Bibiana (TO, 420 m slm).

Nelle prime ore del 24 settembre una vasta area depressionaria alimentata da aria artica associata a venti particolarmente intensi e a forte instabilità ha cominciato a transitare sulle nostre regioni. L'apporto energetico, determinato dal passaggio della perturbazione sul Mar Tirreno, è risultato molto consistente ed ha prodotto violente mareggiate. In Campania, oltre a un'intensa mareggiata con altezze d'onda massima fino a 10.8 m (valore misurato dalla boa Cilento nelle prime ore del 26 settembre), il passaggio del fronte ha anche determinato l'innesco di violenti fenomeni, molto localizzati, fra cui una tromba marina a Salerno, che ha provocato molti danni, a causa della caduta di numerosi alberi. I fenomeni sono stati accompagnati da precipitazioni particolarmente elevate lungo la fascia appenninica centrale della regione, con valori superiori a 150 mm in molte stazioni e valori massimi di 259.8 mm a Montella Meteo (AV, 515 m slm). Anche le intensità di precipitazione su breve periodo sono state elevate: per durate che vanno da 1 a 3 ore sono state registrate le massime intensità rilevate dal 2001 nelle stazioni di Caposele (AV, 428 m slm - 16.6 mm in 10 minuti, 36.6 mm in 30 minuti, 65.6 mm in un'ora e 93.8 mm in 3 ore) e Mercogliano (AV, 625 m slm - 22.2 mm in 10 minuti, 35.0 mm in 30 minuti, 52.0 mm in un'ora e 83.8 mm in 3 ore). Tali precipitazioni hanno causato l'innalzamento dei livelli dei fiumi e fenomeni di dissesto idrogeologico.

Anche nelle regioni settentrionali l'arrivo di aria fredda tra il 26 e il 27 settembre ha portato ad un improvviso calo termico: in Emilia-Romagna le temperature sono scese di oltre 9°C in 24 ore e sui crinali sono state registrate per la prima volta nel mese di settembre temperature inferiori a 0°C. In corrispondenza di questo evento quasi la metà delle stazioni termometriche della rete ARPA Piemonte ha stabilito il primato di temperatura minima per il mese di settembre. In Veneto dal 25 settembre al 19 ottobre è stato registrato uno dei periodi di fresco più duraturo e più marcato degli ultimi 50 anni, per la stagione. In Toscana l'improvviso calo termico ha fatto registrare record negativi per le temperature massime di settembre nelle tre stazioni di Firenze, Grosseto ed Arezzo, che hanno segnato rispettivamente valori pari a 16.0, 14.4 e 13.2°C. In Friuli Venezia Giulia, il passaggio frontale è stato associato ad intensi temporali: una cella, in rapido spostamento da Monfalcone a Gorizia, ha provocato una fitta grandinata (**figura 2.8**); sono state registrate precipitazioni cumulate su 24 ore superiori a 100 mm, con il massimo a Musi (UD, 600 m slm), pari a 196 mm.

Ad ottobre il flusso medio ha presentato una saccatura sull'Europa Centrale, che ha favorito l'ingresso di perturbazioni atlantiche sul Mediterraneo e sulle regioni italiane. Le temperature sono state leggermente inferiori alla media del periodo e le precipitazioni vicine alle attese, tranne che nelle regioni settentrionali dove i totali areali hanno superato del 69% i valori climatici di riferimento.

Tra il primo e il 4 ottobre, l'interazione tra una saccatura di origine artica e correnti umide sud-occidentali associate al flusso perturbato ha determinato condizioni di forte instabilità su varie regioni, con precipitazioni intense e persistenti che hanno causato la perdita di tre vite umane ed un disperso. In Piemonte, il 2 ottobre è stato il giorno più piovoso dal 1958 con una media regionale di 110.5 mm in 24 ore. Un fattore che indica l'eccezionalità dell'evento in questa regione è che tra il 2 ed il 3 ottobre i valori più elevati di precipitazione in 24 ore hanno raggiunto i massimi storici, tutti con valori superiori ai 500 mm, e con il picco di 619.6 mm in 24 ore registrato a Sambughetto (VB, 742 m slm). Per quanto riguarda i valori massimi di precipitazione in 12 ore, nelle prime quattro posizioni si collocano stazioni pluviometriche che hanno raggiunto il picco nei due giorni in esame con valori superiori ai 400 mm; il valore più elevato, 517.6 mm, è stato registrato a Limone Pancani (CN, 1875 m slm). Le precipitazioni sono state molto elevate anche a livello areale, soprattutto nella giornata del 2 ottobre sui bacini di Sesia, Cervo e Toce, e hanno generato sui corsi d'acqua del reticolo principale e secondario della regione, onde di piena eccezionali che, nei bacini del Toce e del Sesia, hanno superato i livelli di riferimento storici dell'evento di ottobre 2000 e sull'alto Tanaro quelli del novembre 2016. Ovunque gli incrementi di livello sono stati repentini e, anche nelle sezioni di chiusura dei bacini estesi, il colmo si è raggiunto al massimo in 12 ore.

Negli stessi giorni anche la Valle d'Aosta è stata colpita da precipitazioni intense e persistenti con vento forte nel fondovalle. La cumulata massima di precipitazione su 48 ore è stata registrata a Hone (367 m slm), con oltre 330 mm, dei quali più di 245 mm il 2 ottobre. Le massime intensità orarie sono state pari a 34.6 mm, rilevate presso la stazione di Champorcher-Petit Mont Blanc (1640 m slm). Le

intense precipitazioni hanno causato una vittima e più di cento dissesti idrogeologici con notevoli danni.

Sempre tra il 2 e il 3 ottobre, in Lombardia sono stati rilevati quantitativi ingenti di precipitazione con valori massimi di 395.2 mm in 36 ore (di cui 250.2 mm in 24 ore) a Gerola Alta Pescegallo (SO, 1875 m slm) e di 367.0 mm in 36 ore (di cui 208.6 mm in 24 ore) a Carona Lago Fregabolgia (BG, 1955 m slm). In concomitanza di questa fase perturbata, si sono registrati rinforzi di vento particolarmente significativi, con raffiche localmente superiori a 30 m/s, fino ad un massimo di 42.10 m/s (152 km/h) a Laveno Mombello-Poggio S. Elsa (VA, 207 m slm); tra gli effetti al suolo vanno annoverati gli ingenti accumuli di legname lungo la costa del Lago Maggiore (**figura 2.9**).

In Emilia-Romagna si sono osservate raffiche di vento molto forti e grandi accumuli di precipitazione soprattutto sull'Appennino occidentale a causa della persistenza dei sistemi temporaleschi. Le precipitazioni totali giornaliere nel corso dell'evento hanno raggiunto valori massimi di 228.8 mm a Tarsogno (PR, 852 m slm) e hanno superato i 100 mm in 24 ore in ampie aree appenniniche. Le intense e persistenti precipitazioni hanno generato fenomeni di piena impulsivi nei tratti montani di Trebbia, Aveto e Taro, la cui rapidità ha causato intensi fenomeni di erosione e trasporto solido nei tratti montani e sul torrente Aveto, e il crollo di un ponte sul Trebbia lungo la Statale 45, già deteriorato da anni.

In Liguria l'evento è stato caratterizzato da una lunga fase prefrontale con piogge intense, risultate particolarmente insistenti sull'estremo Ponente, venti con intensità di burrasca forte con raffiche tra tempesta ed uragano e mareggiate estese ed intense lungo tutti settori costieri, in particolare a Levante (**figura 2.10**). I totali di evento sono stati ingenti e hanno raggiunto il valore massimo di 430.6 mm a Triora (IM, 789 m slm). Le intensità sub-giornaliere e giornaliere hanno raggiunto invece massimi di 113.6 mm in un'ora, 203.0 mm in 3 ore e 233.6 mm in 6 ore a Casarza Ligure (GE, 260 m slm), e di 361 mm in 12 ore e 426.2 mm in 24 ore a Triora. Le intensità di precipitazione massime sub-orarie sono state registrate nelle aree di levante, presso la stazione di Sestri Levante (GE, 320 m slm - 14 mm in 5 minuti e 26.4 mm in 10 minuti) e presso la stazione di Casarza Ligure (36.8 mm in 15 minuti, 61.2 mm in 30 minuti e 94.2 mm in 60 minuti). Le precipitazioni hanno persistito, in fasi distinte, su tutta la regione, con conseguente innalzamento dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua, dapprima sull'estremo Levante e, in seguito, in misura ancor maggiore, sull'estremo Ponente. Sul bacino del Roya, dove è stato significativo il contributo delle precipitazioni della parte di bacino in territorio francese, sono stati registrati i massimi storici nelle sezioni di Airole e Torri. Nuovi valori massimi del livello idrometrico dall'inizio delle misurazioni sono stati rilevati anche sul Torrente Nervia a Isolabona, sull'Argentina a Montalto Ligure e a Merelli, e sul Centa a Pogli di Ortovero. L'evento ha causato danni pesantissimi in tutta la regione; in particolare nella Val Roya dove le precipitazioni hanno causato diverse frane su strada, crollo di tratti di strada, distruzione di cantieri, crollo del ponte romano del Fanghetto e danni alla centrale idroelettrica di Airole, oltre a danni ad artigianato, agricoltura, floricultura e allevamento.

In questi giorni a Bolzano sono state osservate piogge molto abbondanti con cumulate superiori a 200 mm nella zona di Stau, dalla Val d'Ultimo fino alla Val Passiria, e si sono verificati numerosi smottamenti, frane e cadute di massi; l'evento è stato accompagnato da venti intensi con raffiche che hanno raggiunto un valore massimo di 147 km/h in alta quota sul monte Scabro (2930 m slm) e di circa 90 km/h a media quota presso la stazione di Nova Ponente (1470 m slm). Le piogge hanno causato esondazioni nelle aree occidentali dell'Alto Adige e nell'alta Val d'Isarco e molti corsi d'acqua hanno ampiamente superato il livello d'allarme (**figura 2.11**).

In provincia di Trento, sulla parte alta e sul versante destro del bacino del Sarca, negli stessi giorni si sono misurate precipitazioni cumulate totali superiori a 160 mm, con un massimo di 222.6 mm a Daone-Malga Bissina. Le piogge intense hanno causato una piena del fiume Sarca che è esondato nel territorio del comune di Arco; anche qui le precipitazioni sono state accompagnate da venti forti, con raffiche fino 133.56 km/h a Passo Manghen (2035 m slm).

In corrispondenza di questi eventi, in Sicilia gli intensi venti di Scirocco hanno prodotto un forte rialzo termico sul settore tirrenico a causa dei venti di caduta, che hanno fatto registrare i massimi valori delle serie storiche per il mese di ottobre sia presso la stazione Palermo Osservatorio Astronomico (75 m slm) con 38.2°C, sia presso la stazione di Palermo Punta Raisi (34 m slm) con 37.5°C.

A novembre la circolazione di larga scala è drasticamente cambiata e le anomalie di Z500 sono state caratterizzate da un massimo centrato sull'Europa centro-orientale (**figura 2.4b**); queste anomalie indicano la presenza di persistenti condizioni di alta pressione al suolo, associata a regimi di blocco

atmosferico. Sulle nostre regioni le temperature medie mensili sono risultate ovunque superiori alla media, con anomalie maggiori di +2 °C nelle regioni centro-settentrionali. Le precipitazioni sono state particolarmente scarse al Nord, dove i totali mensili registrati sono stati una piccola frazione dei valori attesi. In Emilia-Romagna novembre 2020 è stato il meno piovoso dal 1961, in Piemonte è stato il secondo meno piovoso dal 1958; in Veneto è stato particolarmente mite in alta montagna e tra i più siccitosi degli ultimi 30 anni.

Tra il 16 e il 17 novembre, una saccatura atlantica in transito sull'Italia ha riversato intense precipitazioni, in parte di carattere convettivo, soprattutto sulle regioni centro-meridionali. In Campania le precipitazioni totali più elevate sono state registrate lungo i versanti della costiera amalfitana e nel basso Cilento, dove in poche ore sono caduti più di 100 mm, con cumulate massime in 12 ore di 219.3 mm a Roccagloriosa (SA, 509 m slm) e 216.8 mm a Torre Orsaria METEO (SA, 413 m slm). In questa stazione sono state rilevate anche intensità di 50.0 mm in 30 minuti, 69.2 mm in un'ora, 139.4 mm in 3 ore e 176.0 in 6 ore. Queste intensità di afflussi hanno causato il repentino innalzamento dei livelli idrometrici di molti corsi d'acqua ed esondazioni in molte delle aree limitrofe, anche per effetto di criticità locali intervenute nelle aree goleali e nelle arginature degli alvei.

Il 20 novembre un minimo depressionario sul Mar Ligure, in spostamento verso sud, ha portato precipitazioni nevose sull'Appennino emiliano-romagnolo e una intensa ventilazione da nord-est associata a mareggiate di classe 3.

Nei giorni seguenti, tra il 21 e il 23 novembre, piogge molto intense e persistenti hanno colpito il versante ionico centro-settentrionale della Calabria, in particolare la provincia di Crotone, dove sono state registrate cumulate di evento superiori a 300 mm, con punte massime di 414.8 mm a Cirò Marina-Punta Alice (KR, 44 m slm). Le precipitazioni massime cumulate su 24 ore registrate nel corso dell'evento rappresentano il valore più alto rilevato da inizio misurazioni (1916) in varie stazioni in provincia di Crotone, tra cui Crotone (2 m slm - 263.0 mm), Crucoli (329 m slm - 246.6 mm), Cirò Superiore (310 m slm - 236.0 mm), Crotone-Salica (154 m slm - 233.4 mm), Crotone-Papanice (115 m slm - 205.0 mm), con tempi di ritorno rispettivamente superiori a 300, 150 e 100 anni a Crotone, Cirò Marina-Punta Alice e Cirò Superiore. Anche le intensità pluviometriche su breve periodo sono state caratterizzate da eccezionale intensità e hanno raggiunto massimi valori a Crotone: 80.4 mm in un'ora (tempo di ritorno stimato superiore a 100 anni), 123.8 mm in 3 ore, 186.0 mm in 5 ore e 205.2 mm in 12 ore (tutti con tempi di ritorno stimati superiori a 300 anni). I fenomeni sono stati accompagnati da un'elevata ventosità che ha interessato tutta la regione.

Tra il 27 e il 29 novembre la Sardegna è stata investita da condizioni meteorologiche che hanno causato la perdita di tre vite umane a Bitti (NU, 777 m slm) ed estesi danni alle infrastrutture. Alcune località hanno registrato nelle prime dieci ore del giorno 28 la metà delle precipitazioni totali annuali medie. Va notato che in Sardegna da metà ottobre a metà novembre si è avuto un periodo caldo, soleggiato e poco ventoso. Va notato che in Sardegna da metà ottobre a metà novembre si è avuto un periodo caldo, soleggiato e poco ventoso. Queste condizioni, singolari per l'autunno, hanno interessato il Mediterraneo e il vicino Atlantico, mantenendo le temperature superficiali relativamente alte fino alla fine di novembre, intorno a 19-20°C con anomalie di circa +2°C rispetto alla media climatologica. Nelle 60 ore dell'evento sono piovuti oltre 400 mm in cinque stazioni meteorologiche della Sardegna, con valori compresi tra i 402.6 mm di Orgosolo Monte Novo (NU, 1215 m slm) e i 536.0 di Oliena RU (NU, 131 m slm); la straordinaria intensità di precipitazione registrata in questa stazione in 24 ore nel corso dell'evento, rappresenta di gran lunga il massimo valore mai registrato nelle due stazioni esistenti a Oliena, i cui dati coprono un periodo di 100 anni. Qui le massime intensità di precipitazione sull'evento, da 30 minuti a 24 ore, sono state tutte caratterizzate da tempi di ritorno superiori a 200 anni, mentre per le cumulate massime su 15 minuti è stato stimato un tempo di ritorno superiore a 170 anni. Anche a Bitti la cumulata massima su 24 ore, pari a 328.6 mm, rappresenta il più alto valore da inizio misurazioni, e per le massime cumulate su 3, 6, 12 e 24 ore sono stati stimati tempi di ritorno superiori a 200 anni. Le ingenti precipitazioni hanno portato i livelli idrometrici di molti corsi d'acqua oltre le soglie di allerta e in molti casi a valori simili o superiori ai massimi mai registrati in passato.

Tra il 28 e il 29 novembre il maltempo ha colpito anche la Sicilia, con precipitazioni concentrate principalmente nei settori orientali, dove in ampie aree sono stati registrati valori cumulati in 48 ore superiori ai 100 mm fino ad un massimo di 375.0 mm a Castiglione di Sicilia (CT, 516 m slm). I fenomeni sono stati localmente accompagnati da venti forti, in particolare a Catania, dove, durante la serata del 28 novembre, si è verificata una tromba d'aria che ha provocato nella zona meridionale della

città gravi danni, tra cui allagamenti, frane, danni a edifici e infrastrutture e crollo di molti alberi. Con dicembre si è assistito ad un nuovo radicale cambio nel flusso medio, che nel corso di questo mese è stato caratterizzato da un'intensa saccatura centrata sulle isole britanniche. Questa anomalia ha permesso l'ingresso di molti sistemi perturbati sulle nostre regioni, anche se l'Italia ha continuato a rimanere a sud dell'asse principale del jet. Le anomalie di temperatura e di precipitazione sono state ovunque positive. Le regioni centro-settentrionali hanno ricevuto mediamente circa il doppio delle precipitazioni attese. In Emilia-Romagna dicembre 2020 è stato il più piovoso dal 1961. In Friuli Venezia Giulia le precipitazioni sono state superiori anche del 500% rispetto alla media 1961-2010: a Tolmezzo (UD, 314 m slm) sono stati misurati 749 mm, a Barcis (PN, 468 m slm) raggiunti addirittura 973 mm; in particolare, va notato che tali quantitativi non sono legati ad un inusuale numero di giorni piovosi, ma all'intensità dei fenomeni, che hanno raggiunto una massima cumulata su 24 ore a Barcis pari a 437 mm.

Anche in Toscana le precipitazioni di dicembre sono state eccezionalmente abbondanti, facendo registrare anomalie intorno a +140% rispetto al clima 1981-2010. In particolare, è stato il dicembre più piovoso dal 1955 a Massa Carrara, Lucca e Livorno, dove è piovuto quasi il quadruplo di quanto piove normalmente in questo mese.

Dal 4 fino al 9 dicembre una profonda depressione associata alla discesa sul Mediterraneo occidentale di aria fredda in quota di origine artica, ha richiamato sull'Italia un persistente e intenso flusso di correnti umide di Scirocco, bloccato sul lato orientale da un campo di alta pressione centrato sull'Europa nord-orientale. Il Veneto è stato colpito da precipitazioni molto abbondanti sulle zone montane e pedemontane con cumulate sull'evento superiori a 500 mm soprattutto nel bellunese, punte fino a 725 mm a Seren del Grappa (BL, 1271 m slm) e accumuli di neve molto abbondanti specialmente oltre i 1600 m di quota. Per quanto riguarda le intensità di precipitazione, molti valori hanno presentato tempi di ritorno superiori a 20 anni; in particolare per le intensità su 12 ore a Gosaldo l'evento si colloca subito dopo l'alluvione del novembre 1966 con 270 mm (quarto posto assoluto regionale e dato più elevato per la montagna dal 1984, anno di inizio della serie). Questo valore, insieme a quello registrato a Col di Prà (BL, 863 m slm), pari a 250 mm, supera le quantità cadute in 12 ore durante la tempesta Vaia di fine ottobre 2018. Per le intensità su 24 ore, il dato di 386 mm di Col Indes è il terzo valore più alto della serie ARPAV (da metà anni '80 per la zona montana). Infine, per le cumulate su 48 ore il massimo registrato ad Alpago si colloca al secondo posto assoluto, dopo l'alluvione del novembre 1966, con 554 mm, mentre i valori registrati a Seren del Grappa e Cansiglio Tramedere, poco più alti di 500 mm, hanno superato quelli della tempesta Vaia (490-500 mm circa). Le ingenti e persistenti precipitazioni hanno portato ad un innalzamento dei livelli idrometrici, con superamento del massimo storico per il fiume Meschio (bacino del Livenza, al confine tra Veneto e Friuli Venezia Giulia). I venti sono stati da tesi a forti lungo la costa, anche molto forti sui rilievi prealpini orientali, con raffiche massime intorno ai 140-150 km/h sulle cime e a 80-100 km/h a fondovalle; in particolare, nel corso dell'evento la stazione di Monte Cesen (TV, 1552 m slm) ha registrato una raffica di 43 m/s (155 km/h).

Anche in Trentino le precipitazioni in questi giorni sono state ingenti, risultando in varie località superiori a 200 mm con un massimo presso la stazione di Val Noana (1030 m slm), pari a 554.2 mm. Nelle località più in quota, la precipitazione è caduta sotto forma nevosa e l'accumulo totale misurato nei tre giorni dal 4 al 6 dicembre ha superato ovunque di gran lunga il valore medio relativo all'intero mese di dicembre, risultando confrontabile con quello di un'intera stagione invernale; in particolare, le località sopra i 1600-2000 m, che hanno ricevuto la totalità delle precipitazioni sotto forma nevosa, hanno rilevato accumuli anche superiori a 2 metri di neve fresca. A conferma della eccezionalità dell'evento il fatto che in molte stazioni tra cui Trento Laste (312 m slm), Lavarone (1155 m slm), Malè (720 m slm), Cavalese (958 m slm), Tione (533 m slm) e Predazzo (1000 m slm), nel corso di questi giorni è stata registrata la precipitazione cumulata giornaliera più alta di tutta la serie storica relativa al mese di dicembre. L'evento in generale è stato, in provincia di Trento, uno dei più intensi in assoluto in molte località, secondo solo alla tempesta Vaia.

Anche in Emilia-Romagna sono state registrate precipitazioni intense e persistenti a carattere temporalesco, in più impulsi successivi, piuttosto inconsueti sotto il profilo climatico per il periodo invernale. Le abbondanti precipitazioni, associate ad un rapido aumento delle temperature sul settore centro-occidentale, hanno causato il parziale scioglimento della neve caduta al suolo tra il primo e il 3 dicembre, che ha contribuito ulteriormente all'afflusso sui bacini appenninici, generando piene con più colmi ravvicinati su tutti i corsi d'acqua, significative sia per i livelli che per i volumi raggiunti su

Enza, Secchia, Panaro e Reno, che si sono prolungate nei tratti vallivi fino al 10 dicembre. In particolare, nel tratto vallivo del fiume Panaro la piena ha superato i massimi storici, provocando una rotta sull'argine destro la mattina del 6 dicembre, che ha causato l'allagamento di un'area di circa 15 km² da Castelfranco Emilia fino a Nonantola. Numerosi i fenomeni di dissesto idrogeologico sull'Appennino, che hanno interessato le infrastrutture viarie principali e secondarie. Infine, i fenomeni sono stati accompagnati da vento forte sul crinale, con raffiche fino a 41.2 m/s (148 km/h) registrate il 6 dicembre presso la stazione di Lago Scaffaiolo (MO, 1794 m slm).

Tra il 5 e il 6 dicembre le precipitazioni hanno colpito anche la Sicilia con valori cumulati in 48 ore che sono risultati superiori a 100 mm nelle aree nord-orientali dell'isola e hanno raggiunto la punta massima di 409.0 mm a Novara di Sicilia (ME, 750 m slm); le precipitazioni hanno causato frane, trasporto di detriti su strade e abitazioni, caduta di alberi e danni alle coperture di edifici.

Intorno al 29 dicembre in associazione con il transito di una saccatura atlantica, sono stati rilevati venti particolarmente intensi sul Tirreno che hanno causato violente mareggiate sulla costa campana, con danni particolarmente ingenti sul lungomare della città di Napoli. Le boe ondometriche di questa regione hanno rilevato elevati valori di altezza d'onda massima, con un picco di 10.05 m rilevato il 28 dicembre dalla boa Cilento.

Una mappa di sintesi degli eventi significativi del 2020 è disponibile sul sito www.scia.isprambiente.it



Figura 2.5: Nevicata del 6 marzo 2020 a Morgex, in Valle d'Aosta. Fonte: Centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

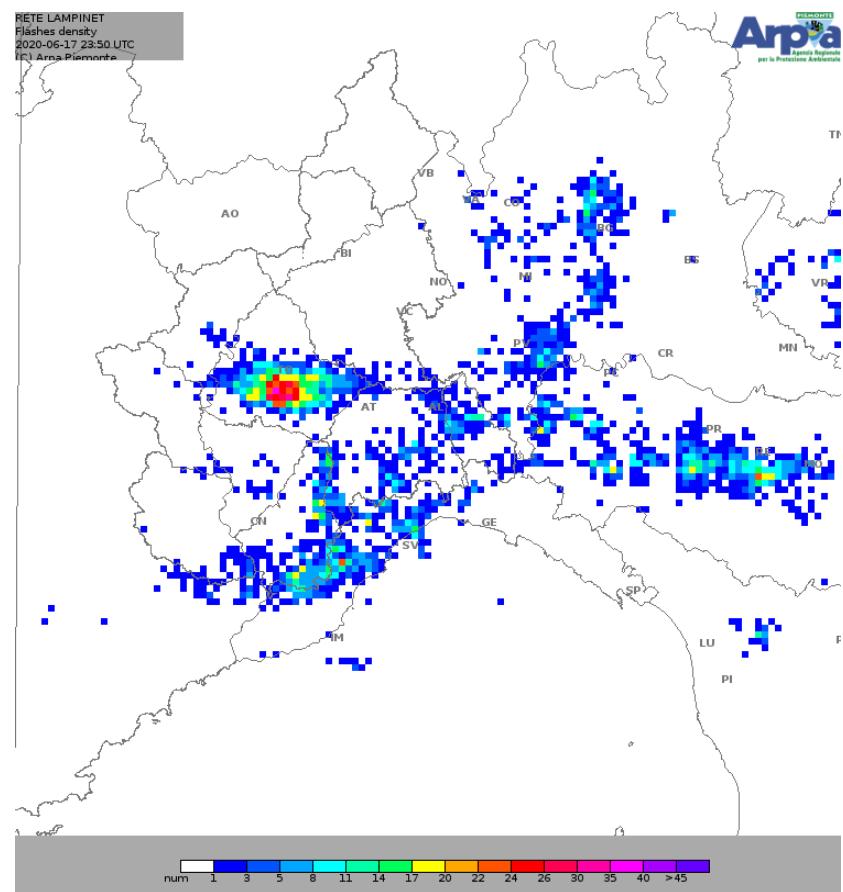


Figura 2.6: Mappa di densità delle fulminazioni (rete Lampinet, Aeronautica Militare) nella giornata del 17 giugno 2020. Fonte: ARPA Piemonte.

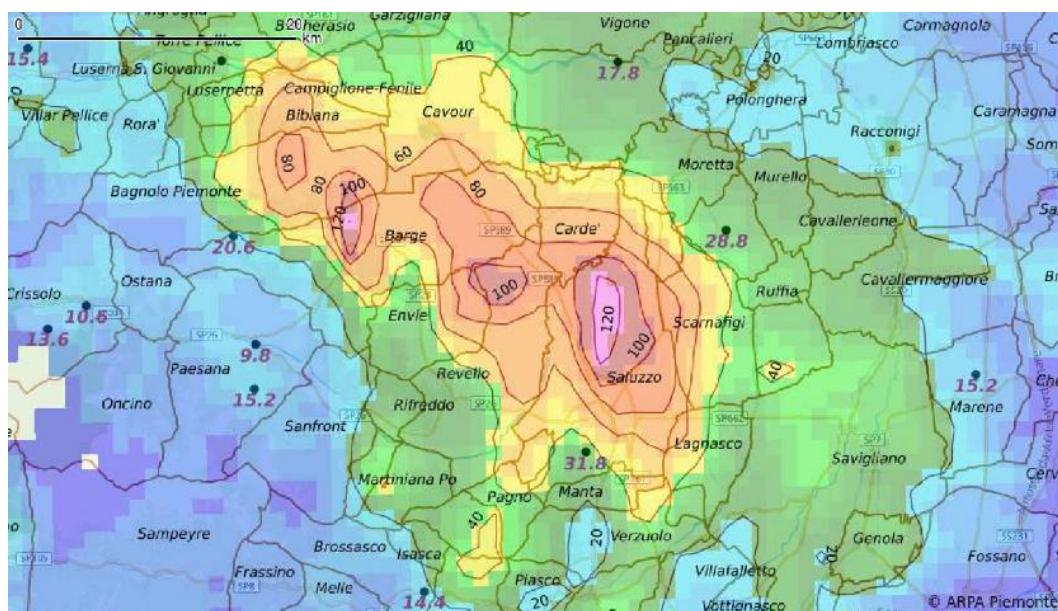


Figura 2.7: Mappa di precipitazione cumulata stimata da radar per la giornata del 22/09/2020. In sovrapposizione sono riportati i valori registrati dalla rete pluviometrica di ARPA Piemonte e le curve di livello con i valori di precipitazione stimati sulla base dei dati radar. Fonte: ARPA Piemonte.



Figura 2.8: Grandine a Gorizia il 25 settembre 2020. Fonte: Agostino Manzato, ARPA Friuli Venezia Giulia.



Figura 2.9: Accumuli di legname sulla darsena di Ogebbio sul Lago Maggiore il 4 ottobre 2020. Fonte: Andrea Corneo.



Figura 2.10: Mareggiata a Bonassola (SP) il mattino del 3 ottobre 2020. Fonte: Ezio Rebattini, ARPA Liguria.



Figura 2.11: Aerea del torrente Passirio a Merano il 3 ottobre 2020. Fonte: Provincia Autonoma di Bolzano.

3. TEMPERATURA

Anno 2020

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 2020 sono compresi tra i 1.6°C della stazione Careser Diga (TN, 2560 m slm) della Rete Provincia Autonoma di Trento e i 20.4°C della stazione di Lampedusa (AG, Rete Sinottica).

Le temperature minime più basse sono state registrate da stazioni in quota situate sull'arco alpino: tra di esse, il valore più basso pari a -21.0°C presso la stazione Diga di Gioveretto Osservatore (BZ, 1896 m slm, Rete idrografica).

Le temperature massime assolute più elevate sono state rilevate tra il 31 luglio ed il primo agosto, nelle stazioni di Riesi (CL, 315 m slm) e Grottole Castellana (MT, 119 m slm), entrambe con 42.7 °C; valori elevati di temperatura massima sono stati rilevati negli stessi giorni anche in buona parte della Sardegna centro-meridionale.

L'andamento della temperatura media in Italia nel corso del 2020 è illustrato dalle **figure 3.4 e 3.5**. I valori di anomalia rappresentano le differenze tra le temperature medie del 2020 e quelle normali riferite al periodo climatologico 1961-1990.

Ad eccezione di ottobre, che ha registrato un'anomalia negativa (-0.38°C), in tutti i mesi dell'anno la temperatura media in Italia è stata superiore alla norma, con un picco di anomalia positiva a febbraio (+2.88°C), seguito da agosto (+2.49°C), ed i restanti mesi con anomalie inferiori ai 2°C. L'anomalia della temperatura media (figura 3.5) è stata più elevata al Nord (+1.78°C) e al Centro (+1.61°C) e meno elevata al Sud e Isole (+1.24°C).

L'andamento nel corso dei mesi è stato analogo nelle tre macroaree geografiche. L'anomalia è stata negativa ovunque solo ad ottobre, con valori compresi tra -0.59°C e -0.18°C; il mese più caldo è stato febbraio al Nord (+3.35°C) ed al Centro (+3.24°C), ed agosto al Sud e Isole (+2.27°C).

Le anomalie spazializzate della temperatura media nel 2020 sono illustrate 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. Come accaduto spesso negli anni passati, gli scostamenti dalla norma 1961-1990 della temperatura massima sono stati, in media, superiori a quelli della temperatura minima.

Variazioni e tendenze

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**). Il 2020, con un'anomalia media di +1.54°C è stato il quinto anno più caldo dal 1961. A partire dal 1985 le anomalie sono state sempre positive, ad eccezione del 1991 e del 1996. Il 2020 è stato il ventiquattresimo anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma; il decennio 2011-2020 è stato il più caldo dal 1961.

L'anomalia della temperatura massima è stata più elevata di quella della temperatura minima come accaduto negli ultimi anni. Un elemento rilevante è stata la marcata anomalia di temperatura massima (+1.82°C), che colloca il 2020, insieme al 2015, al primo posto della serie storica, mentre l'anomalia di temperatura minima è risultata al sesto posto della serie.

Nella **figura 3.10** sono illustrate le serie di anomalia della temperatura su base stagionale. Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene calcolata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente. La stagione relativamente più calda è stata l'inverno, che con un'anomalia media di +2.36°C si colloca al secondo posto della serie storica. La primavera (+1.54°C) e l'estate (+1.56°C) sono state rispettivamente l'ottava e la decima più calde delle serie; l'autunno si colloca all'undicesimo posto, con un'anomalia più contenuta (+1.04°C).

Nella **tavola 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 – 2020. Le stime dei trend sono confermate anche dall'applicazione di un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall, [15]). Il rateo di variazione della temperatura massima ($+0.42 \pm 0.06$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni è maggiore di quello della temperatura minima ($+0.35 \pm 0.04$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni, confermando le stime dello scorso anno. Su base stagionale i trend di aumento della temperatura più forti si registrano in estate ($+0.50 \pm 0.08$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni e primavera ($+0.44 \pm 0.10$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni. Il trend relativo all'estate risulta leggermente inferiore a quello stimato nel 2019 ($+0.52 \pm 0.10$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni, il trend relativo all'inverno ($+0.35 \pm 0.12$) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni è invece superiore a quello stimato nel 2019 (0.29 ± 0.12) $^{\circ}\text{C}$ / 10 anni, ma comunque all'interno di una deviazione standard. Tutti i trend sono statisticamente significativi.

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 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 delle **figure 3.11-3.18**, che riportano le anomalie degli indici, non è rappresentato dai singoli valori numerici 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 si rimanda all'articolo [20].

Anche nel 2020 l'indice relativo al numero di giorni con gelo (numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C) è stato inferiore al valore normale 1961-1990 (figura 3.11), con un'anomalia di circa -15 giorni e si colloca al sesto posto fra i più bassi della serie dal 1961. Sia per il numero medio di notti tropicali (con temperatura minima maggiore di 20°C , **figura 3.12**), che per il numero medio di giorni estivi (con temperatura massima superiore a 25°C , **figura 3.13**), il 2020 è stato il ventiquattresimo anno consecutivo con anomalie positive rispetto alla media climatologica. Con un'anomalia di circa +15 giorni rispetto al 1961-1990, per il numero medio di notti tropicali il 2020 si colloca al settimo posto fra i più alti della serie storica dal 1961, mentre con un'anomalia di circa +13 giorni estivi, il 2020 si colloca al diciottesimo posto fra i più alti della serie storica dal 1961.

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 stagione. Con un'anomalia di circa +17 giorni rispetto al valore 1961-1990, il 2020 si colloca al quattordicesimo posto tra gli anni con anomalie positiva più elevata, ed è stato il venticinquesimo anno consecutivo con WSDI superiore alla media climatologica (**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, percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della corrispondente distribuzione sul periodo climatologico), i giorni freddi (TX10p, percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile), le notti calde (TN90p, percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile) e i giorni caldi (TX90p, 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. Negli ultimi trentasei anni le notti e i giorni freddi sono stati quasi sempre inferiori alla media climatologica e le notti e i giorni caldi sono

stati quasi sempre superiori alla media climatologica. Il 2020 ha fatto registrare il nono valore più alto di notti calde (TN90p), il terzo valore più basso di notti fredde (TN10p), il settimo valore più alto di giorni caldi (TX90p) e il valore più basso di giorni freddi (TX10p). Negli ultimi sette anni sono stati registrati i sei valori più bassi di giorni freddi di tutta la serie. In sintesi, dall'analisi degli indici estremi non emergono valori di picco eccezionali, né periodi di caldo estremo. All'anomalia positiva del 2020 hanno contribuito tutte le stagioni, con temperature più alte della media; un contributo da segnalare è dovuto alla riduzione degli estremi “freddi”: giorni e notti fredde e giorni con gelo. In particolare, alla riduzione dei giorni con gelo hanno ampiamente contribuito le temperature di gennaio e febbraio, nettamente superiori alla media.

Tabella 1: Trend (e relativo errore standard) della temperatura in Italia dal 1981 al 2020, stimati con un modello di regressione lineare semplice. Tutti i trend sono statisticamente significativi al livello del 5%.

INDICATORE	TREND (°C/10 anni)
Temperatura media	+0.39 ± 0.05
Temperatura minima	+0.35 ± 0.04
Temperatura massima	+0.42 ± 0.06
Temperatura media inverno	+0.35 ± 0.10
Temperatura media primavera	+0.44 ± 0.10
Temperatura media estate	+0.50 ± 0.08
Temperatura media autunno	+0.29 ± 0.09

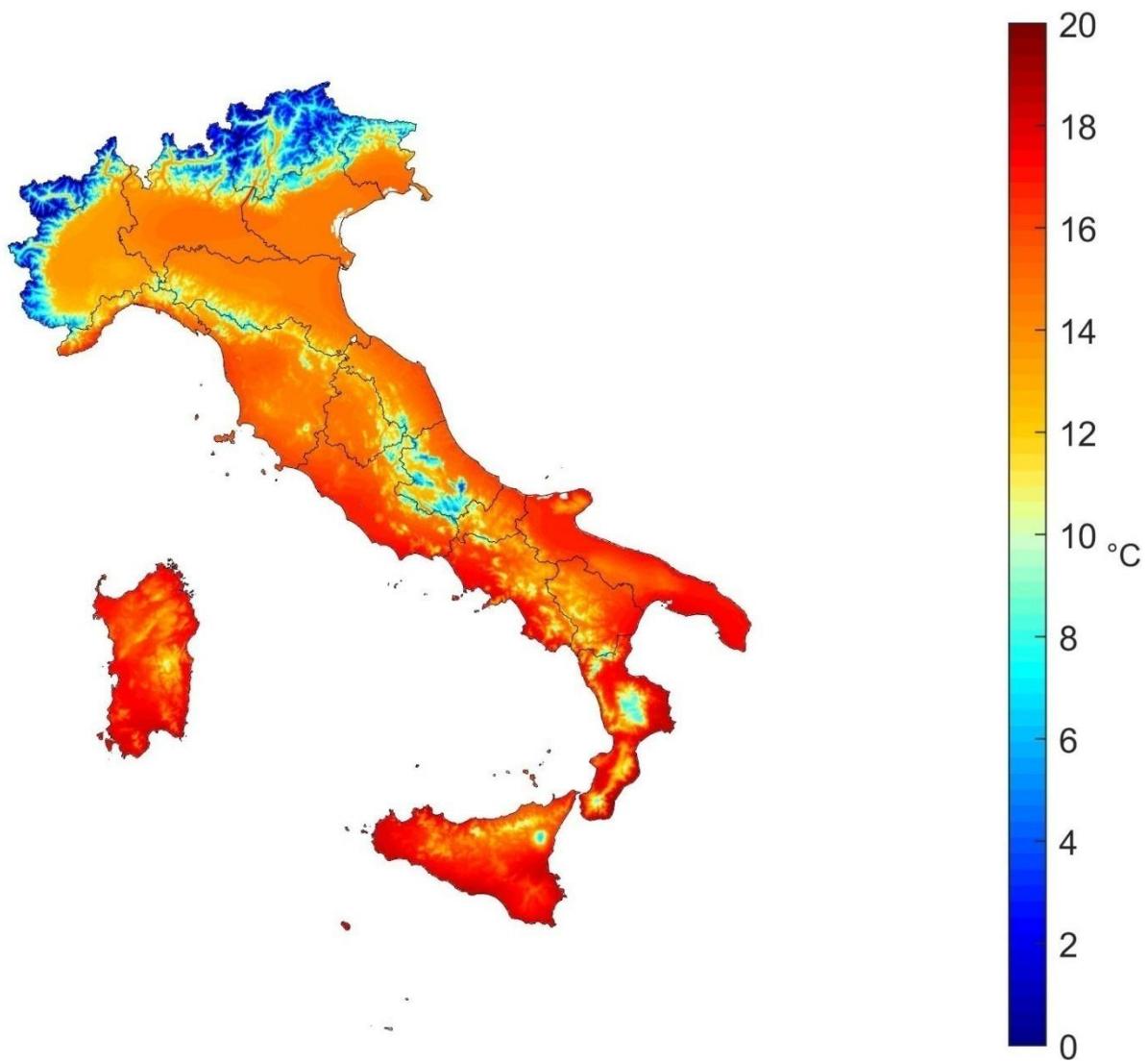


Figura 3.1: Temperatura media 2020.

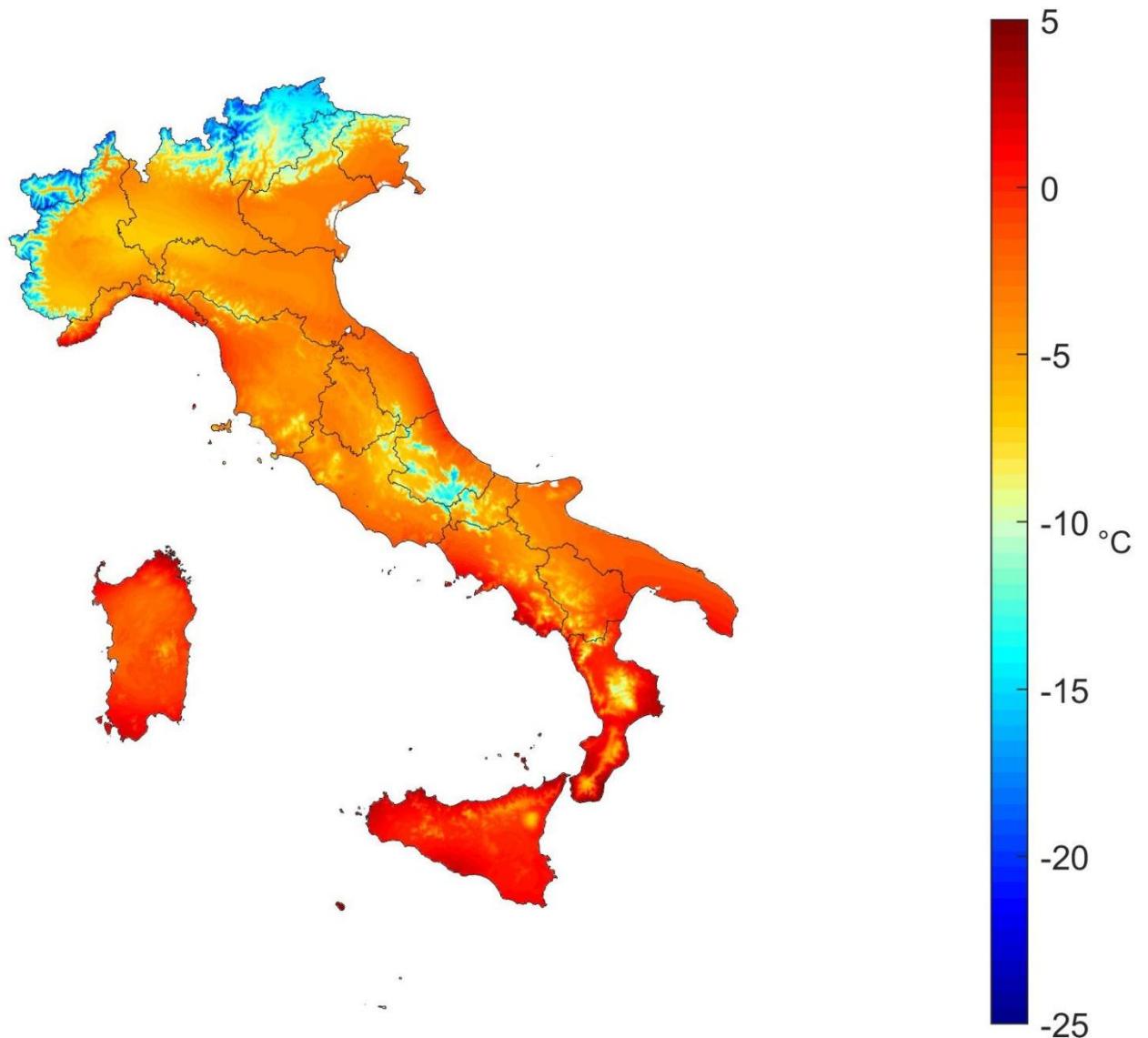


Figura 3.2: Temperatura minima assoluta 2020.

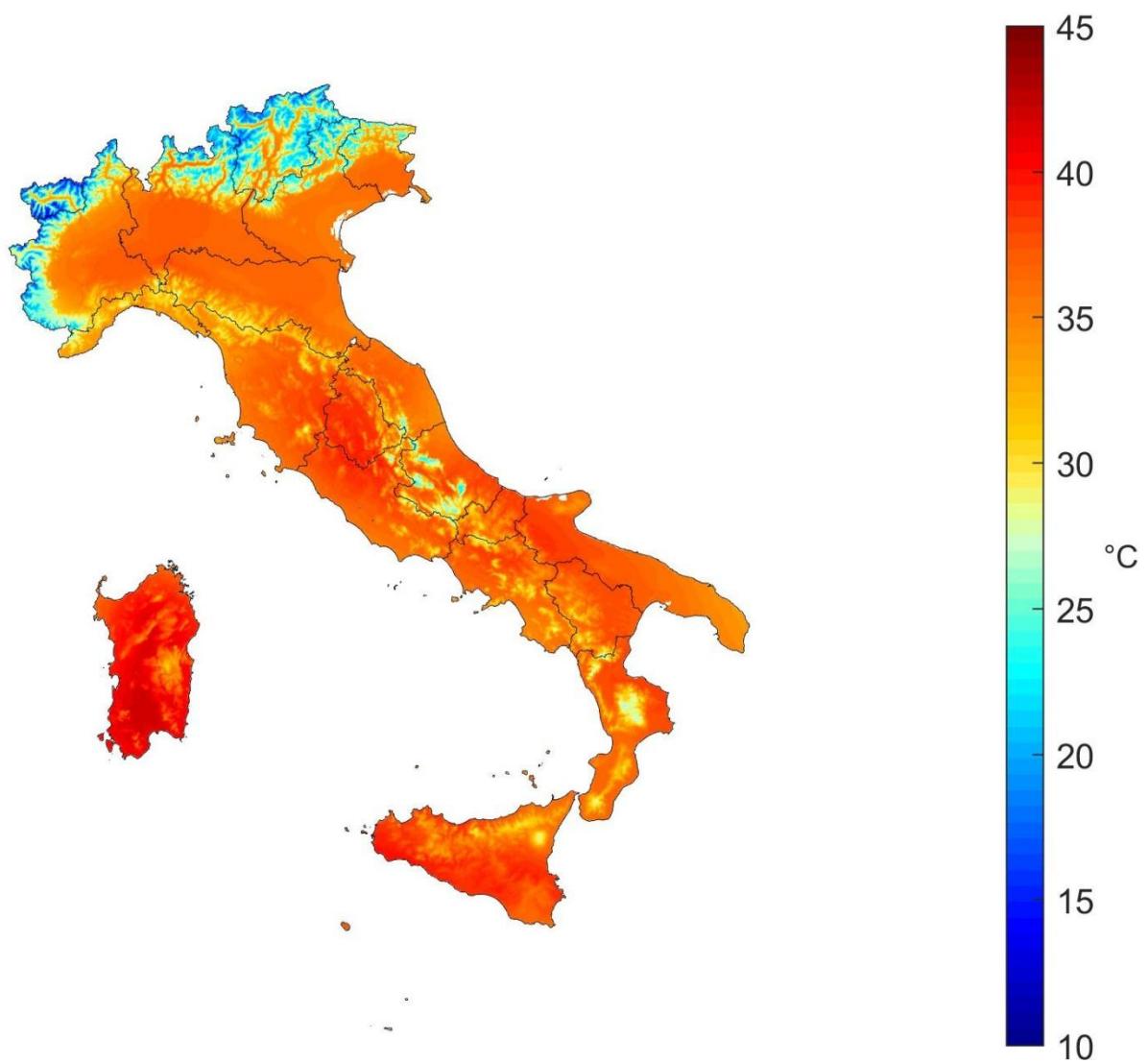


Figura 3.3: Temperatura massima assoluta 2020.

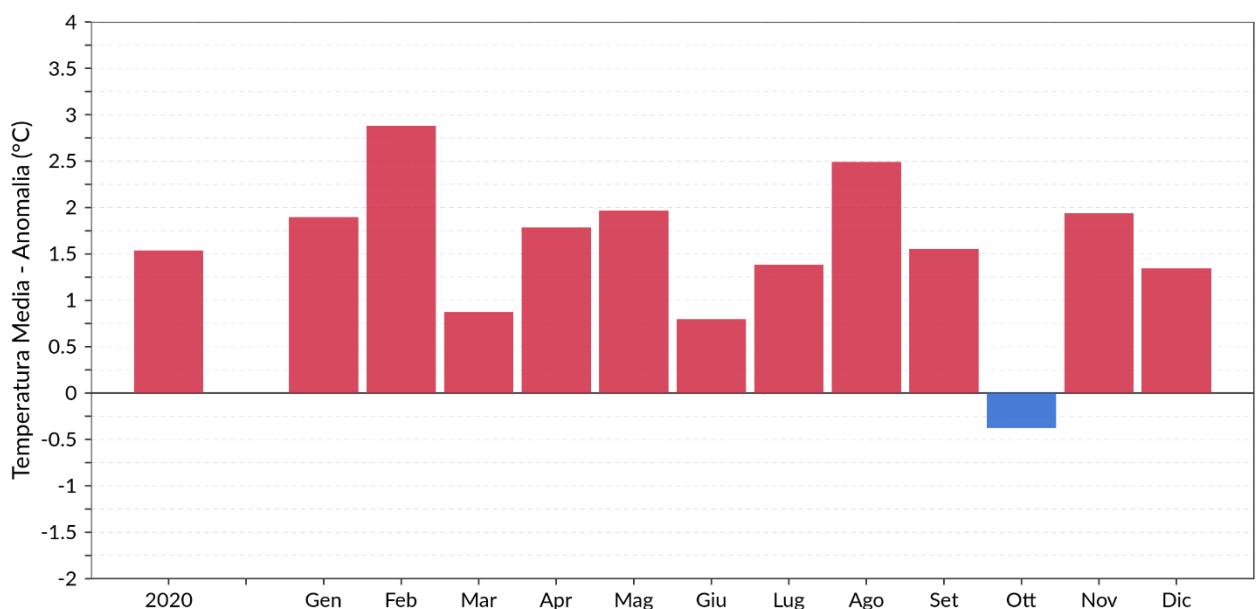


Figura 3.4: Anomalia media 2020 in Italia (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

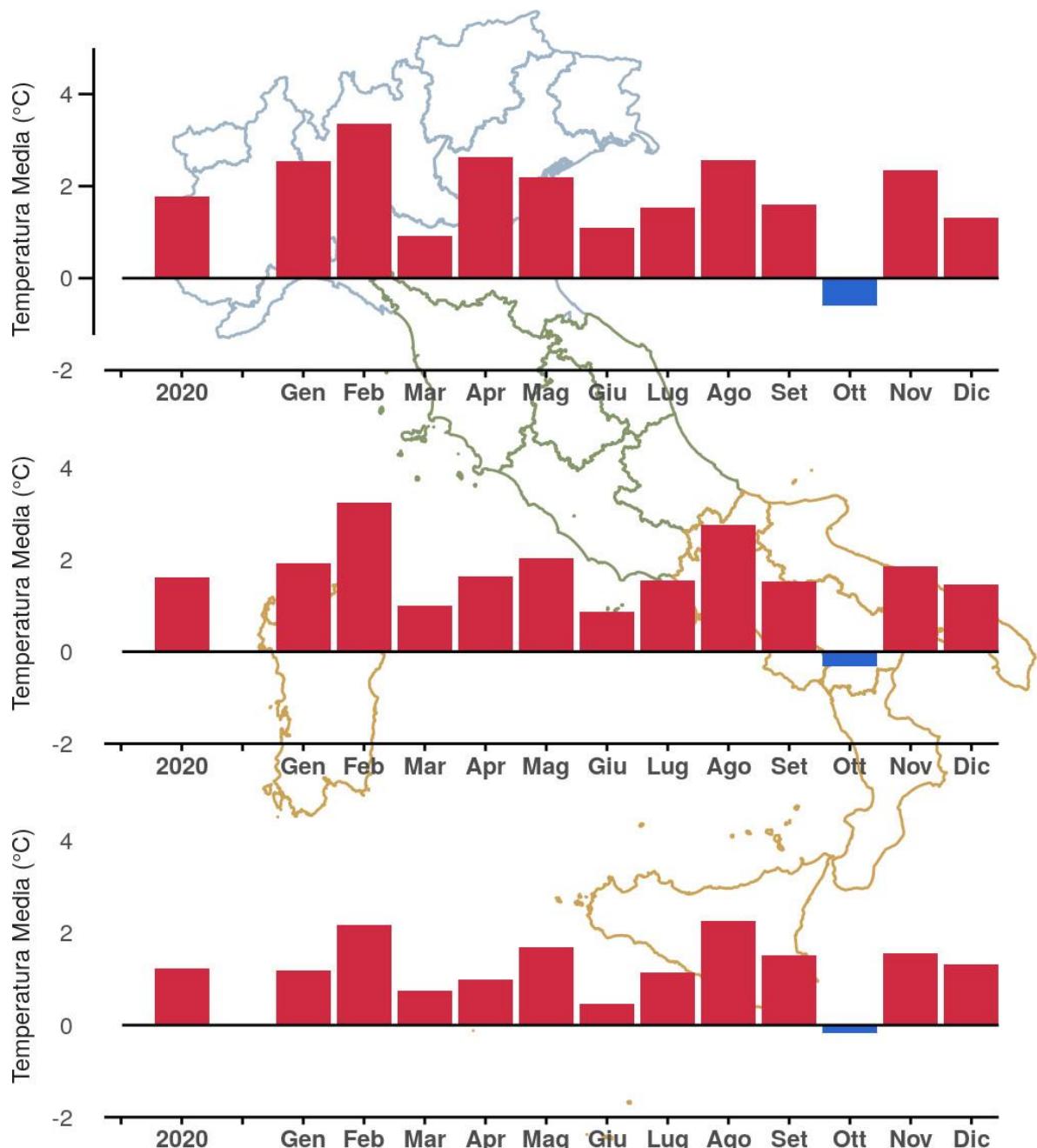


Figura 3.5: Anomalia media 2020 (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990 – Nord, Centro, Sud e Isole.

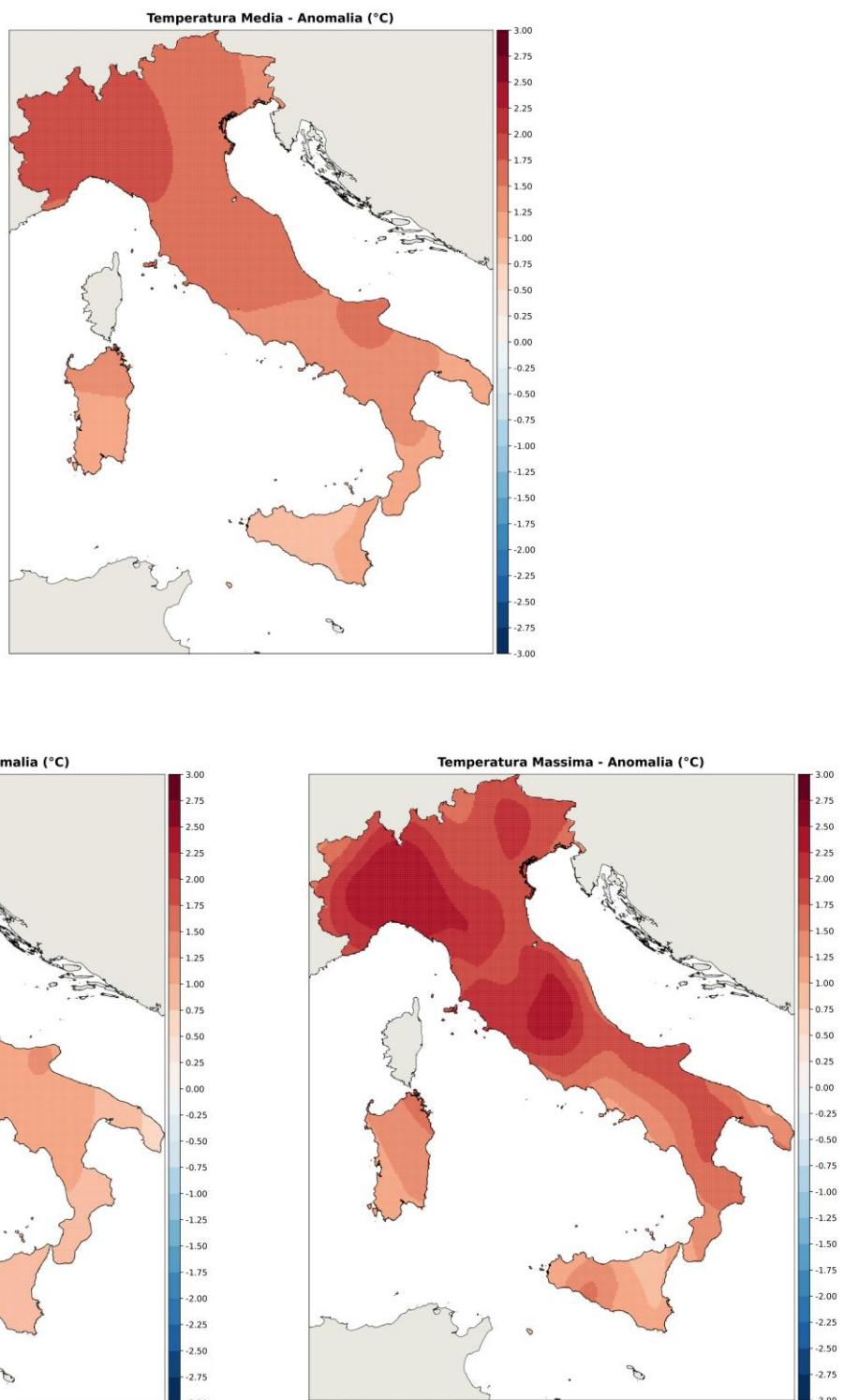


Figura 3.6: Anomalia della temperatura media, minima e massima annuale 2020 rispetto al valore normale 1961-1990.

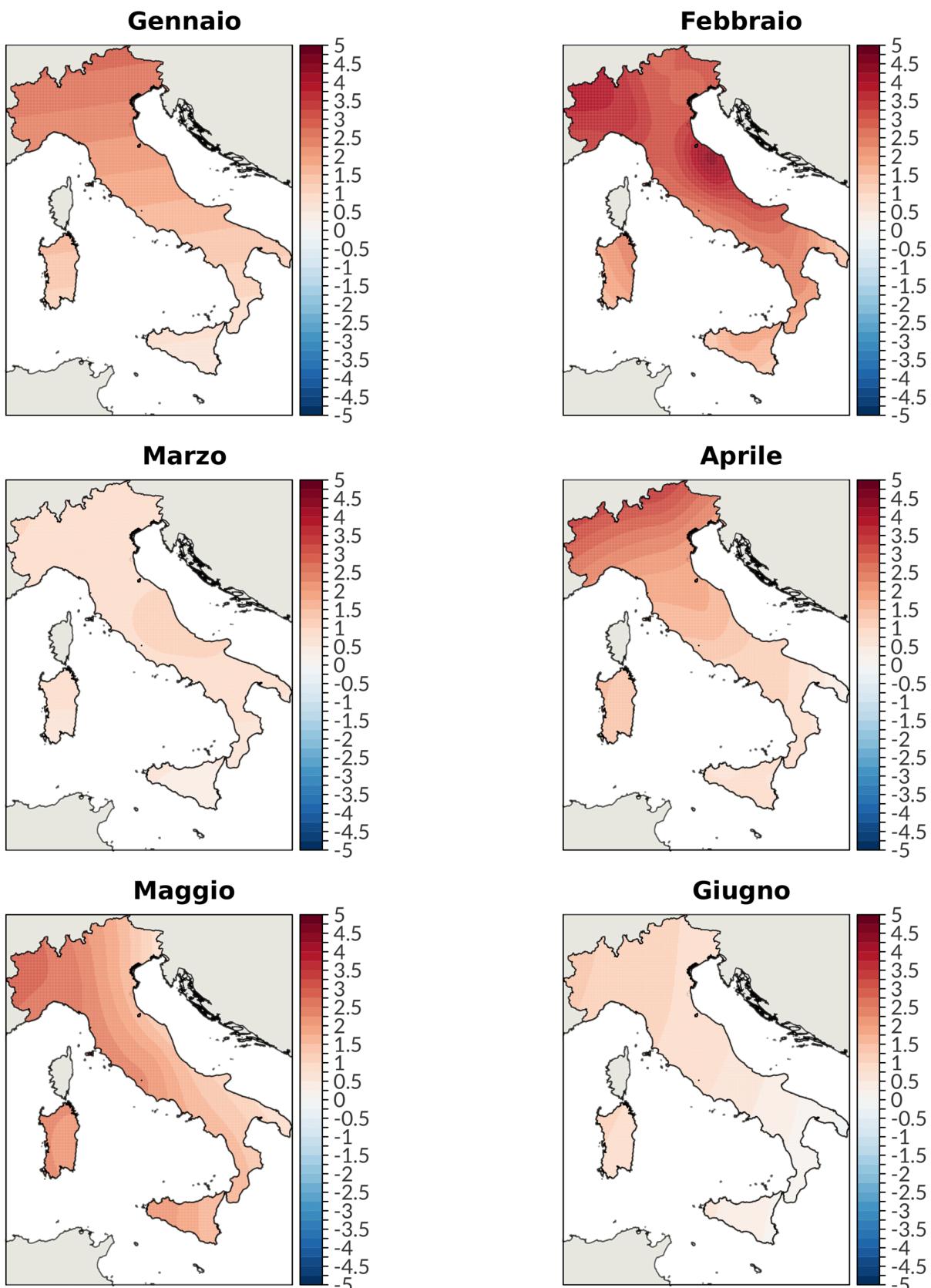


Figura 3.7a: Anomalie della temperatura media mensile 2020 rispetto ai valori normali 1961-1990 (gennaio-giugno). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

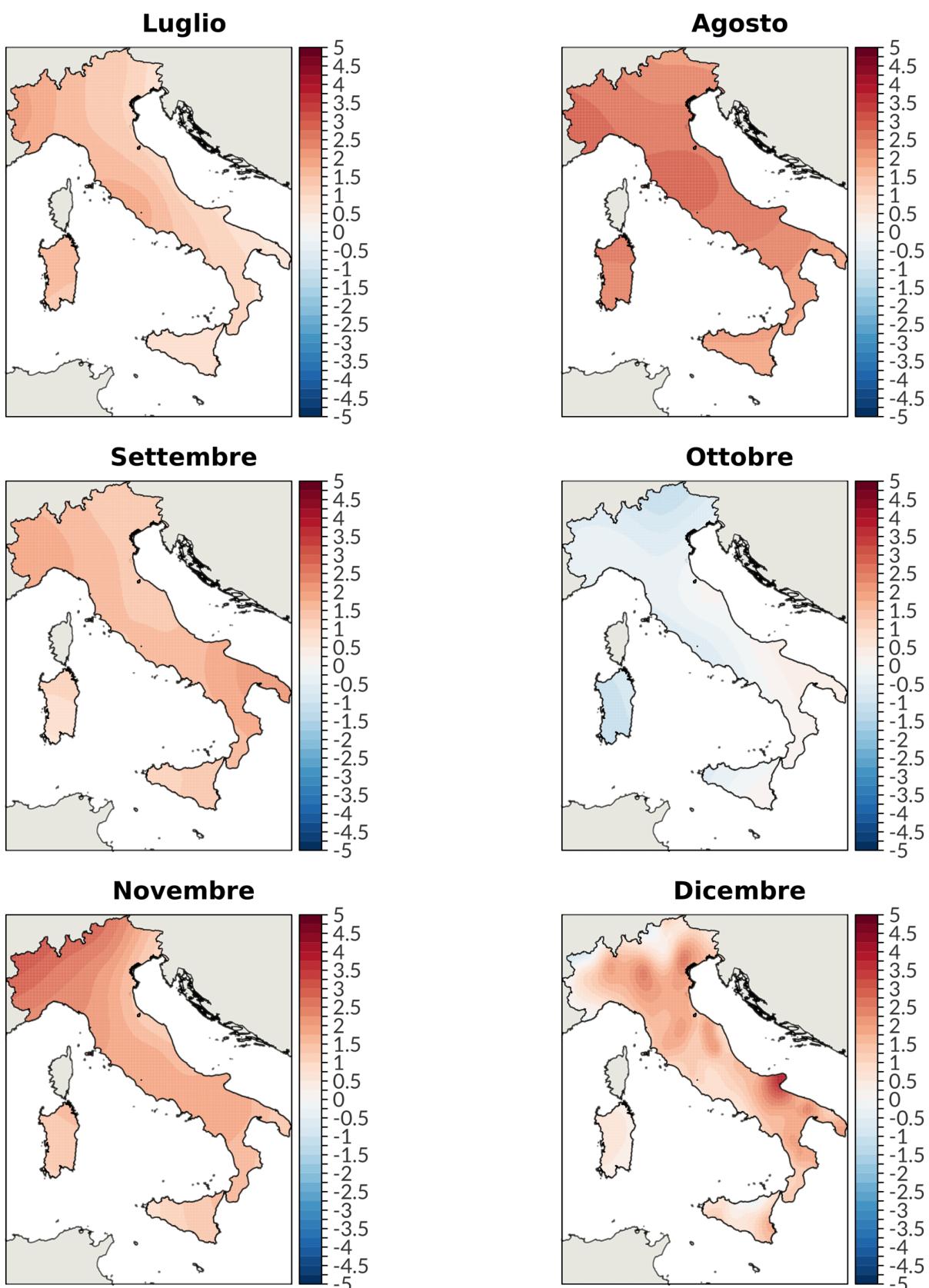


Figura 3.7b: Anomalie della temperatura media mensile 2020 rispetto ai valori normali 1961-1990 (luglio-dicembre). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

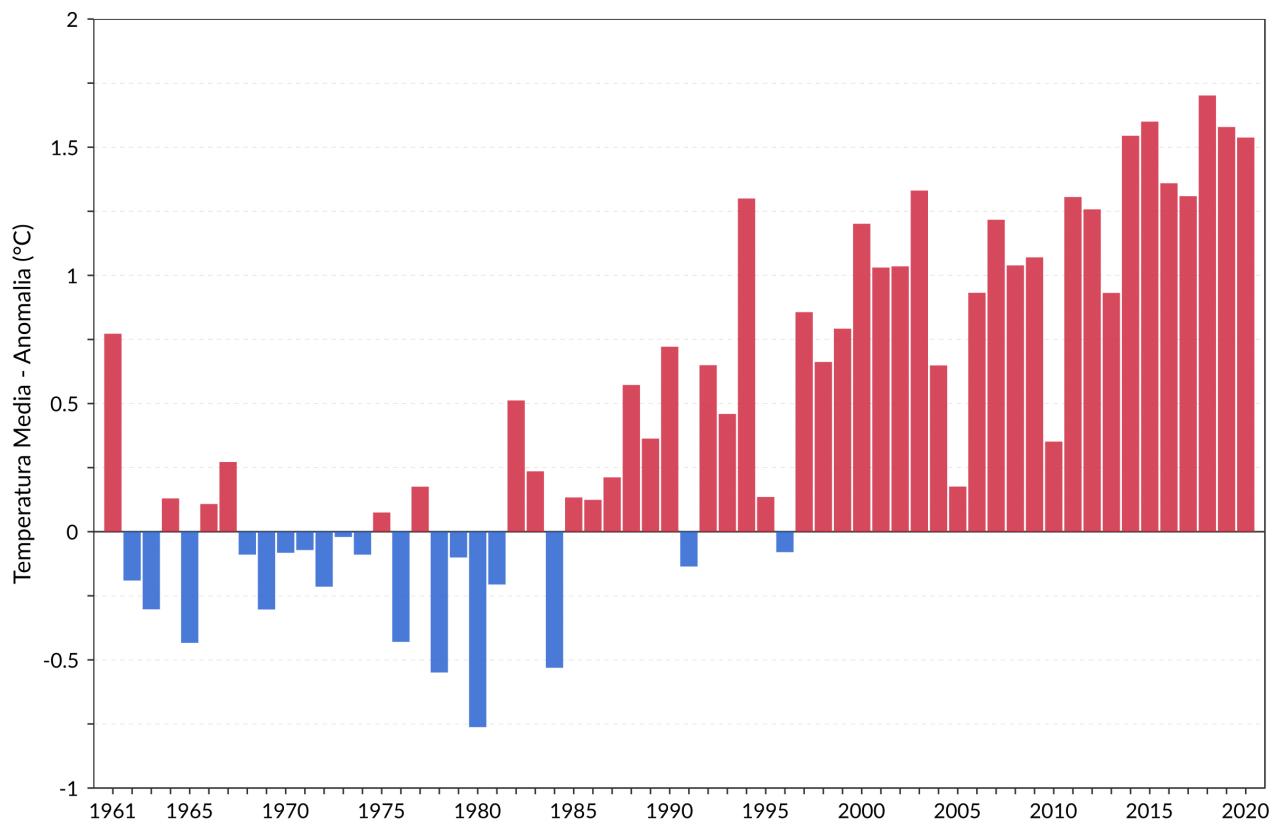


Figura 3.8: Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

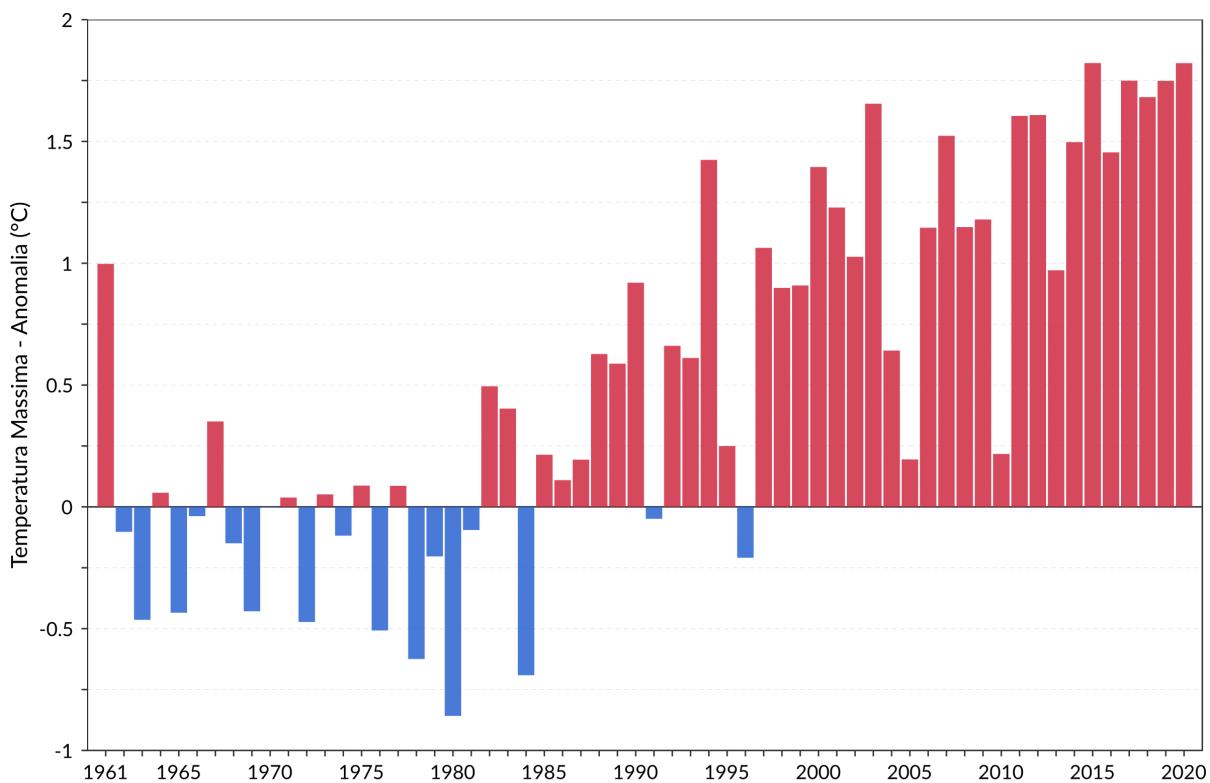
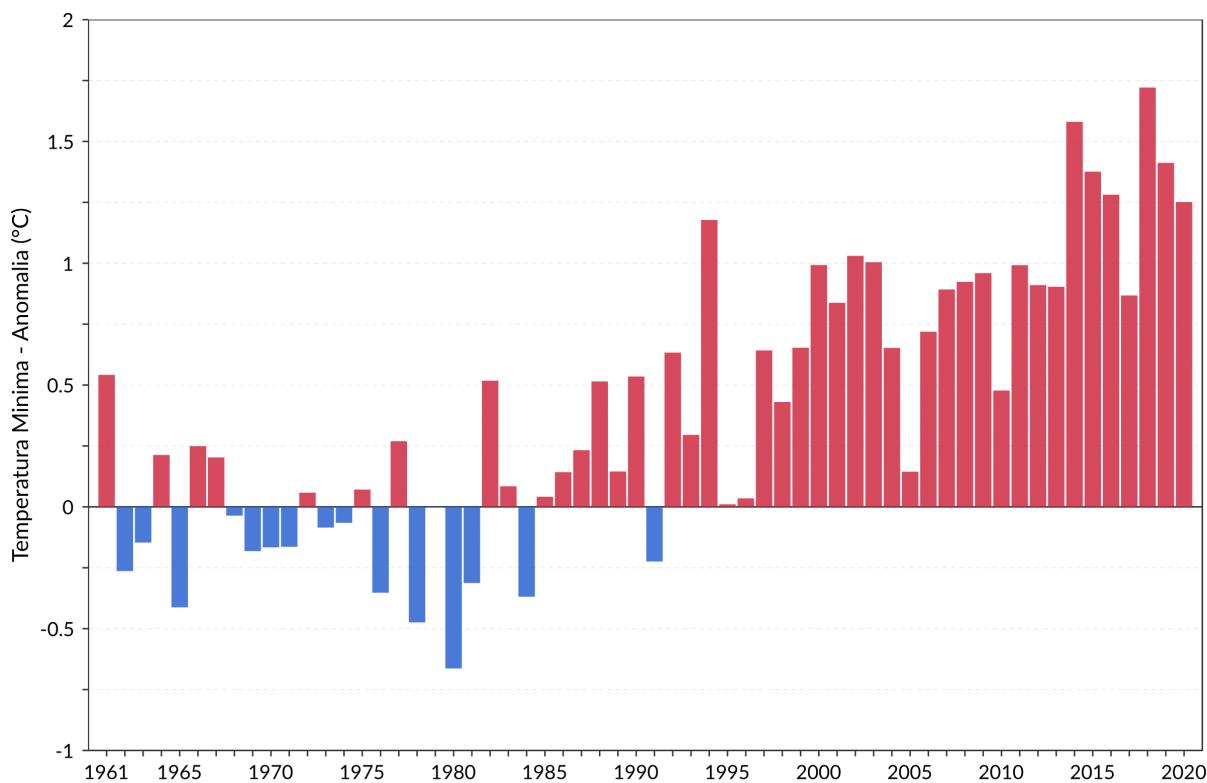


Figura 3.9: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima e massima in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

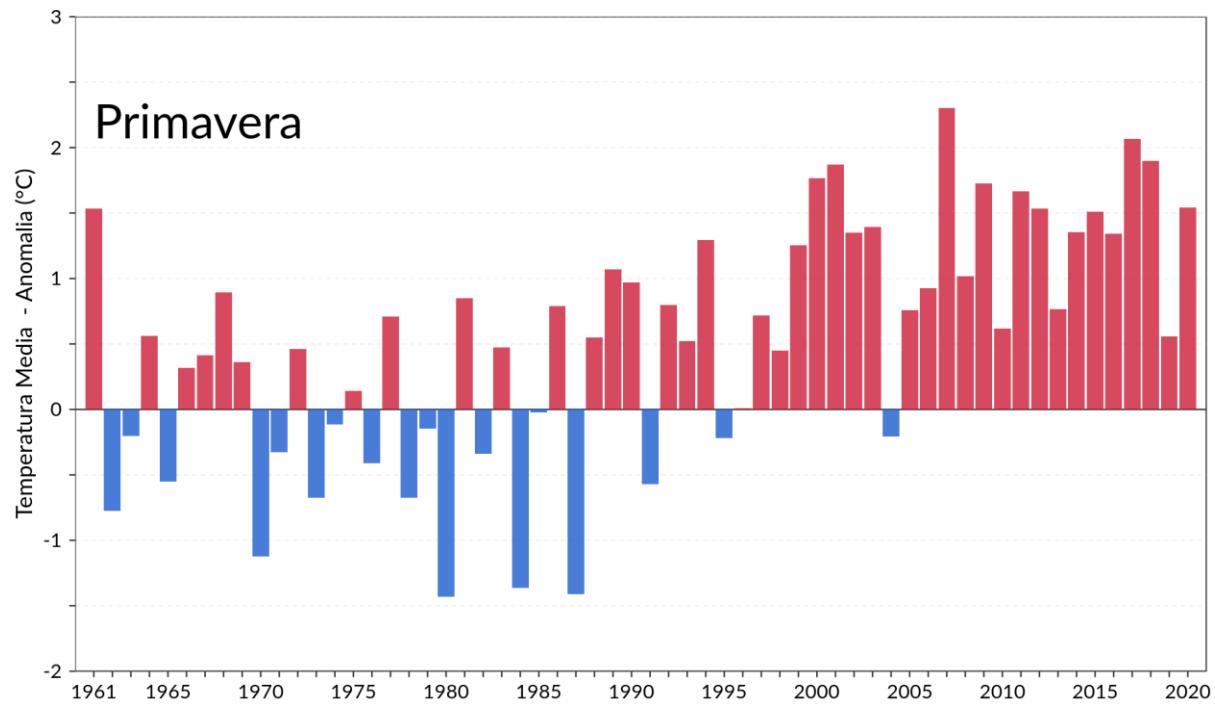
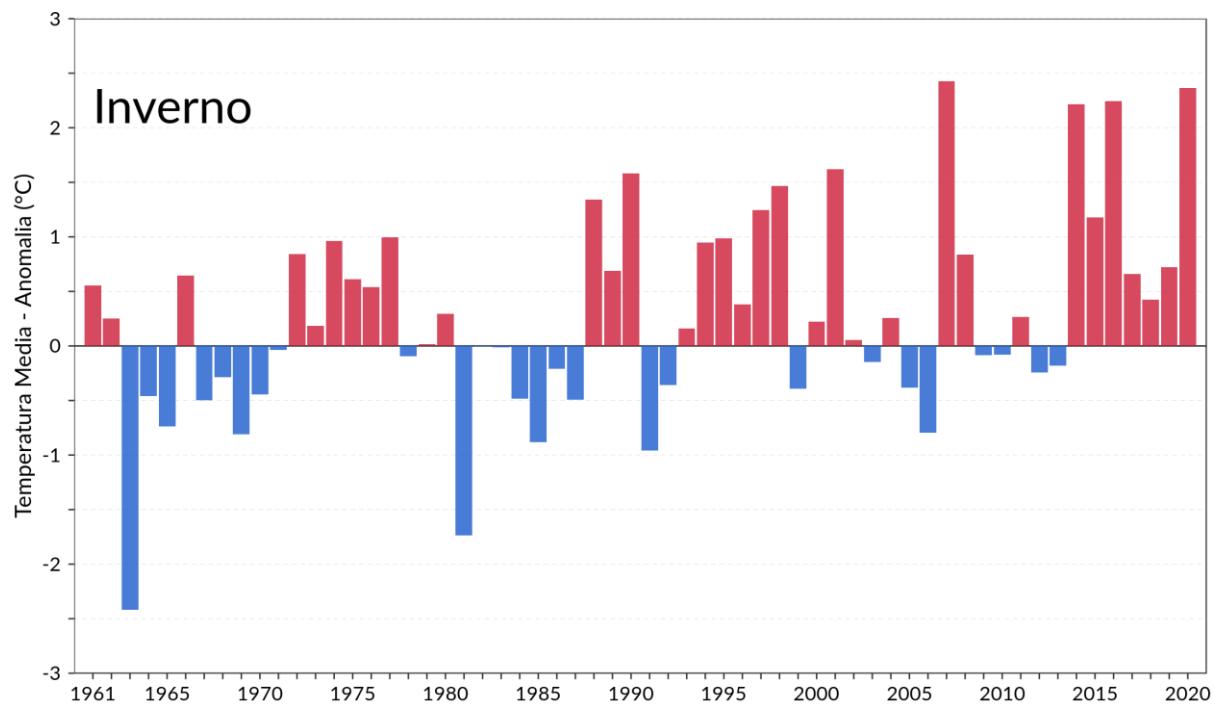


Figura 3.10a: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera). Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene calcolata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

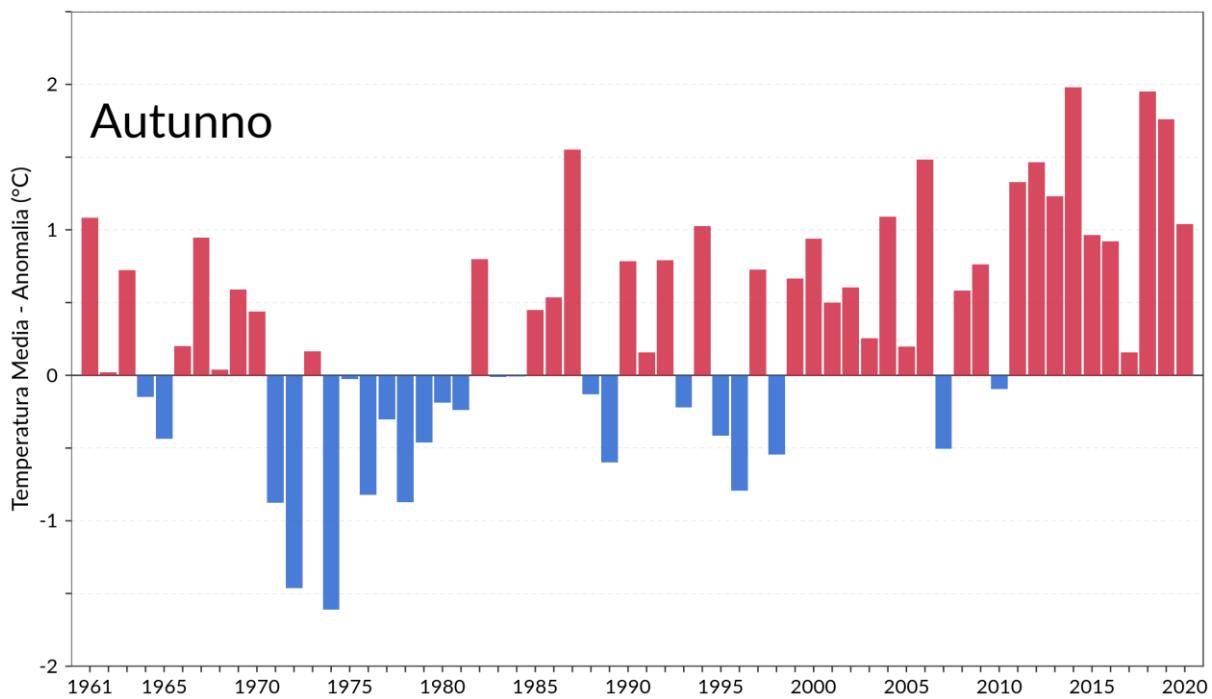
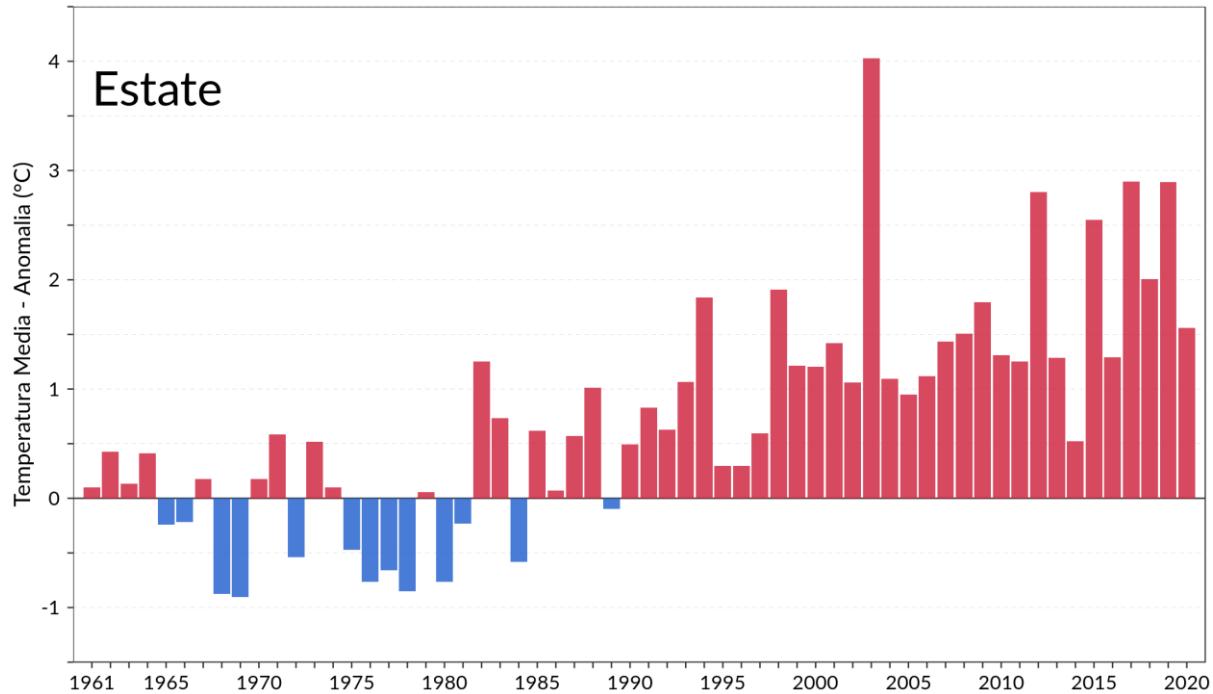


Figura 3.10b: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

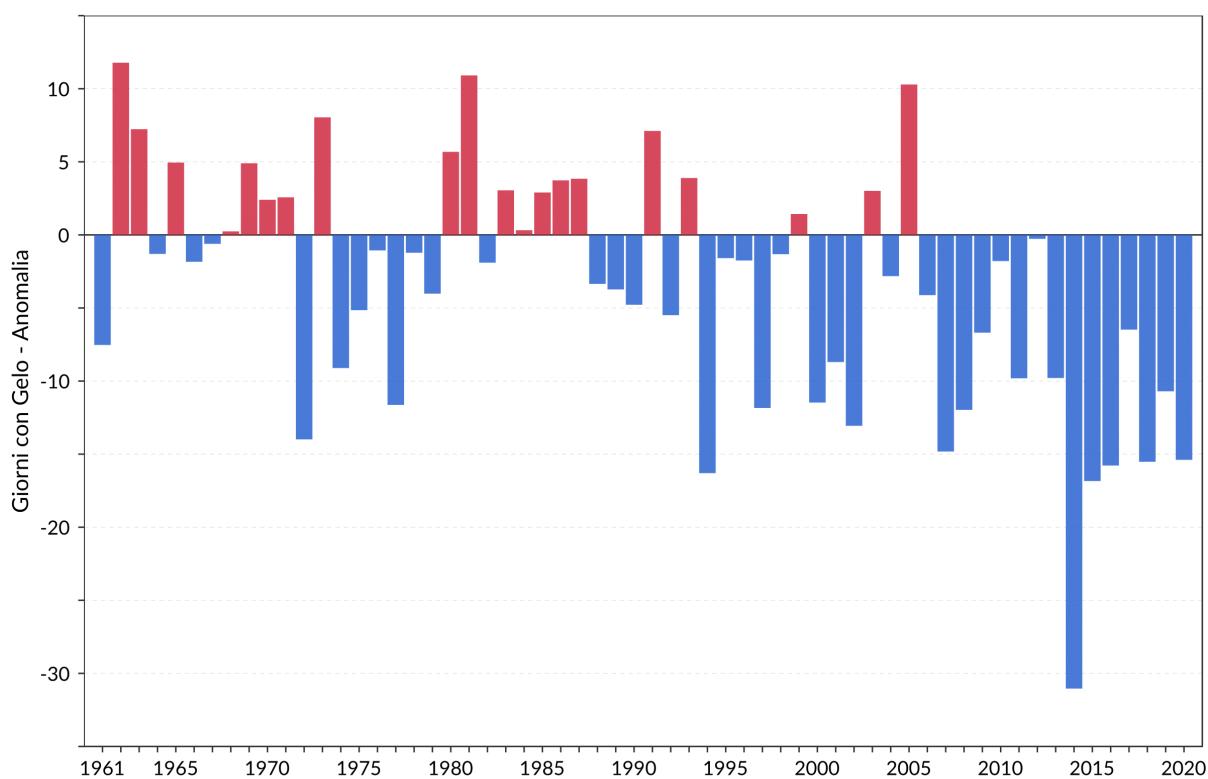


Figura 3.11: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

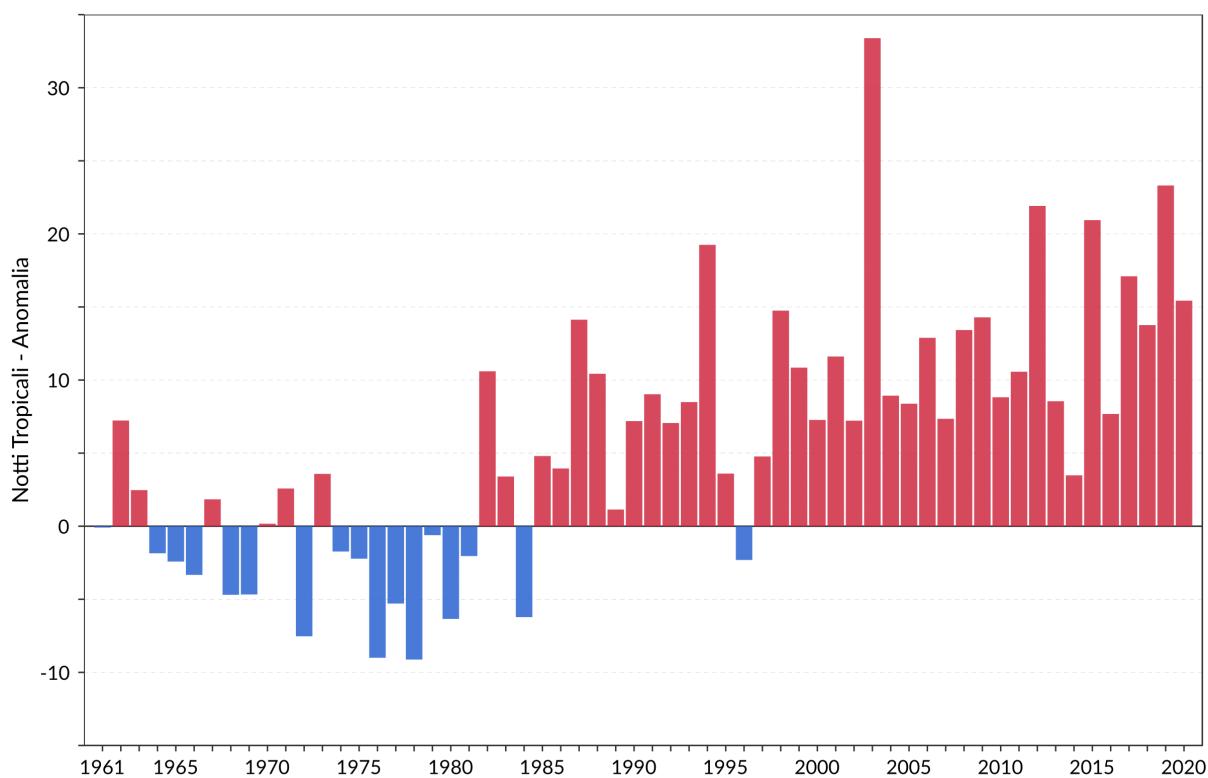


Figura 3.12: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

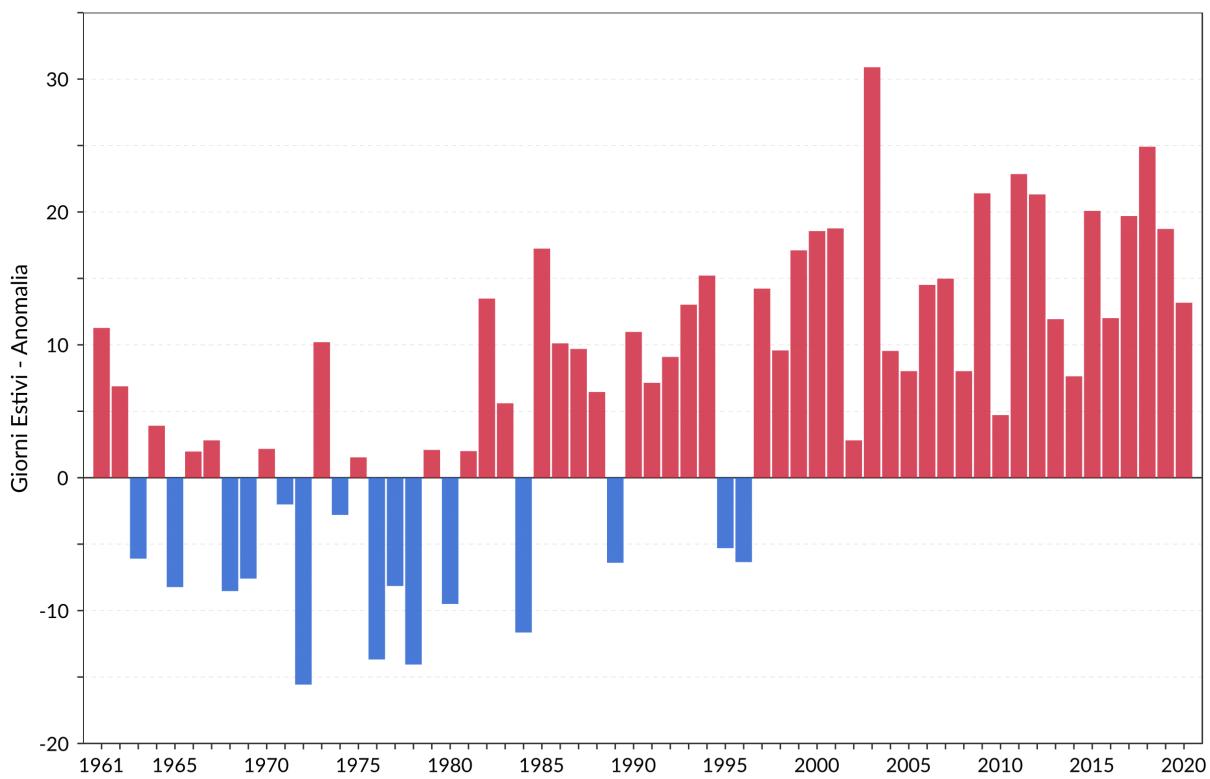


Figura 3.13: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

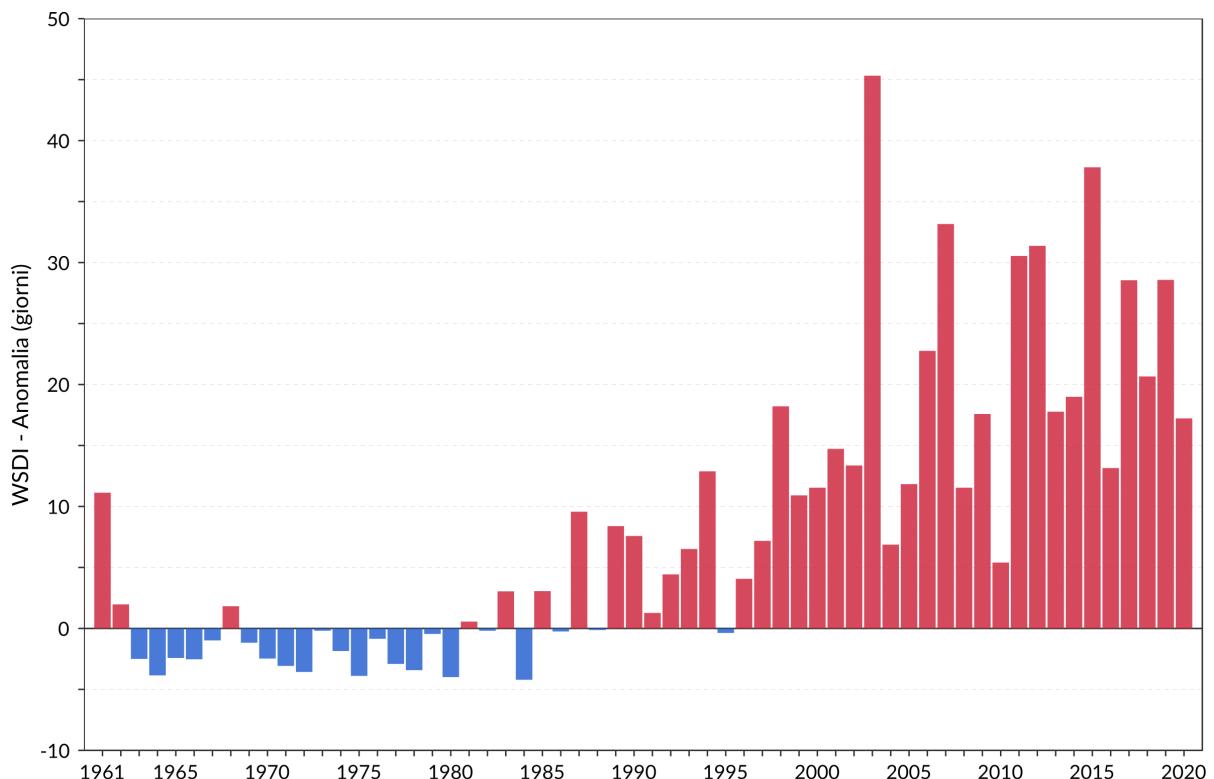


Figura 3.14: Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WSDI (Warm Spell Duration Index) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

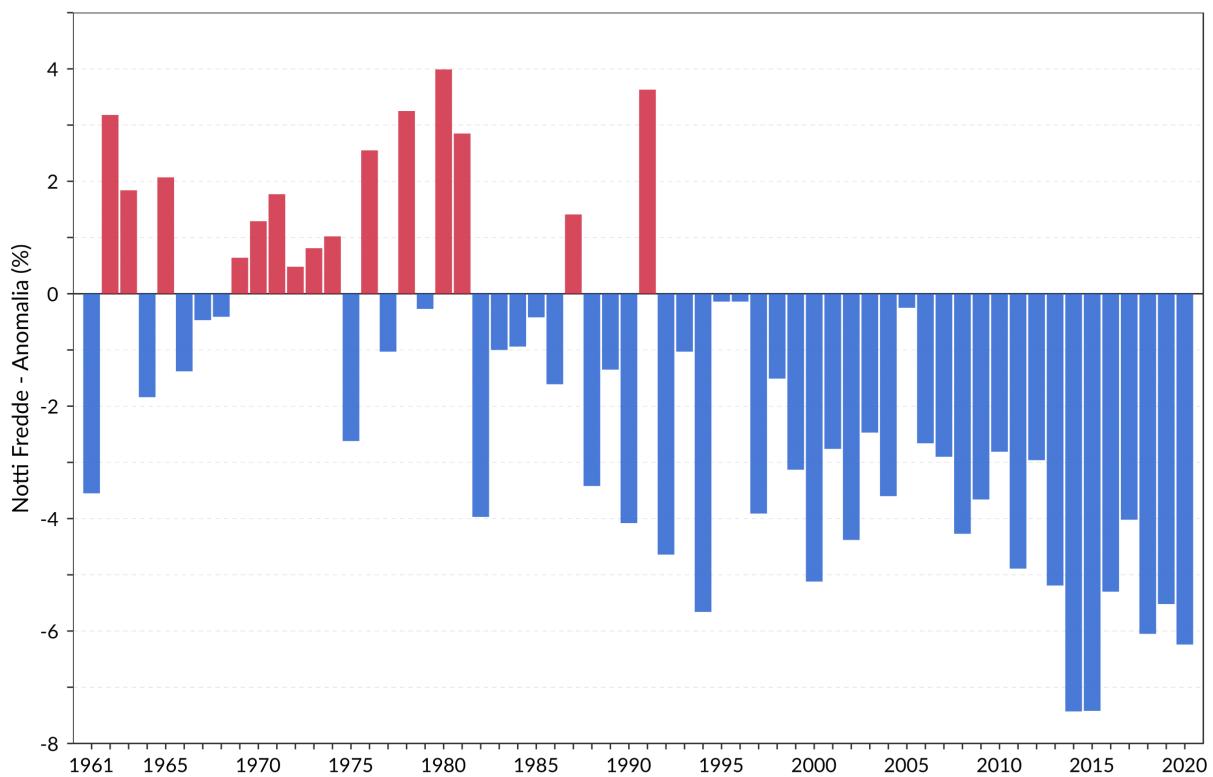


Figura 3.15: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti fredde in Italia (TN10p), espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

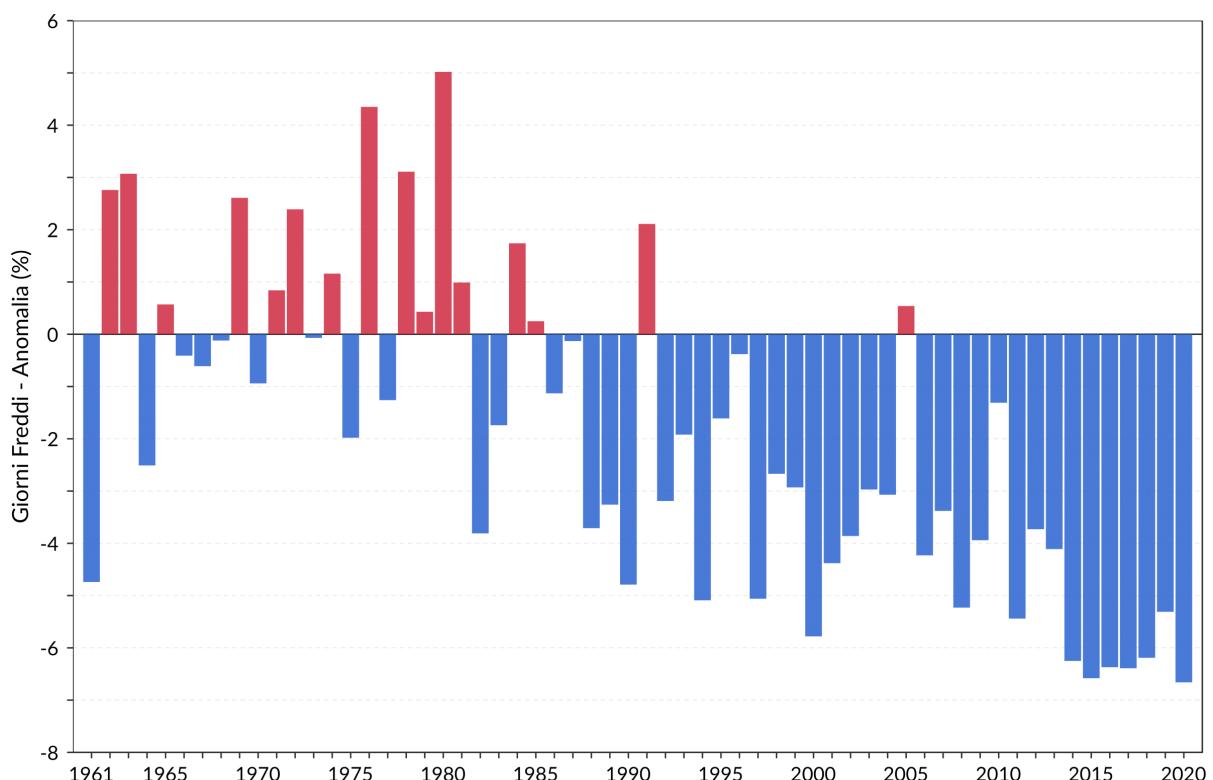


Figura 3.16: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni freddi in Italia (TX10p), espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

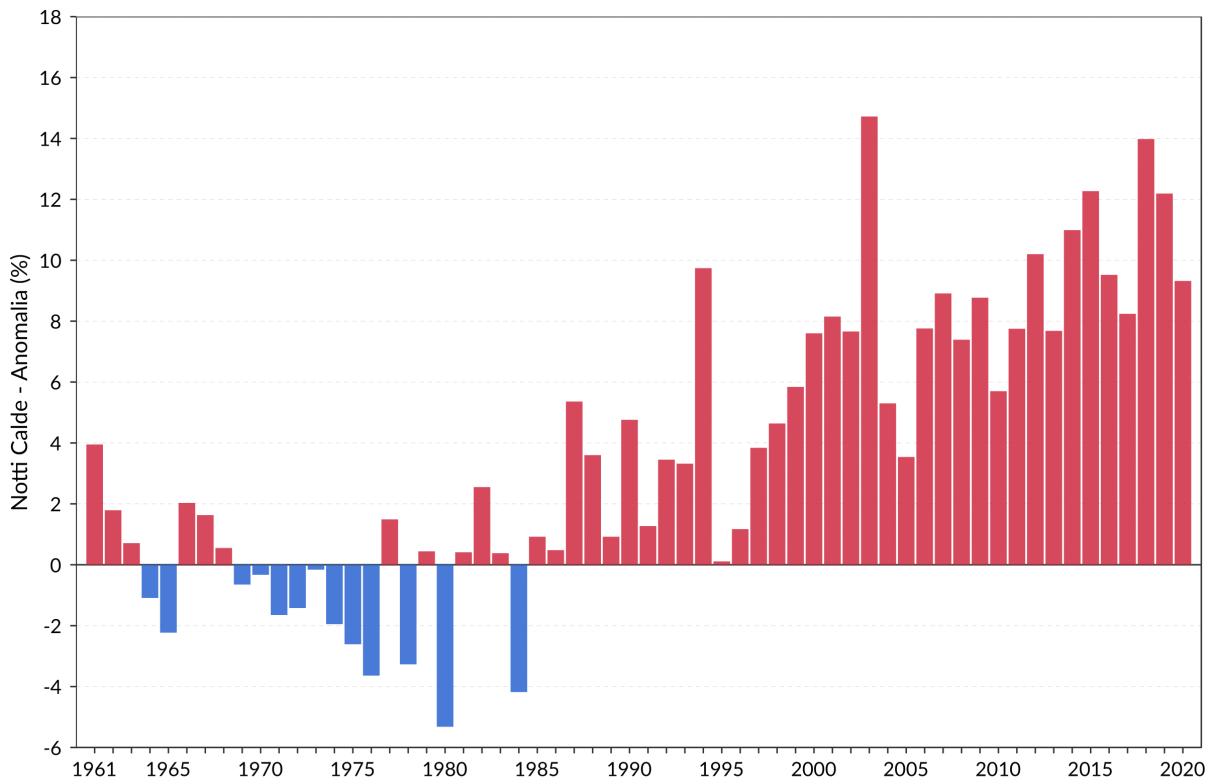


Figura 3.17: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti calde in Italia (TN90p), espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

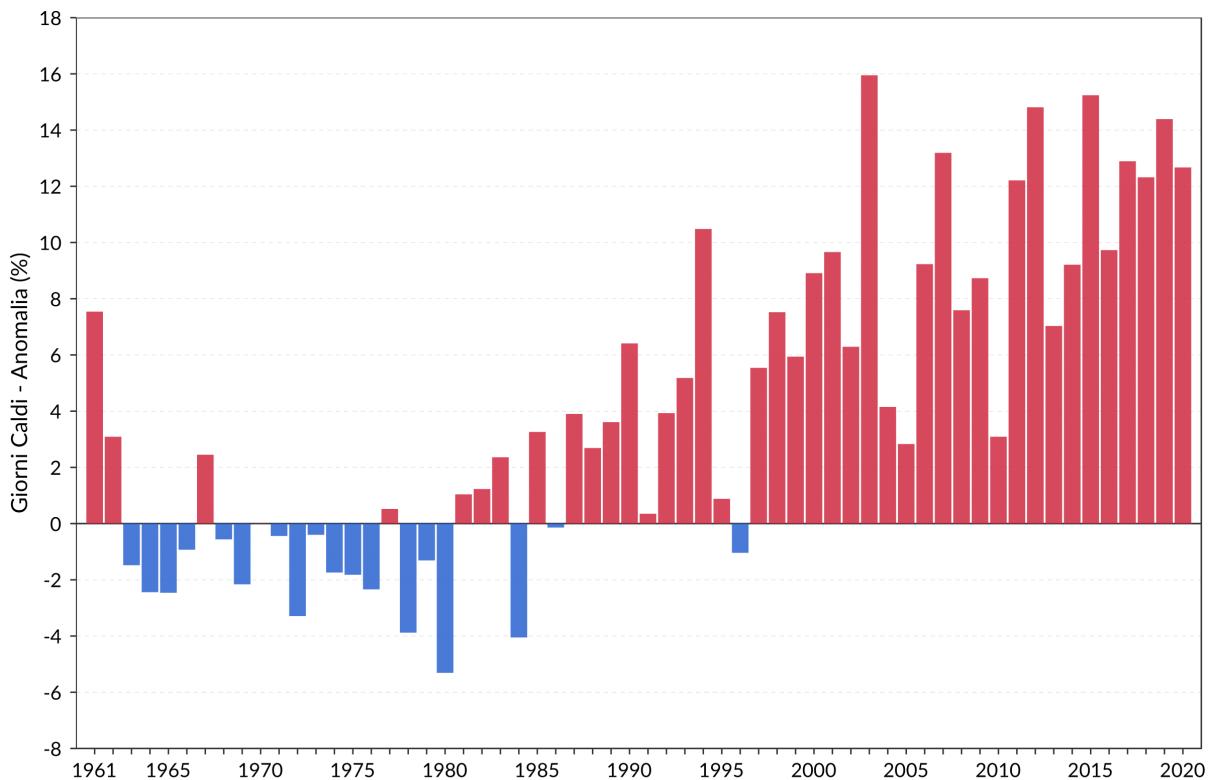


Figura 3.18: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni caldi in Italia (TX90p), espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE

Gli indicatori 2020 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**):

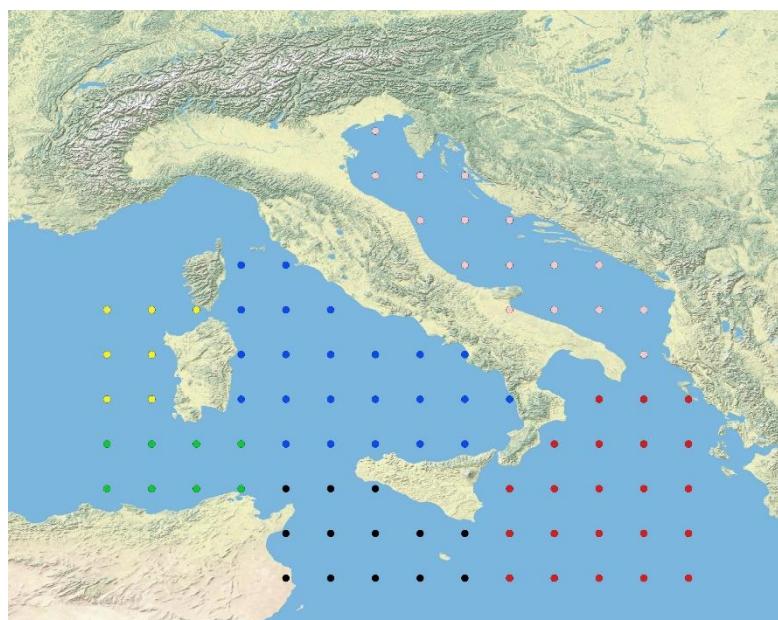


Figura 4.1: Punti di griglia selezionati per la temperatura media dei mari italiani. Blu: Tirreno; rosa: Adriatico; rosso: Ionio; nero: Canale di Sicilia; verde: Canale di Sardegna; giallo: Mare di Sardegna.

I valori medi annui della temperatura media superficiale dei mari italiani nel 2020, così ottenuti, sono compresi tra 18.5°C (Adriatico) e 20.4°C (Ionio e Canale di Sicilia) (**figura 4.2**).

I valori mensili più bassi si registrano nel mese di febbraio per i mari Adriatico, Mare di Sardegna e Canale di Sardegna, e nel mese di marzo per i restanti mari, ovvero Tirreno, Ionio e Canale di Sicilia; i valori mensili più alti si registrano nel mese di agosto per tutti i mari. Il valore minimo è stato registrato nel mare Adriatico (12.0°C), quello massimo nel Tirreno (28.0°C).

Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2020 (**figura 4.3**) è stata superiore alla media climatologica 1961-1990; le anomalie medie sono state positive in tutti i mesi e si sono intensificate nel corso dell'anno fino ad al mese di agosto. Gli scostamenti positivi dai valori normali sono stati massimi ad agosto ($+1.7^\circ\text{C}$) e a maggio ($+1.4^\circ\text{C}$), mentre lo scostamento minore si è verificato ad ottobre ($+0.3^\circ\text{C}$).

Esaminando la serie delle anomalie medie annuali rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, il 2020, con un'anomalia media di $+0.95^\circ\text{C}$, si colloca al quarto posto dell'intera serie (**figura 4.4**). Nove degli ultimi dieci anni hanno registrato le anomalie positive più elevate di tutta la serie. Negli ultimi ventidue anni l'anomalia media è stata sempre positiva.

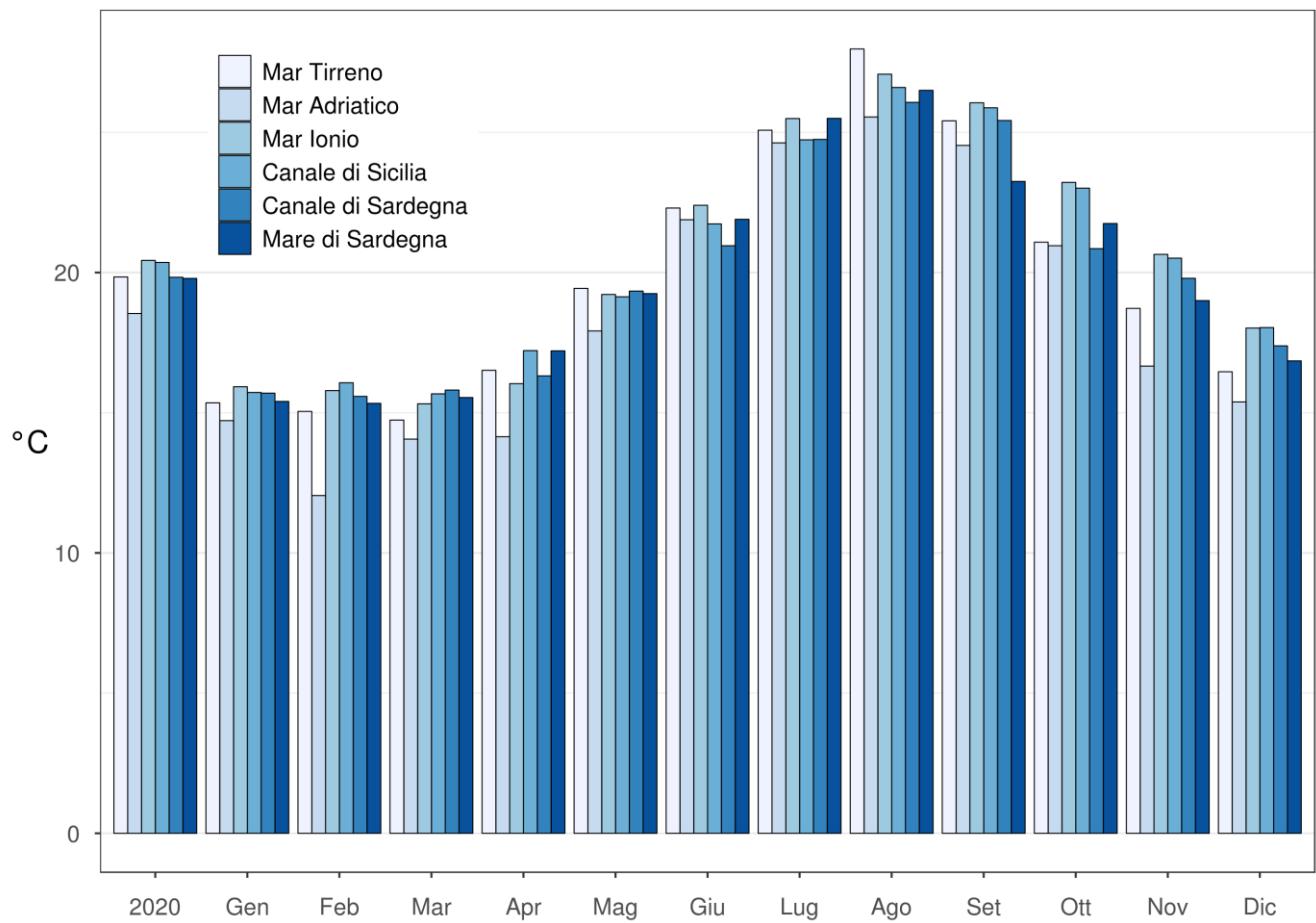


Figura 4.2: Temperatura media superficiale del mare nel 2020 in Italia (annuale e mensile). Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

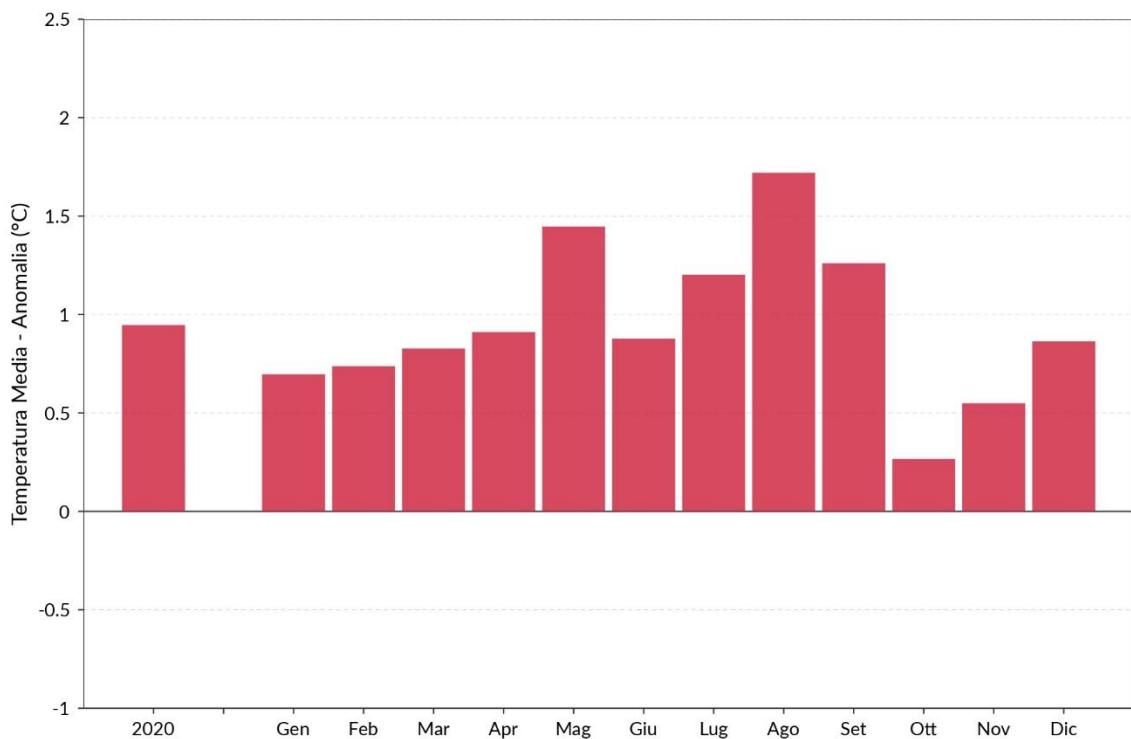


Figura 4.3: Anomalia media 2020 (annuale e mensile) della temperatura media superficiale dei mari italiani rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

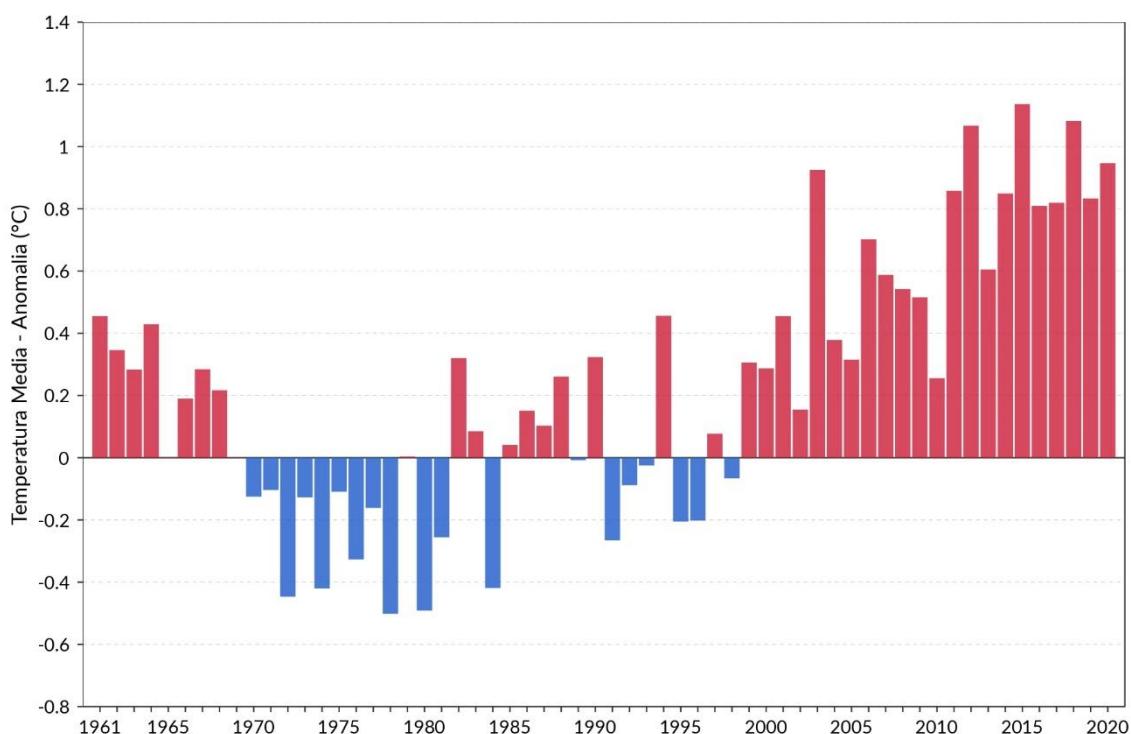


Figura 4.4: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

5. PRECIPITAZIONE

Anno 2020

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

I valori più elevati sono stati registrati sulle Alpi e Prealpi orientali, con 3147 mm a Musi (UD) e 3107 mm a Chievolis (PN); e fra le province di Genova e Parma (2961 mm nella stazione di Lagoballano, PR; 2926 mm a Cabanne, GE, e 2826 mm a Barbagelata, GE). I valori più bassi sono stati registrati su gran parte della Sicilia, e prevalentemente su ampie aree di Puglia, Emilia Romagna e Sardegna, dove si è registrato il valore più basso, pari a 169 mm presso Decimomannu (CA).

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 2020 sono state complessivamente inferiori alla media climatologica del 5% circa, con differenze tra le diverse aree del territorio italiano. Anomalie negative sono state registrate al Sud e Isole (-10%) e al Centro (-7%); al Nord la precipitazione cumulata annuale è stata prossima alla norma. Sull'intero territorio nazionale i mesi mediamente più secchi sono stati gennaio (-75%) e febbraio (-77%), seguiti da aprile e maggio, mentre dicembre è stato il mese mediamente più piovoso, con un'anomalia di +109%. Al Nord il mese più piovoso si conferma dicembre, con un picco di anomalia positiva di +182%, seguito da ottobre (+69%) e giugno (+50%); anche al Centro il mese più piovoso si conferma dicembre, con un picco di anomalia positiva di +92%, seguito da giugno (+45%); al Sud e Isole i mesi relativamente più piovosi sono stati settembre (+67%) e luglio (+58%). Novembre è stato il mese più secco al Nord (-85%), gennaio al Centro (-69%) e al Sud e Isole (-78%).

Le **figure 5.4 e 5.5** mostrano la distribuzione spaziale dell'anomalia di precipitazione cumulata annuale del 2020, espressa rispettivamente come differenza percentuale e come differenza in mm di precipitazione rispetto al valore climatologico 1961-1990 [23]. La precipitazione cumulata annuale è stata inferiore al valore normale su gran parte del territorio nazionale. Le anomalie negative di precipitazione sono state particolarmente elevate (fino a -80% circa) sull'estremo arco alpino occidentale, su Emilia Romagna, Lazio, Campania, Calabria e Sicilia. In alcune aree le precipitazioni sono state invece superiori alla norma; le anomalie positive più intense si sono avute sull'arco alpino centrale ed orientale (interessando parte della Lombardia, e soprattutto Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia), Liguria e primo tratto dell'Appennino tosco-emiliano.

Le mappe nelle **figure 5.6a e 5.6b** mostrano l'andamento delle precipitazioni sul territorio nazionale per ciascun mese. Vengono messe in rilievo le caratteristiche di notevole ed uniforme siccità nei mesi di gennaio e febbraio ed in maniera minore di aprile e maggio, e di novembre, mese in cui la siccità ha interessato in maniera più marcata il Nord ed il Centro, il versante tirrenico meridionale, e alcune aree del Sud e Isole; nonché di notevole e diffusa piovosità a dicembre, ad eccezione dell'estremo arco alpino occidentale e alcune aree di Sud e Isole, ed in misura inferiore nel mese di giugno.

Variazioni e tendenze

L'andamento delle precipitazioni in Italia negli ultimi decenni è illustrato dalle serie di anomalie di precipitazione cumulata annuale nel periodo 1961-2020, rispetto al valore climatologico 1961-1990 (**figure 5.7 e 5.8**).

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di -5% circa, il 2020 si colloca al ventitreesimo posto tra gli anni meno piovosi dell'intera serie dal 1961.

Dalle serie di anomalia della precipitazione cumulata stagionale (**figura 5.9**) si rileva che solo l'estate è stata una stagione più piovosa della norma, mentre le restanti stagioni sono state mediamente più secche. L'inverno è stata la stagione più secca (-40%), e si colloca al settimo posto tra le meno piovose; la primavera (-11%) e l'autunno (-7%) hanno fatto registrare anomalie negative più contenute. L'estate si colloca invece all'undicesimo posto tra le più piovose (+26%). 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 **tavola 2** vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata nel periodo 1961-2020, calcolati con un modello di regressione lineare semplice. Le stime sono confermate anche

dall'applicazione di 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'intero territorio nazionale. In tutti casi non risultano tendenze statisticamente significative.

Tabella 2: Trend (e relativo errore standard) delle precipitazioni cumulate dal 1961 al 2020, stimati con il modello di regressione lineare semplice. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi al livello del 5%.

PRECIPITAZIONE CUMULATA	TREND (%/10 anni)
ANNUALE	
Italia	(0.0 ± 0.1)
Nord	(+0.5 ± 1.1)
Centro	(-1.0 ± 1.1)
Sud e Isole	(+0.2 ± 1.2)
STAGIONALE (Italia)	
Inverno	(-2.2 ± 2.1)
Primavera	(+1.0 ± 1.4)
Estate	(-1.3 ± 2.2)
Autunno	(+2.0 ± 1.9)

Frequenza, intensità, estremi

Nella **figura 5.10** sono rappresentate le precipitazioni massime giornaliere registrate nel 2020. 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 di precipitazione sono stati registrati in occasione dell'evento di inizio ottobre. In un'ampia zona del Piemonte settentrionale, il 2 ottobre sono state registrate precipitazioni cumulate giornaliere comprese fra 400 e 500 mm, con il massimo di 511 mm a Sambughetto (VB); nella parte occidentale della Liguria e estremo confine meridionale del Piemonte si sono superati localmente i 350 mm di precipitazione. Altre aree che hanno registrato precipitazioni giornaliere intense sono la parte settentrionale del Veneto e buona parte del Friuli Venezia Giulia, dove il 5 dicembre sono stati superati localmente i 250 mm di precipitazione giornaliera, con punte oltre i 300 mm.

Nella **figura 5.11** sono rappresentati i valori del numero di giorni asciutti (con precipitazione inferiore o uguale a 1 mm). I valori più elevati si registrano a Pescara e a Capo Carbonara (SU), entrambi pari a 341 giorni, 337 giorni a Forca Canapine (AP), e 335 giorni a Capo Bellavista (NU); valori elevati si registrano anche in Pianura Padana, sulla Liguria di Levante, sulla costa toscana e laziale, sulle coste adriatica e ionica e sulla quasi totalità di Sicilia e Sardegna. I valori più bassi (fino a circa 270 giorni asciutti) si registrano su Alpi e Prealpi centro-orientali e sulla dorsale appenninica.

Le **figure 5.12 e 5.13** mostrano le mappe dello Standardized 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 2020 e le mappe di SPI a 3 mesi relative alle 4 stagioni del 2020: inverno (da dicembre 2019 a febbraio 2020), primavera (da marzo a maggio 2020), estate (da giugno ad agosto 2020), autunno (settembre-novembre 2020). Va tenuto presente che tutte le mappe sono ottenute interpolando i valori di SPI di circa 600 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 in Sardegna ad in Sicilia (fino a 90 giorni secchi consecutivi). I valori più bassi si registrano sulla dorsale appenninica e su Alpi e Prealpi (fino a 20 giorni).

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 macroarea. 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 2020.

L’indice R10mm rappresenta il numero di giorni nell’anno con precipitazione maggiore o uguale a 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 maggiore o uguale a 1 mm (**figura 5.17**).

Complessivamente, dall’analisi delle serie temporali di questi indici, sulla base delle stazioni disponibili, non emergono segnali netti di variazioni della frequenza e della intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo. Dall’analisi emerge che nel 2020 al Nord sono state registrate anomalie positive di tutti e tre gli indici di precipitazione.

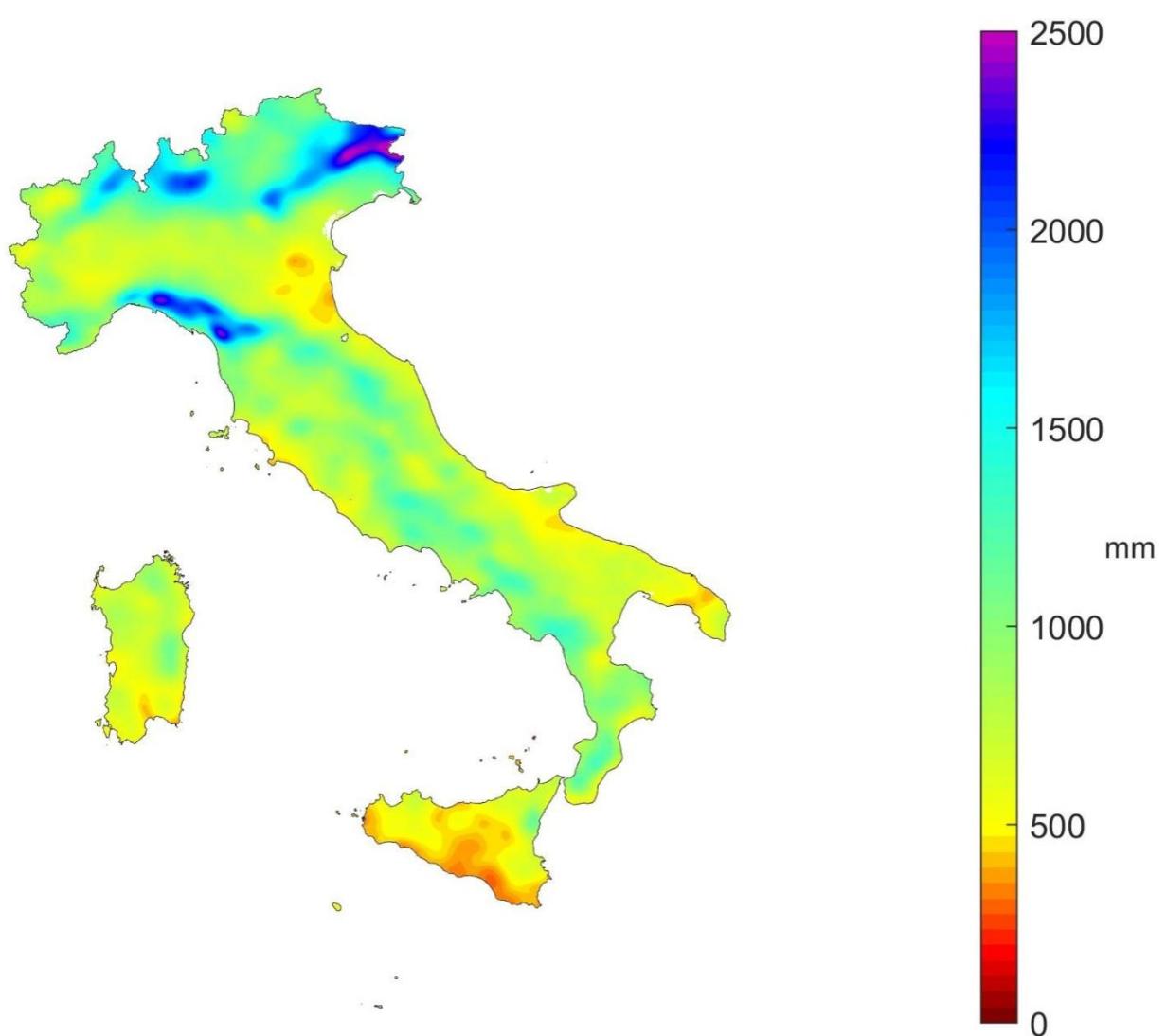


Figura 5.1: Precipitazione cumulata 2020.

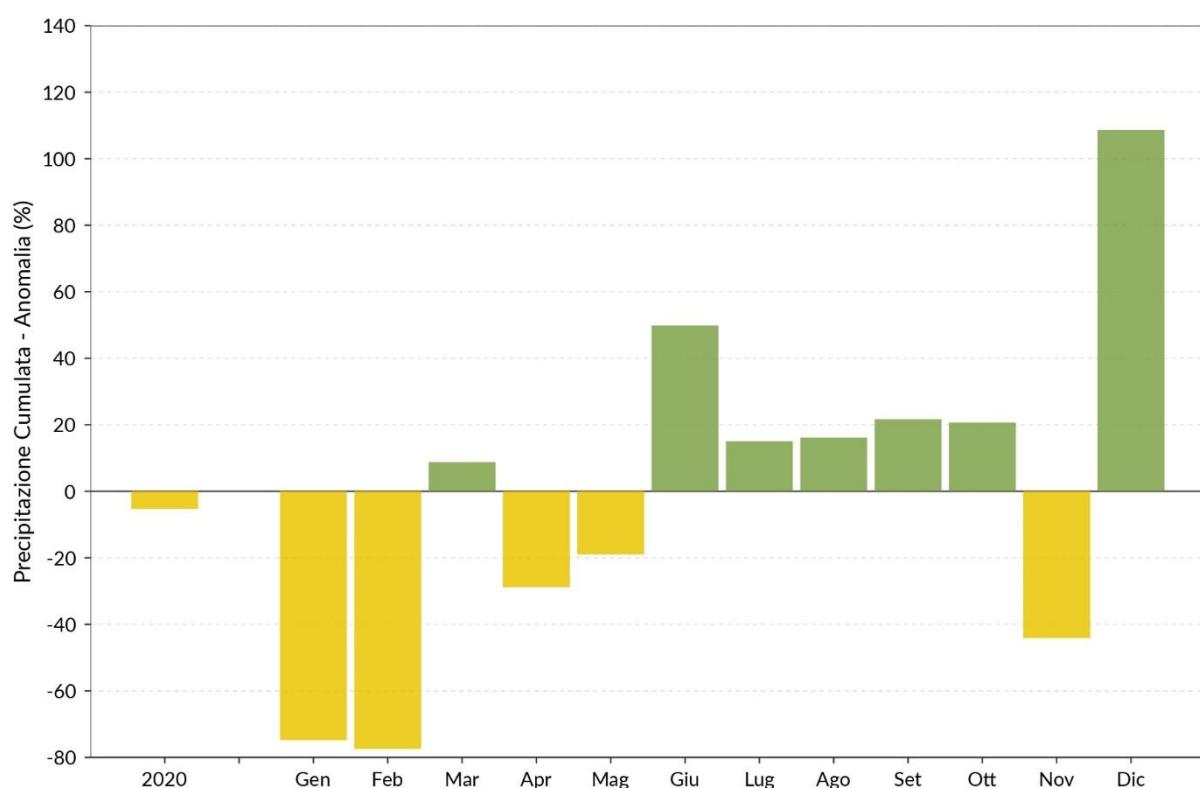


Figura 5.2: Anomalia media mensile ed annuale 2020, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata in Italia, rispetto al valore normale 1961-1990.

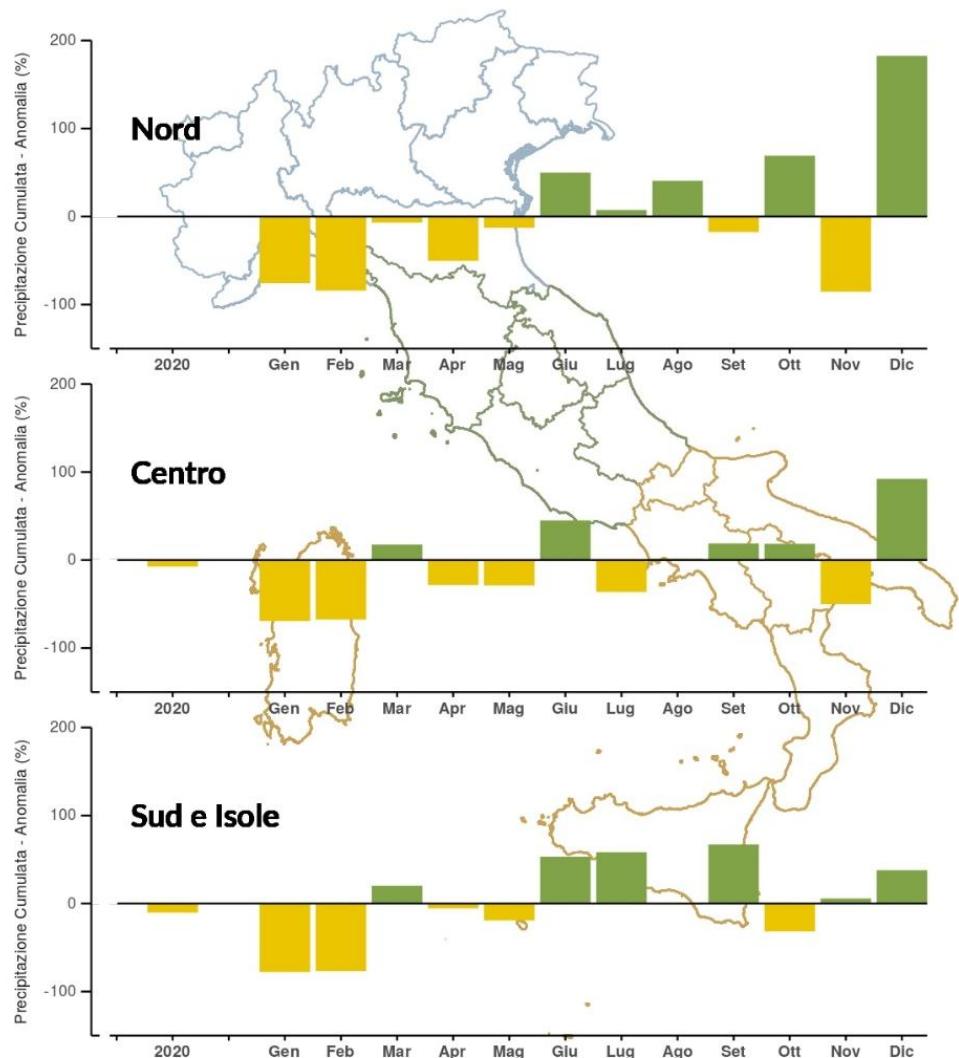


Figura 5.3: Anomalia media mensile ed annuale 2020, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata Nord, Centro, Sud e Isole, rispetto al valore normale 1961-1990.

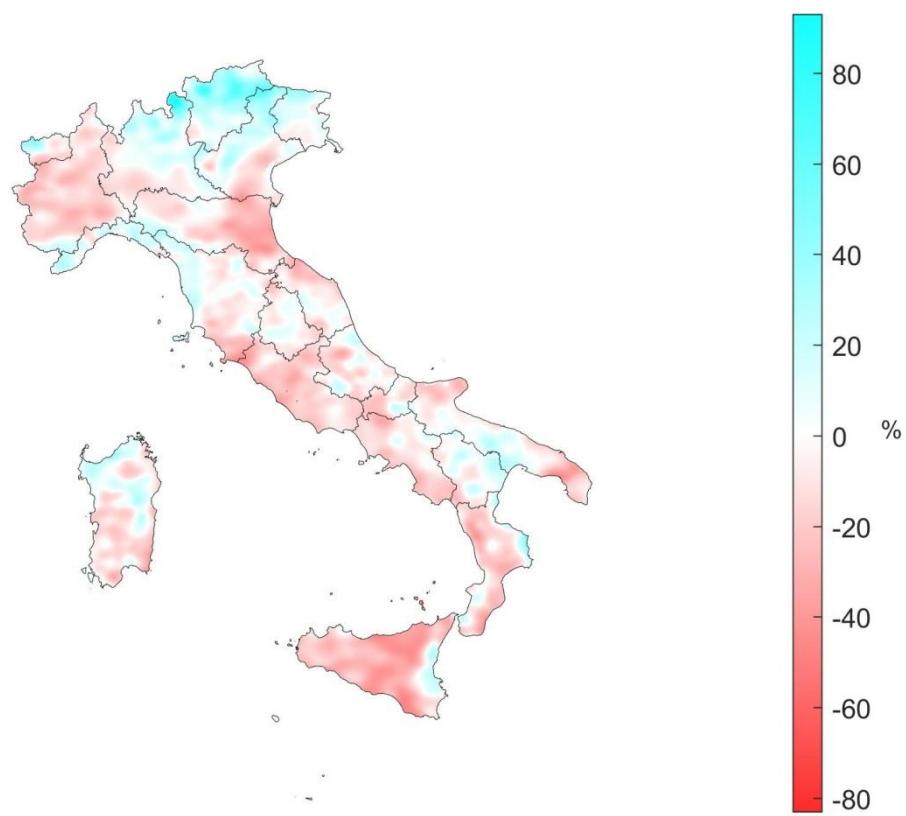


Figura 5.4: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2020, espressa in valori percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990.

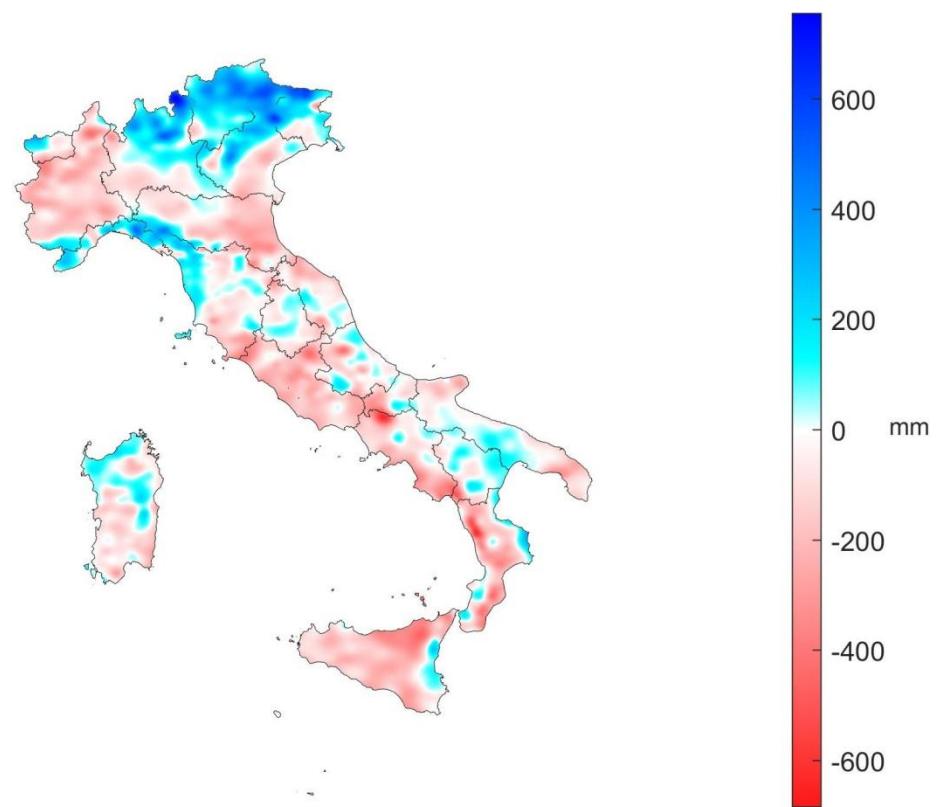


Figura 5.5: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2020, espressa in mm, rispetto al valore normale 1961-1990.

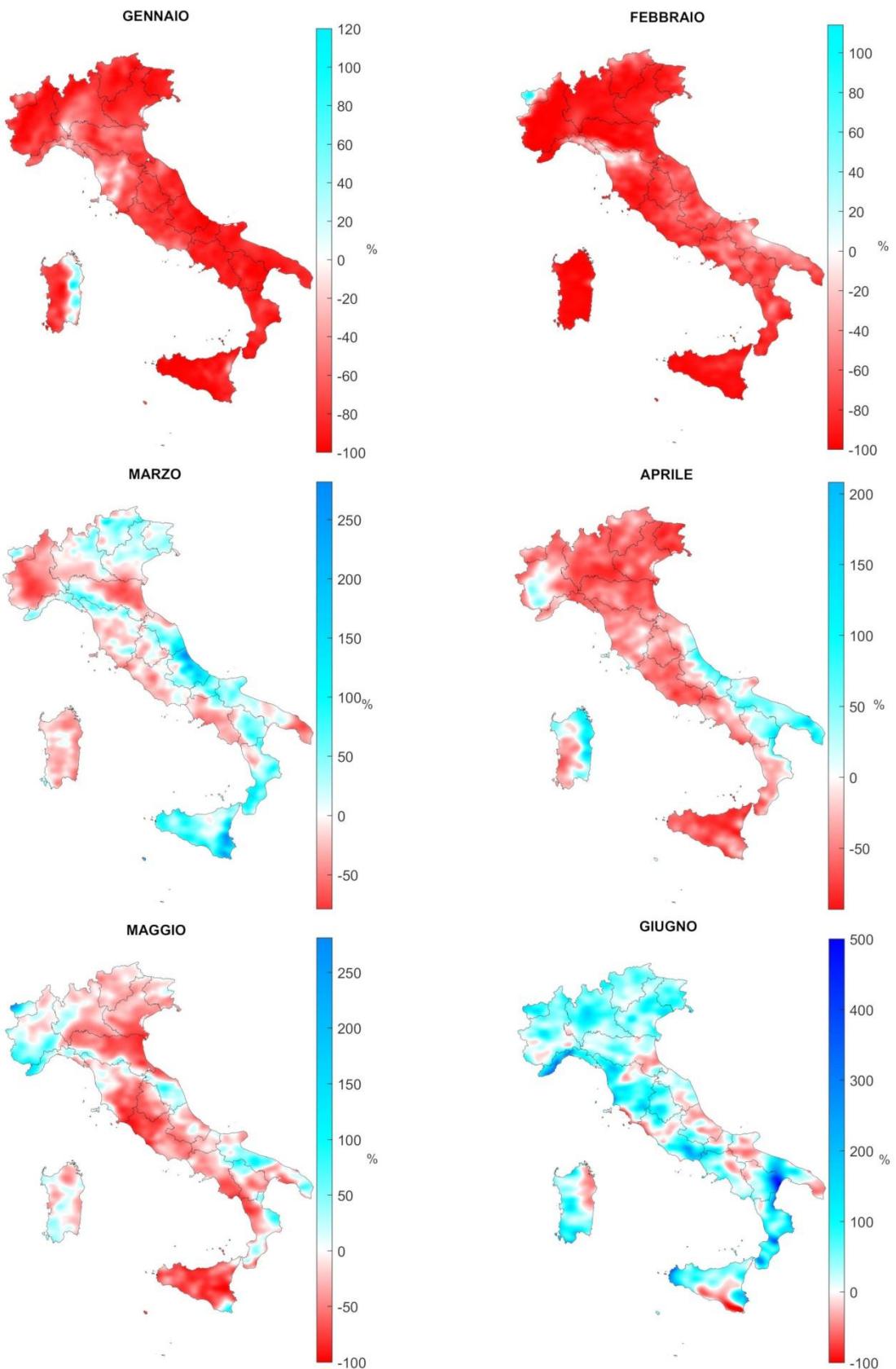


Figura 5.6a: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (gennaio-giugno) 2020, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

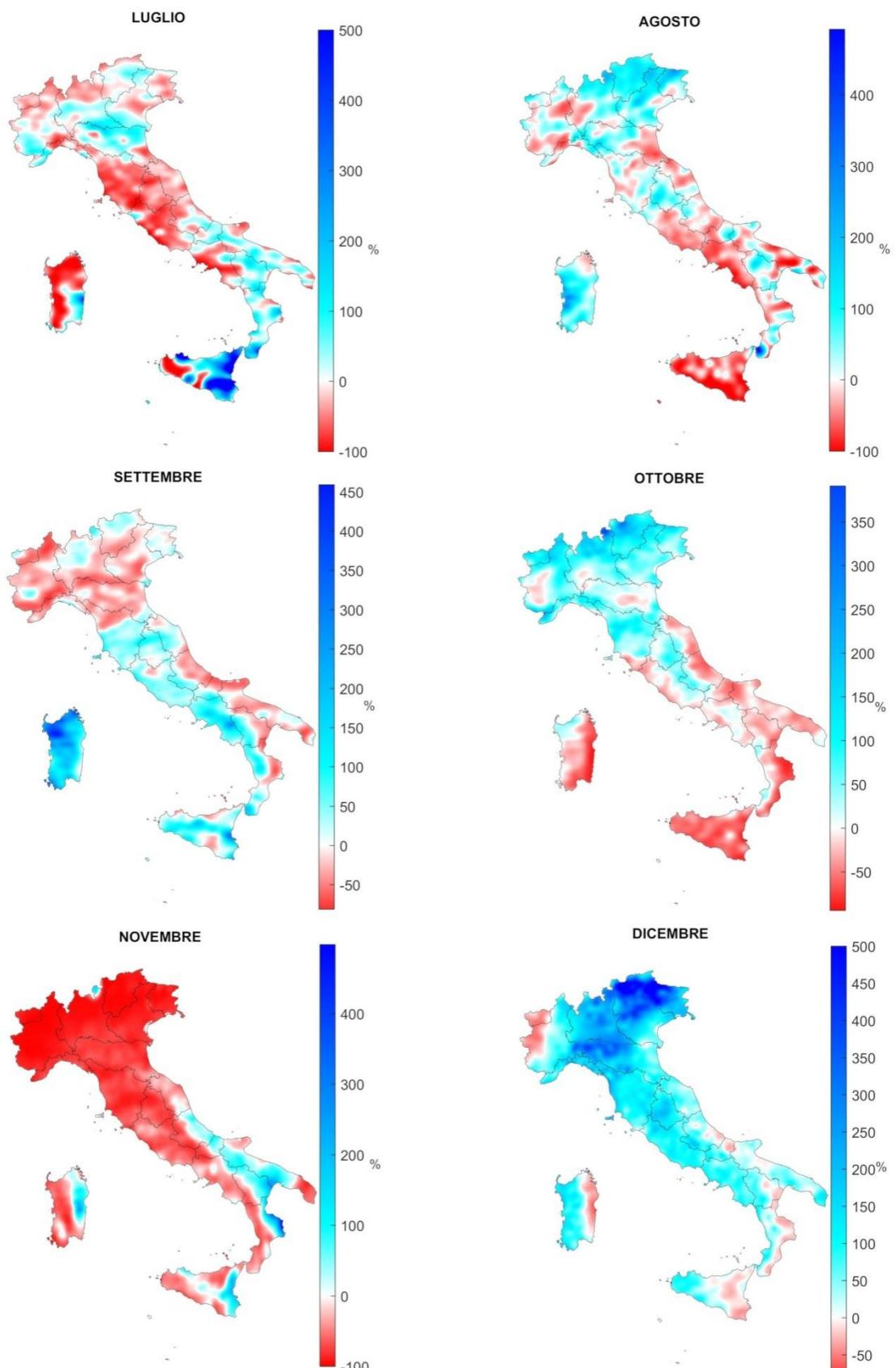


Figura 5.6b: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (luglio-dicembre) 2020, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

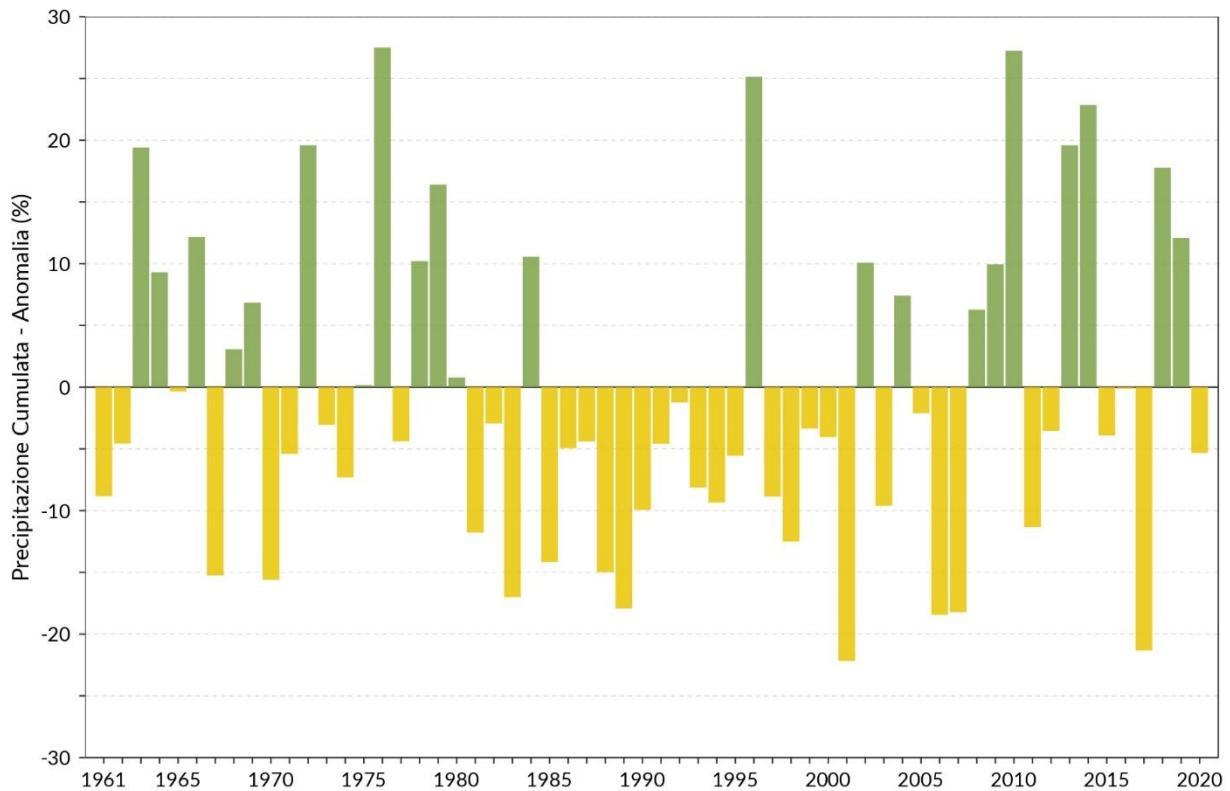


Figura 5.7: Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

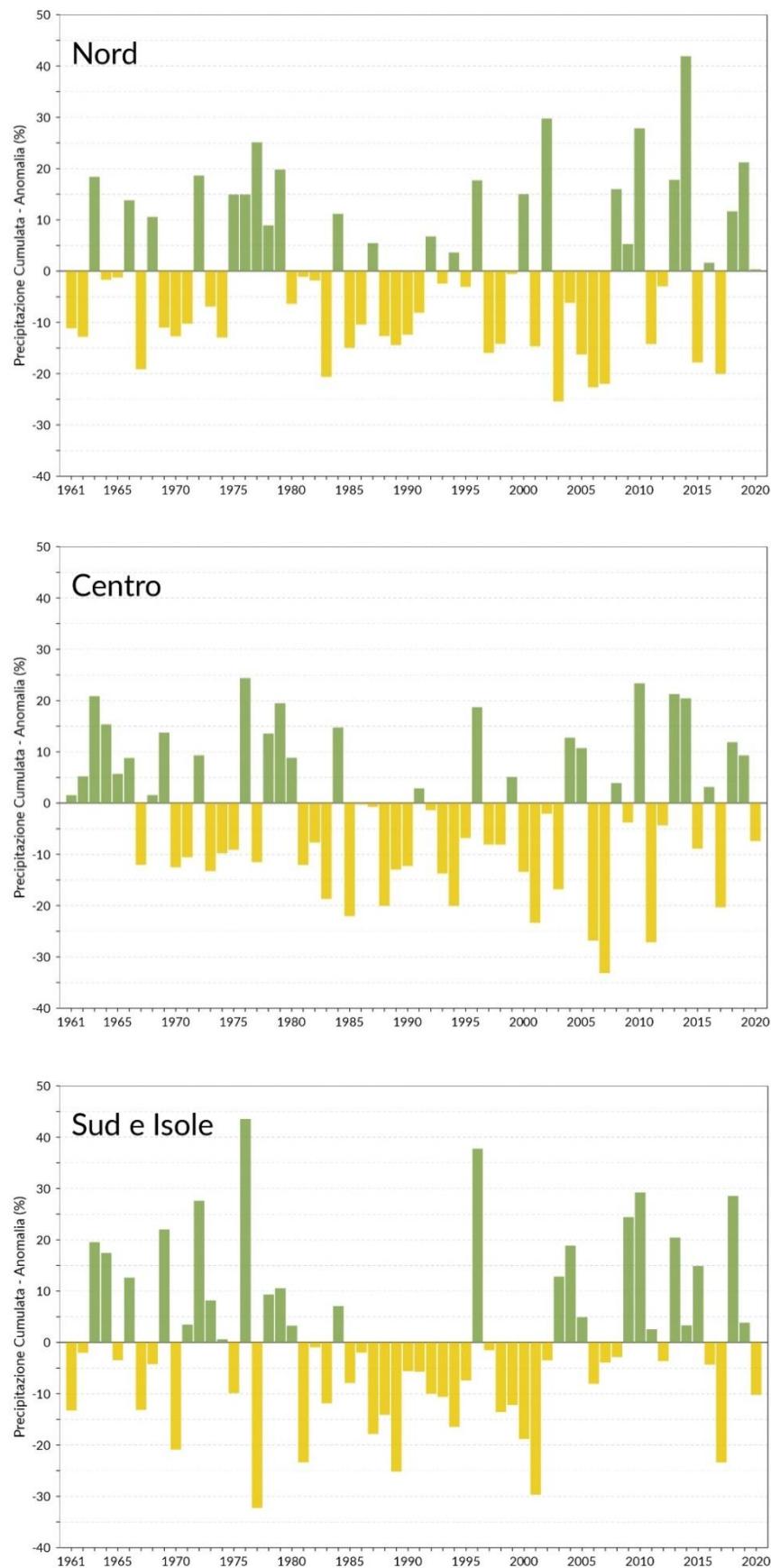


Figura 5.8: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

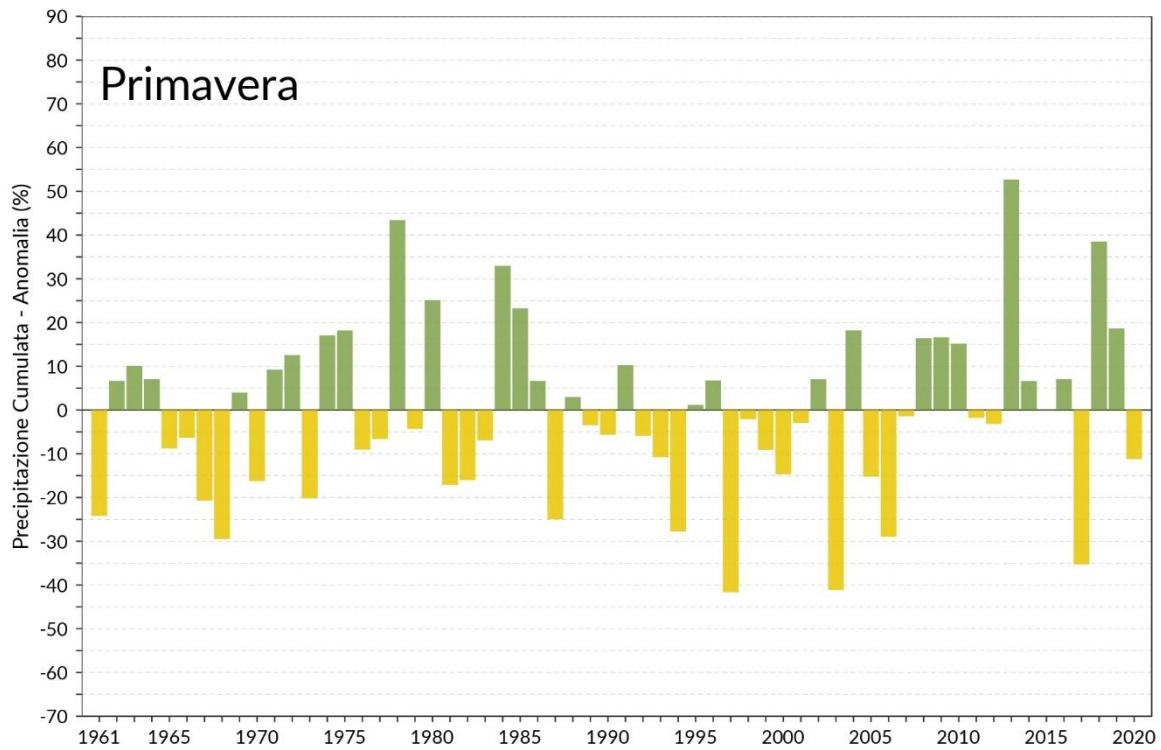
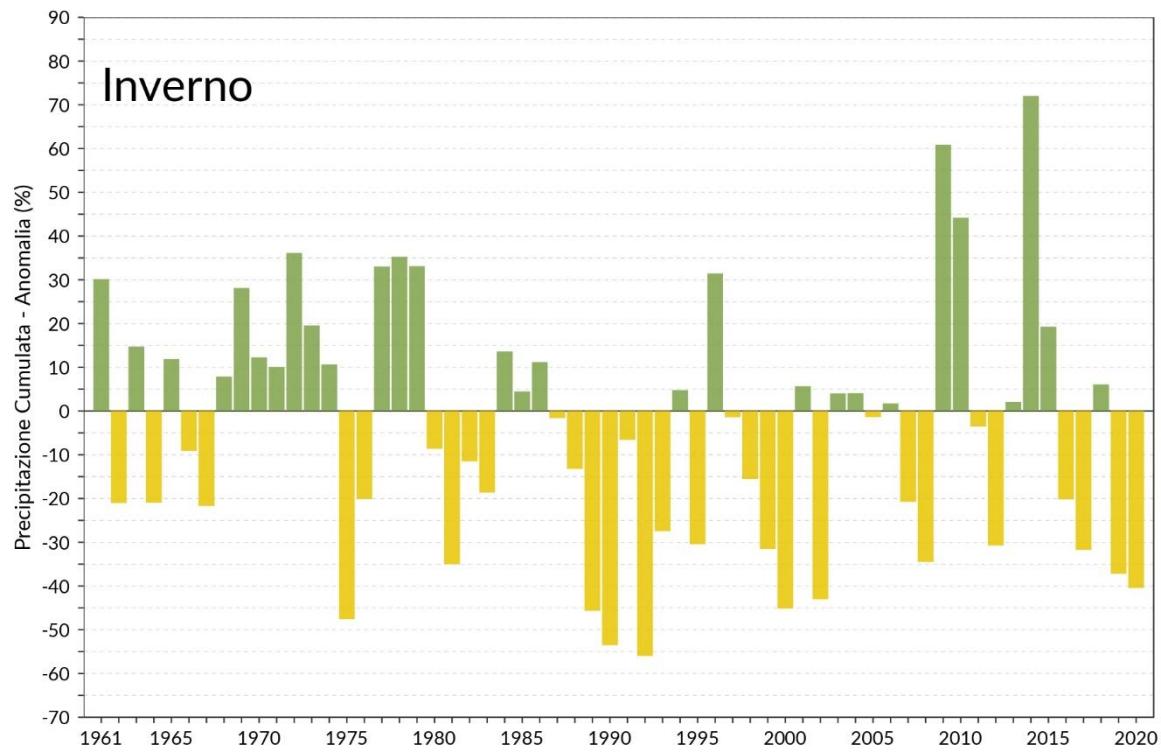


Figura 5.9a: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera). Per l'inverno, sono stati aggregati i mesi di gennaio e febbraio il mese di dicembre dell'anno precedente.

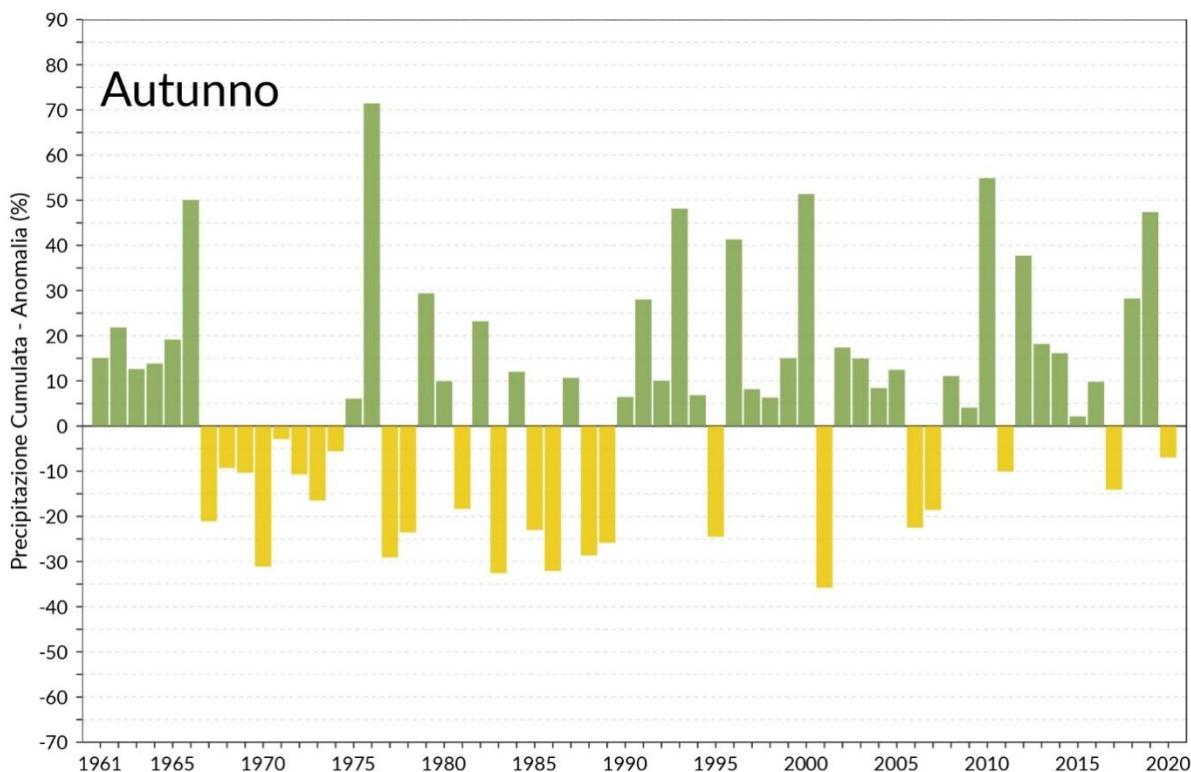
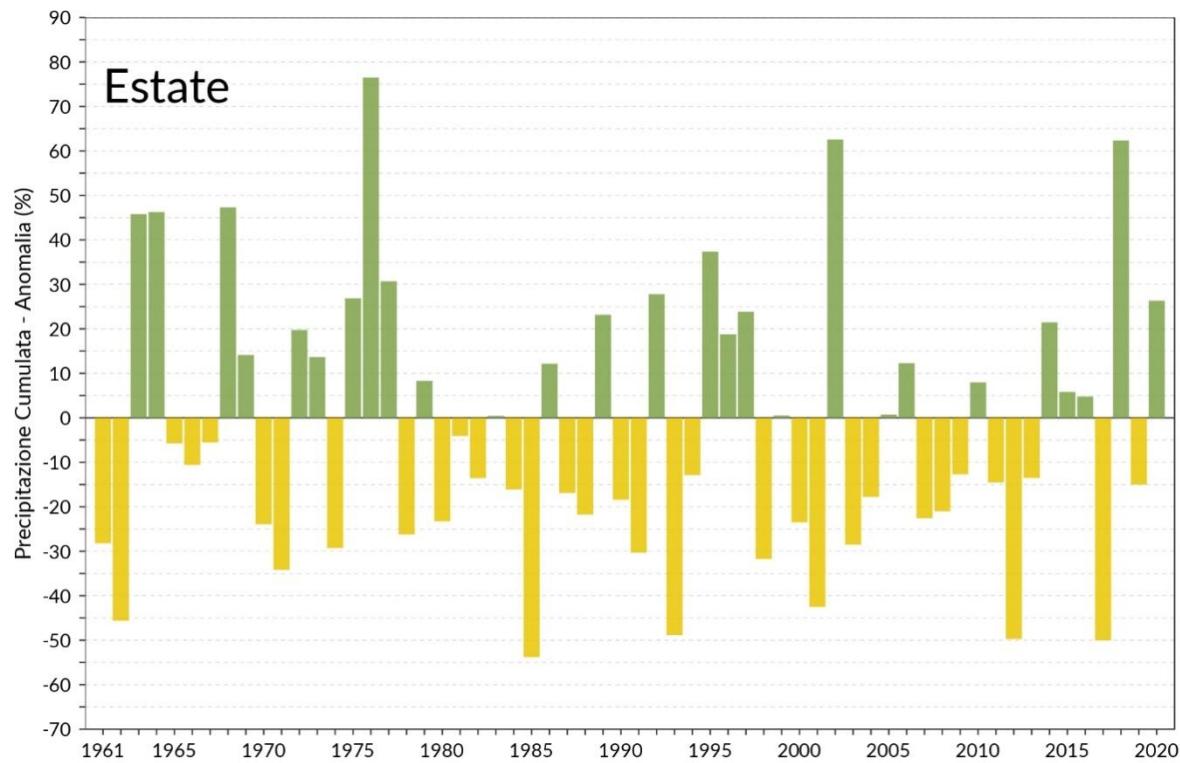


Figura 5.9b: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

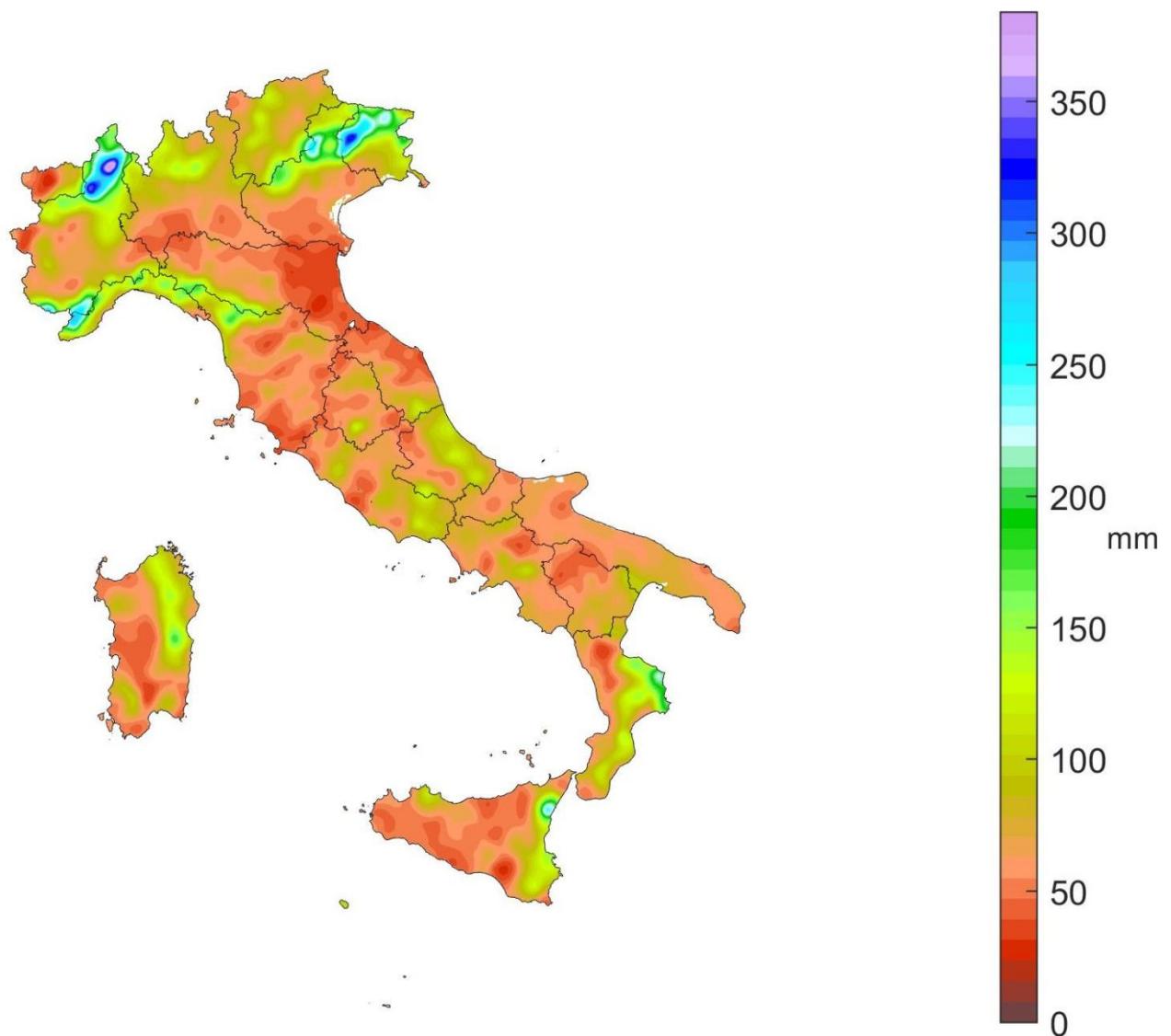


Figura 5.10: Precipitazione massima giornaliera 2020.

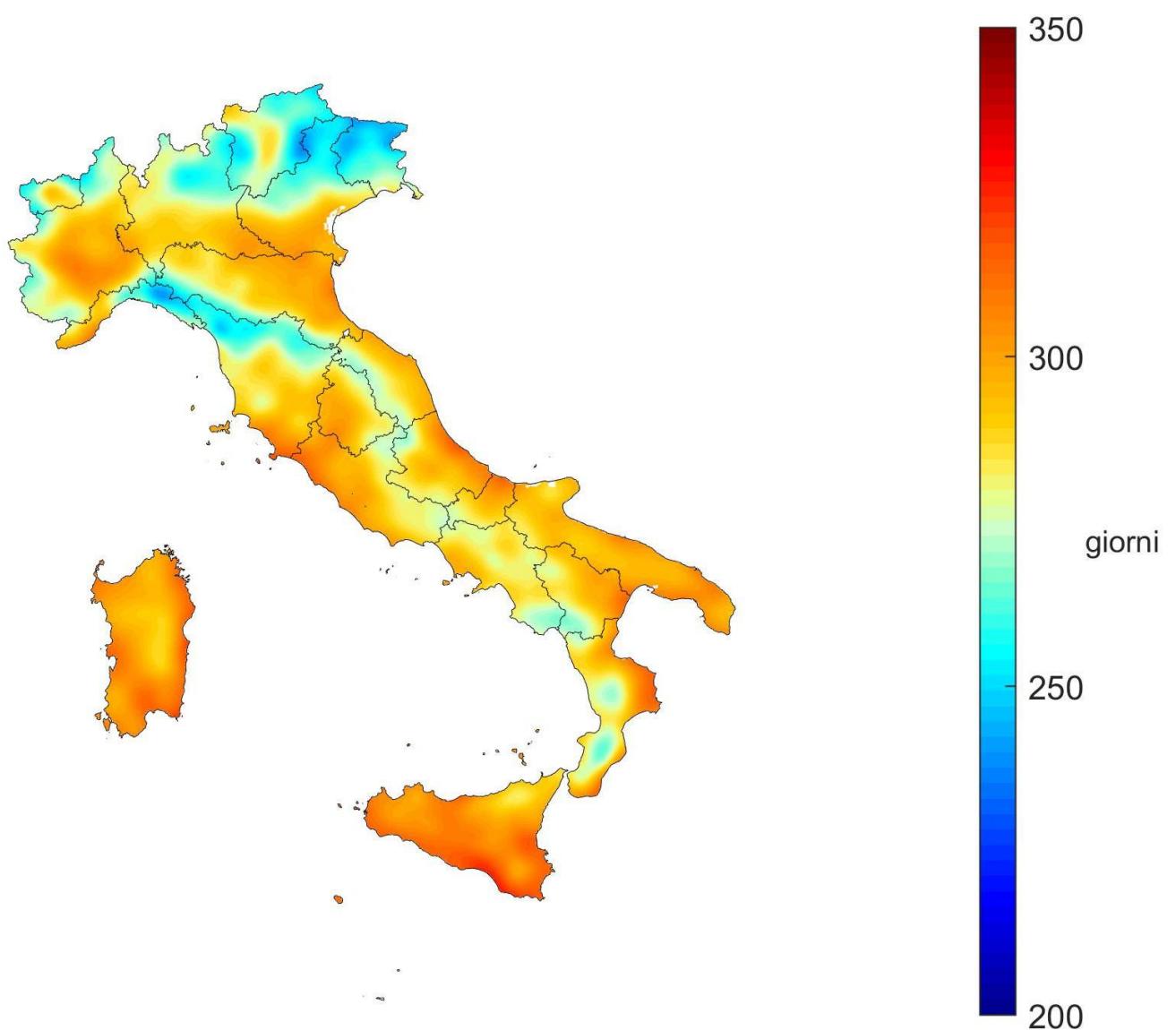
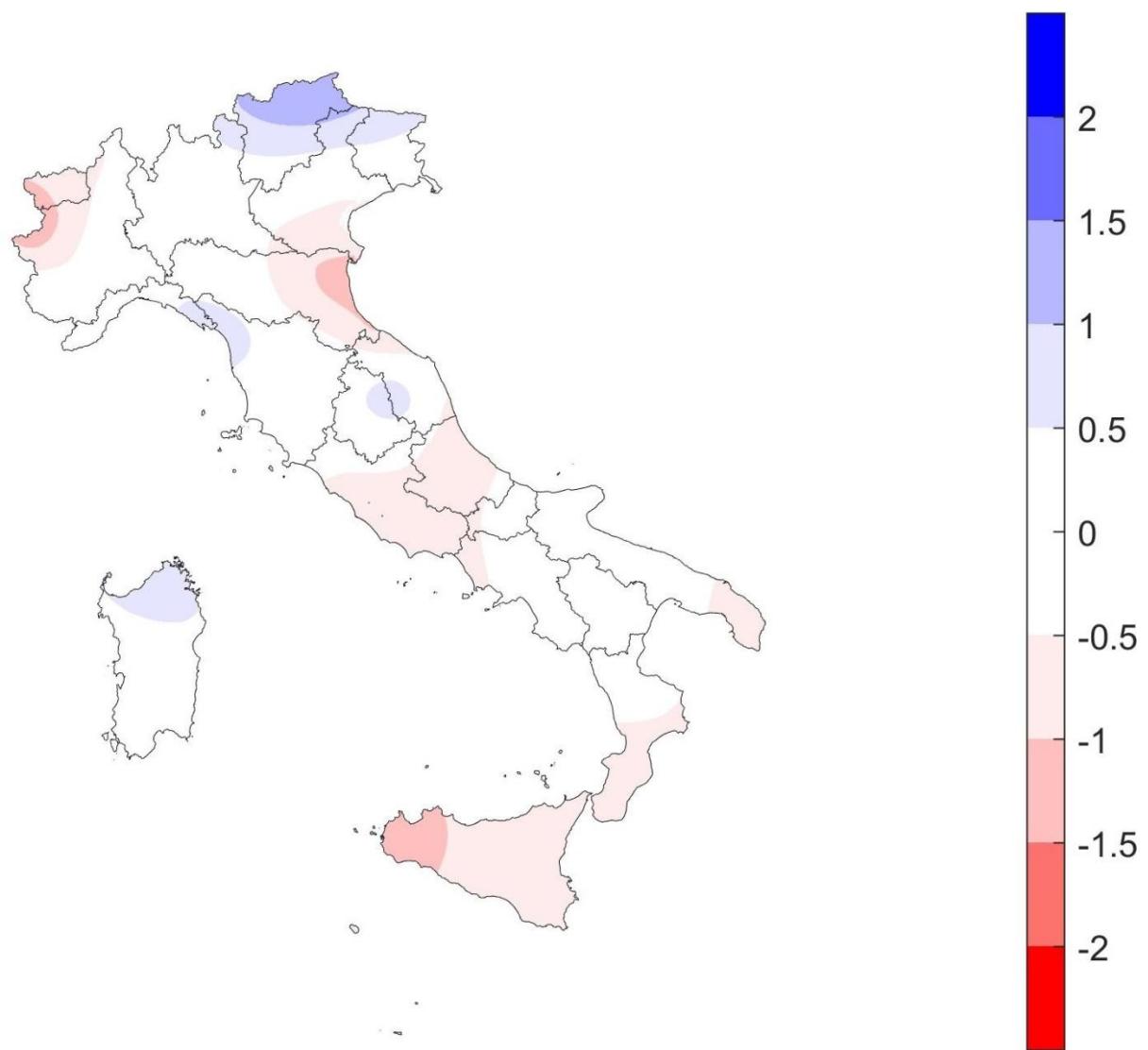
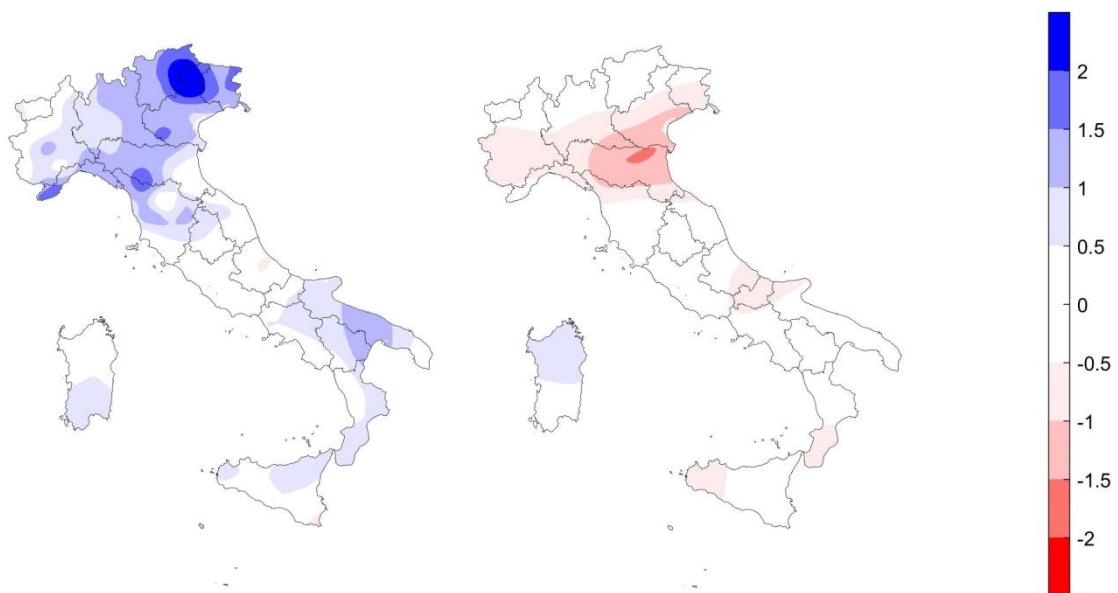
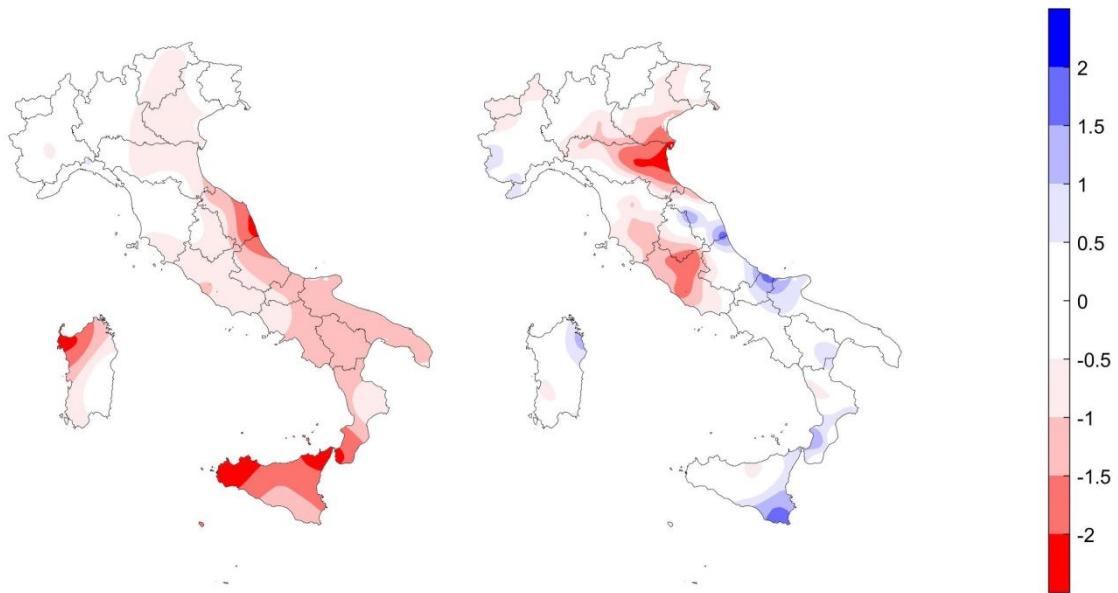


Figura 5.11: Giorni asciutti nel 2020.



> 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	

Figura 5.12: Indice di siccità SPI annuale (a 12 mesi) nel 2020.



> 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 2020 (in alto, da sinistra, inverno e primavera; in basso, da sinistra, estate ed autunno).

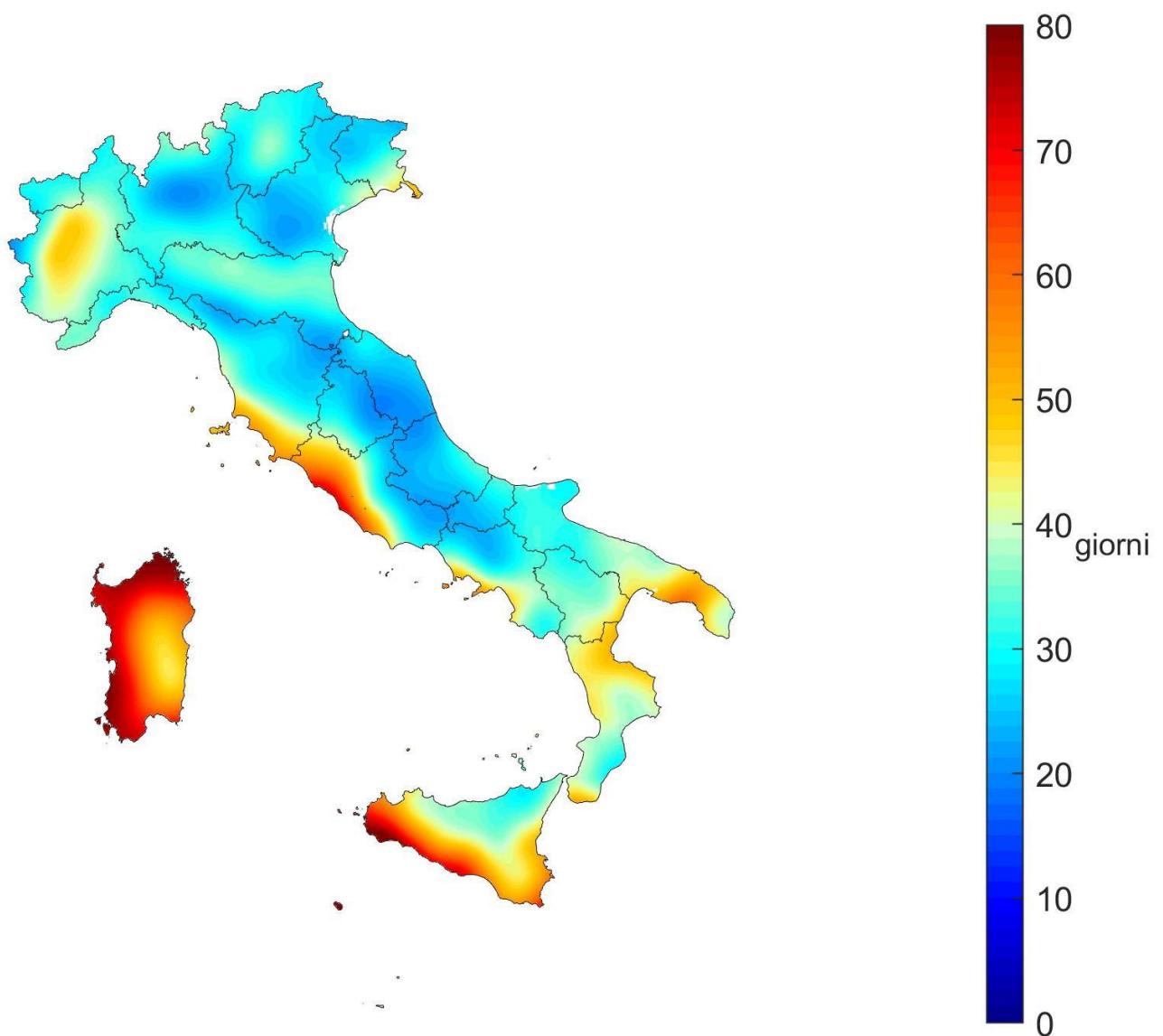


Figura 5.14: Indice di siccità (Consecutive Dry Days - CDD) nel 2020.

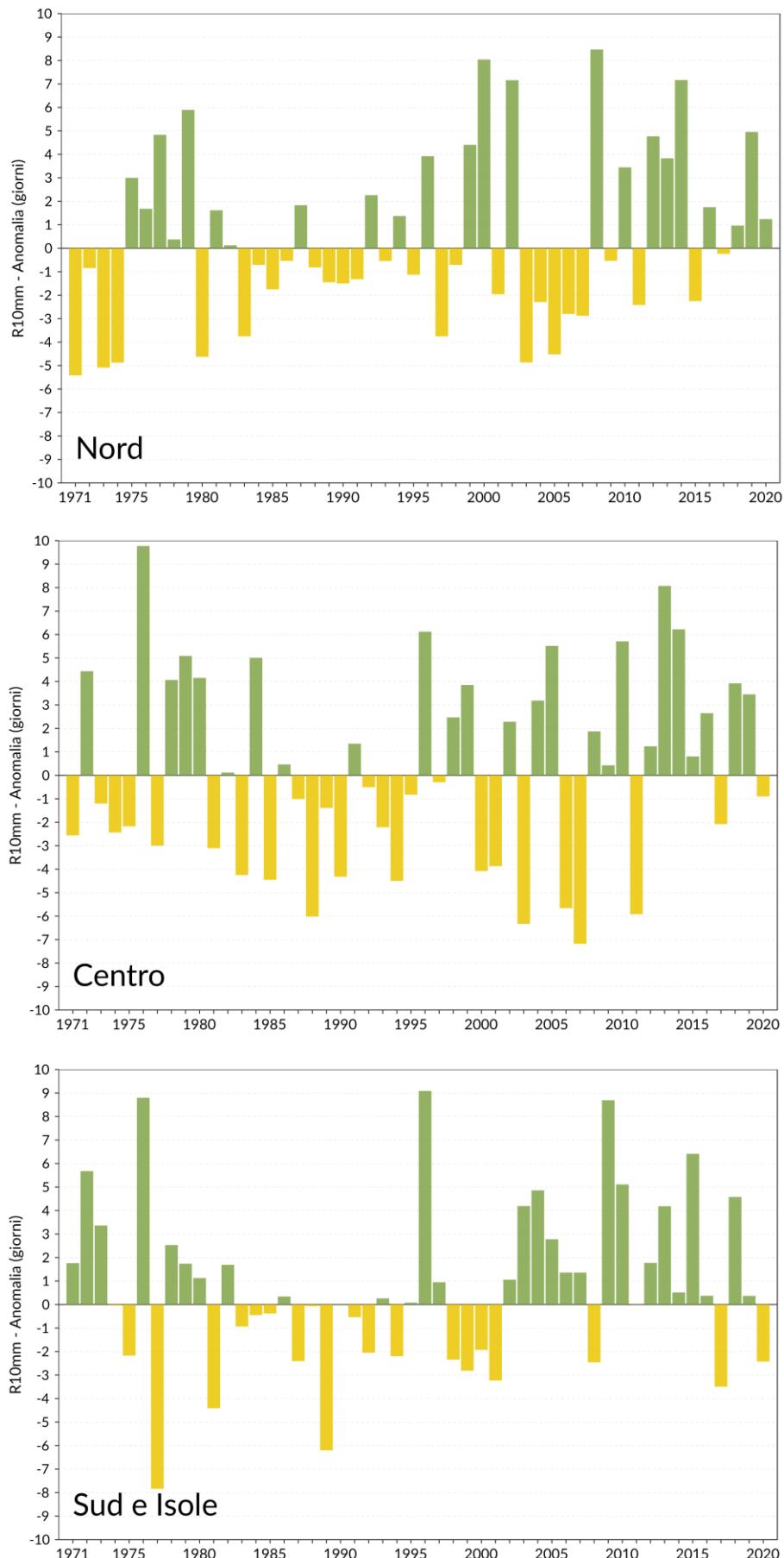


Figura 5.15: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, del numero di giorni nell'anno con precipitazione superiore od uguale a 10 mm (R10mm), rispetto al valore normale 1971-2000.

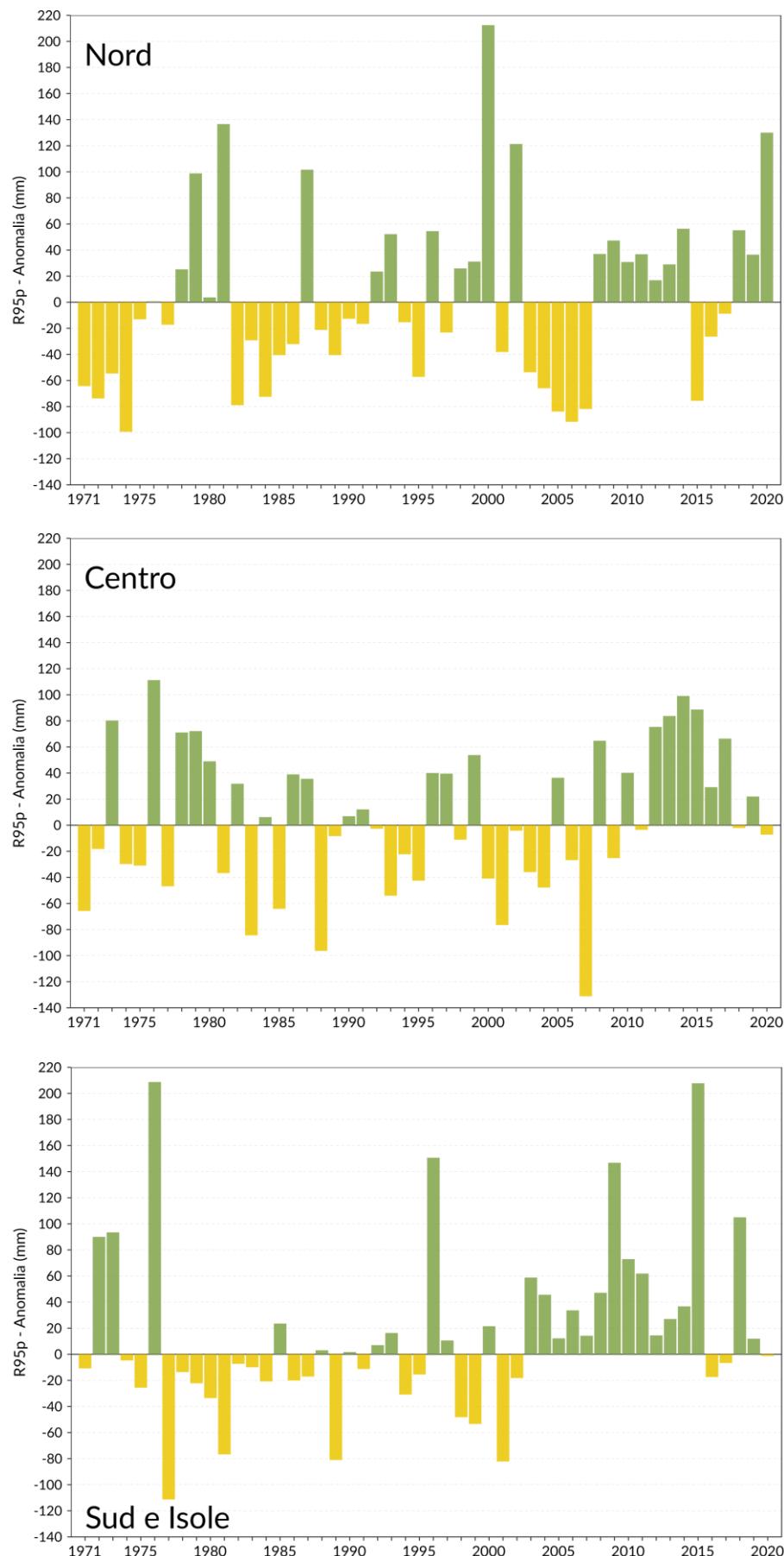


Figura 5.16: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni nei giorni molto piovosi (R95p), rispetto al valore normale 1971-2000.

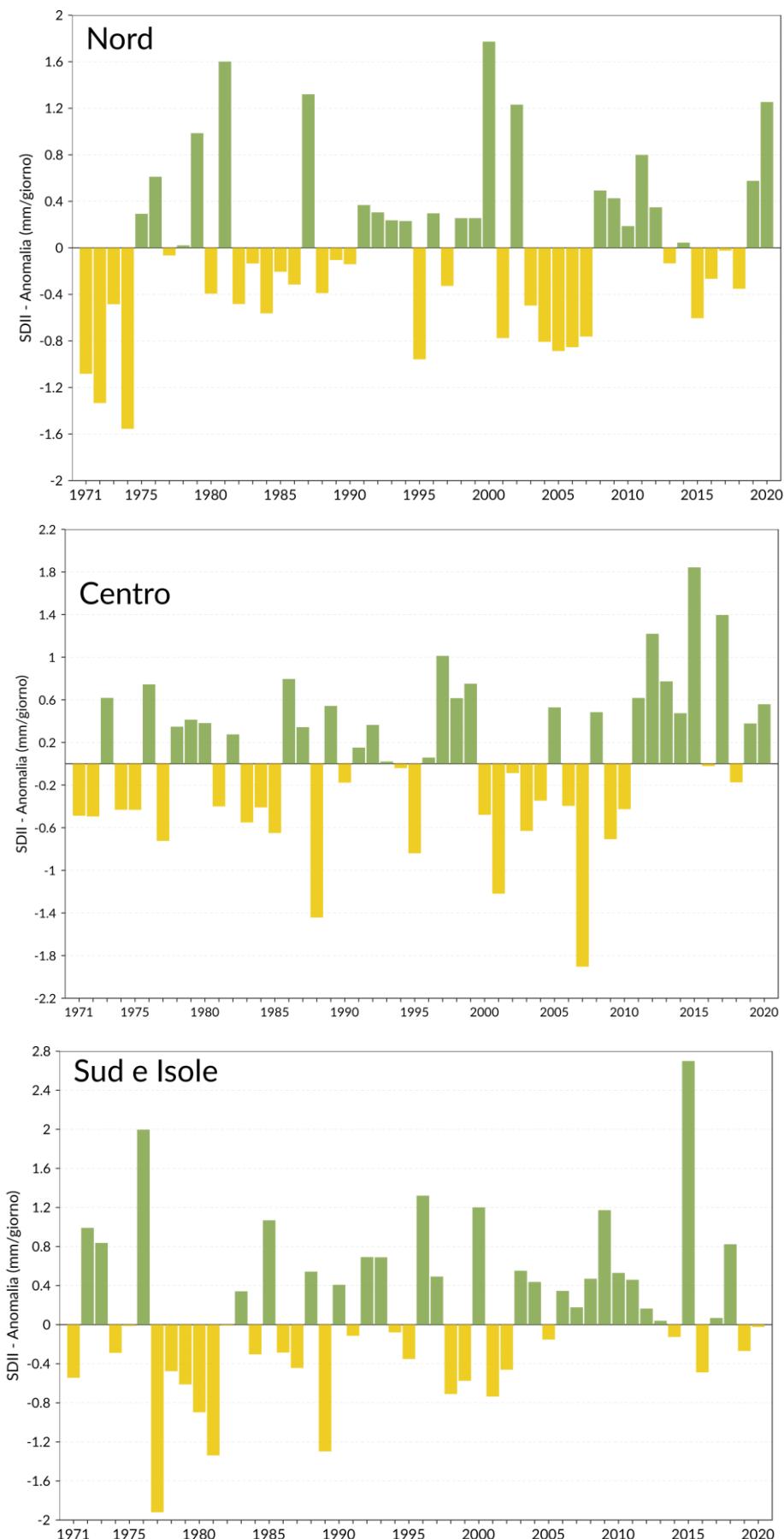


Figura 5.17: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, dell'intensità di pioggia giornaliera (SDII), rispetto al valore normale 1971-2000.

6. UMIDITÀ RELATIVA

I valori di umidità relativa media annuale del 2020 sono compresi tra 56% e 96% circa (**figura 6.1**). L'umidità relativa annuale è stata ovunque inferiore alla media climatologica 1961-1990 (**figura 6.2**), con il valore di anomalia più basso registrato al Centro (-4.4%), seguito dal Nord (-3.6%) e infine da Sud e Isole (-2.8%).

Tutti i mesi del 2020 sono stati ovunque più secchi della norma, tranne ottobre e dicembre al Nord (fino a +6.1%), ottobre, novembre e dicembre al Centro (fino a +5.5%), novembre e dicembre al Sud e Isole (fino a +2.9%); i picchi di anomalia negativa dell'umidità relativa si sono registrati al Nord a febbraio (-12.5%), al Centro ad aprile (-10.5%), al Sud e Isole a maggio (-7.0%).

Nella **figura 6.3** viene rappresentata la serie annuale dell'anomalia media di umidità relativa in Italia, ottenuta elaborando i dati di 42 stazioni che soddisfano i requisiti di completezza e continuità delle serie nel periodo 1961-2020. Il valore medio di anomalia di umidità relativa (-2.4%) colloca il 2020 al sesto posto tra gli anni più secchi a partire dal 1961.

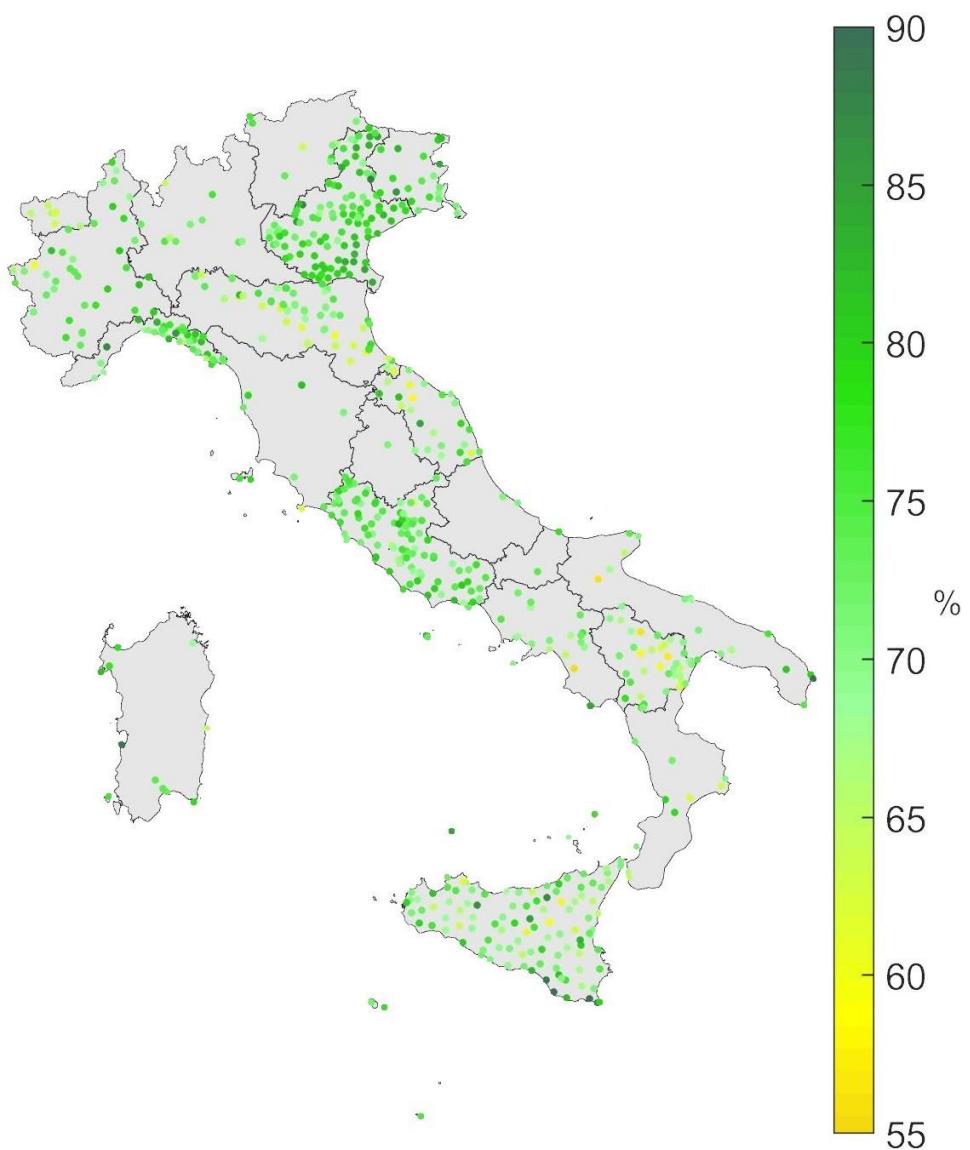


Figura 6.1: Umidità relativa media 2020.

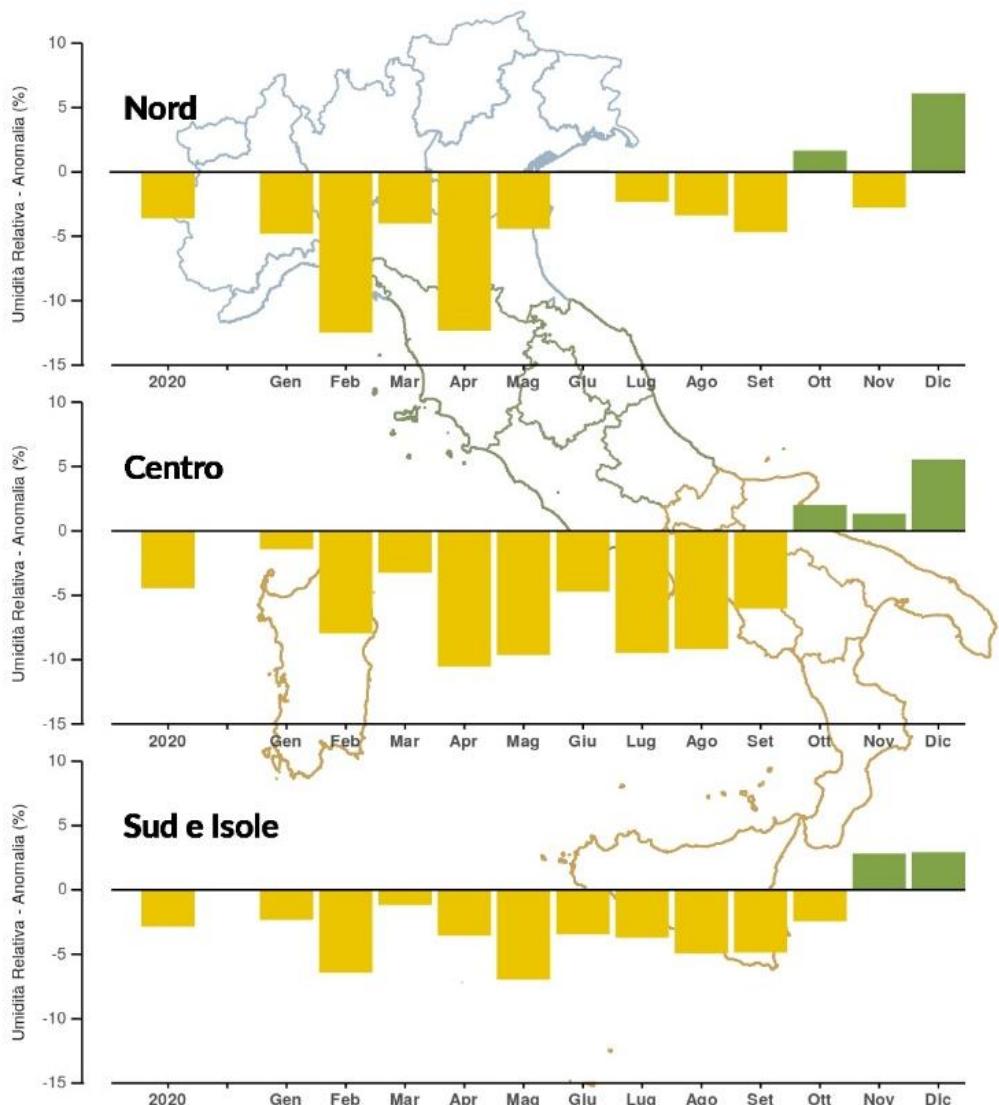


Figura 6.2: Anomalia media 2020 (annuale e mensile) dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961–1990.

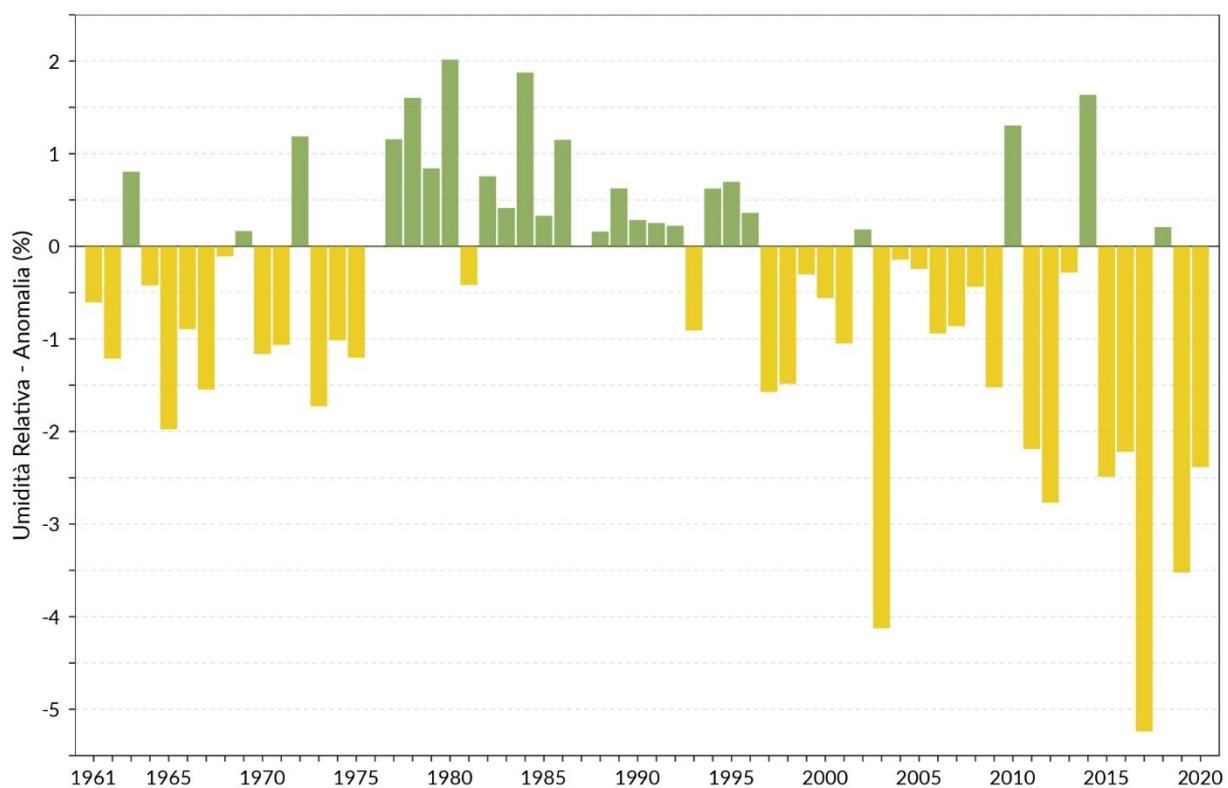


Figura 6.3: Serie delle anomalie medie annuali in Italia dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961–1990.

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., Fraschetti 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.isprambiente.it - Documentazione.

[8]

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.

[9]

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.

[10]

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

[11]

Fioravanti G., Fraschetti 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., Fraschetti 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:TIIODT>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.

[23]

Kendon M., Hollis D., 2014, How are UK rainfall-anomaly statistics calculated and does it matter? *Weather*, 69, 2.DOI: 10.1002/wea.2249

STATO
DELL'AMBIENTE
96/2021