



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2012

ANNO VIII



STATO DELL'AMBIENTE



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2012

ANNO VIII

Informazioni legali

L'istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

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

ISPRA, Stato dell'Ambiente 36/2013

ISBN 978-88-448-0598-2

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Franco Desiato, Franco Iozzoli

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella

ISPRA - Settore Editoria

Luglio 2013

Autori

Franco Desiato, Guido Fioravanti, Piero Frascchetti, Walter Perconti, Emanuela Piervitali (ISPRA)
Valentina Pavan (ARPA Emilia Romagna)

Contributi e ringraziamenti

La pubblicazione rientra tra le attività dell'ISPRA, 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 dei seguenti organismi:

Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;

Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'Agricoltura (CRA-CMA);

ARPA Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Liguria, Emilia Romagna, Campania, Basilicata, Sardegna;

Regione Sicilia, Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS);

Regione Marche, Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche (ASSAM).

Per gli indicatori climatici del 2012, oltre al CRA-CMA si ringraziano in particolare (tra parentesi, i referenti per il sistema SCIA):

ARPA Piemonte (Barbara Cagnazzi, Chiara De Luigi);

ARPA Valle d'Aosta (Tiziana Magri);

ARPA Lombardia (Orietta Cazzuli, Erica Brambilla);

ARPA Friuli Venezia Giulia (Andrea Cicogna);

ARPA Veneto (Francesco Rech);

ARPA Emilia Romagna (Valentina Pavan);

ARPA Sardegna (Alessandro Delitala, Michele Fiori);

ASSAM Marche (Daniele Sparvoli).

Altre fonti sono le banche dati accessibili online della *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e dei Centri Funzionali di ARPA Calabria e Meteotrentino.

Si ringraziano inoltre il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e i Servizi Meteorologici e di Protezione Civile regionali, che rendono disponibili informazioni riportate nel capitolo 2.

Indice generale

SINTESI.....	6
1. INTRODUZIONE.....	8
2. IL CLIMA NEL 2012	10
2.1 Il clima 2012 a grande scala	10
2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia.....	17
3. TEMPERATURA.....	29
4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE	50
5. PRECIPITAZIONE	53
6. UMIDITÀ RELATIVA.....	69
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	73

SINTESI

L’VIII rapporto della serie “Gli indicatori del clima in Italia” illustra l’andamento del clima nel corso del 2012 e aggiorna la stima delle variazioni climatiche negli ultimi decenni in Italia. Il rapporto si basa in gran parte su indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l’elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.sinanet.apat.it), realizzato dall’ISPRA in collaborazione e con i dati degli organismi titolari di molte delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale. Complessivamente, nel 2012 gli indicatori di temperatura e precipitazione sono stati derivati da circa 700 stazioni distribuite sull’intero territorio nazionale.

Lo studio della variabilità del clima presente e passato è di fondamentale importanza per valutare gli impatti e definire le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Anche per questo motivo, in questa VIII edizione del rapporto è stata ampliata e approfondita la stima delle tendenze climatiche nell’ultimo mezzo secolo, attraverso ulteriori indicatori rappresentativi dell’andamento sia delle medie che degli estremi di temperatura e precipitazione.

Anche il 2012 è stato un anno nettamente più caldo della media climatologica, sia a livello globale che in Italia. A scala globale, l’anomalia della temperatura media sulla terraferma rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, è stata di $+0.78^{\circ}\text{C}$ e colloca il 2012 al 7° posto della serie dal 1961. In Italia, il 2012 è stato il 21° anno consecutivo con temperatura media più elevata della norma e, con un’anomalia media di $+1.31^{\circ}\text{C}$, si colloca al 4° posto nell’intera serie dal 1961 al 2012. Gli anni più caldi dell’ultimo mezzo secolo sono stati il 1994, il 2003 e il 2000, con anomalie della temperatura media comprese tra $+1.35$ e $+1.38^{\circ}\text{C}$. L’aumento della temperatura media è più consistente in estate e in primavera e più debole in autunno e in inverno. Le temperature massime registrano in media un aumento leggermente superiore a quello delle temperature minime. La stima aggiornata del rateo di variazione della temperatura media in Italia dal 1981 al 2012 è di $+0.35 \pm 0.07^{\circ}\text{C} / 10$ anni, a cui corrisponde, nello stesso periodo, un aumento di $1.08 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$.

Tutti i mesi del 2012 sono stati più caldi della norma, ad eccezione di febbraio e dicembre. I mesi più caldi rispetto alla norma sono stati marzo al Nord ($+4.12^{\circ}\text{C}$), agosto al Centro ($+3.22^{\circ}\text{C}$) e giugno al Sud e sulle Isole ($+2.69^{\circ}\text{C}$); il mese più freddo rispetto alla norma è stato ovunque febbraio (-2.27°C al Nord, -2.62°C al Centro e -1.85°C al Sud e sulle Isole). Nella prima metà del mese di febbraio, in particolare, molte regioni italiane sono state investite da ripetute bufere di neve con accumuli eccezionali e le temperature minime hanno fatto segnare in molti casi valori record per il periodo.

Gli indicatori degli estremi di temperatura sono in linea con l’anomalia termica positiva. Nel 2012 il numero medio di notti tropicali, cioè con temperatura minima maggiore di 20°C , è stato il secondo più alto della serie a partire dal 1961, dopo il 2003. Il numero medio di giorni estivi, cioè con temperatura massima maggiore di 25°C , è stato superiore alla media climatologica 1961-1990 per il 13° anno consecutivo e il 2012 si colloca al quinto posto nella serie dal 1961. L’indice rappresentativo delle onde di calore pone il 2012 al 3° posto della serie dal 1961 e dall’andamento della serie è evidente l’incremento notevole del numero di giorni caratterizzati da onde di calore a partire dagli anni ’80.

Anche la temperatura del mare connota il 2012 come uno degli anni più caldi degli ultimi decenni. Sulla base dei dati elaborati dalla NOAA su grigliato regolare, il 2012, con un’anomalia media di $+0.97^{\circ}\text{C}$ rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, risulta l’anno con temperatura media superficiale dei mari italiani più elevata della serie che parte dal 1961.

Per quanto riguarda le precipitazioni, a livello globale i valori medi del 2012 sono stati vicini alla norma 1961-1990, ma l’anomalia della piovosità annuale è estremamente variabile nello spazio. In Italia, le precipitazioni cumulate annuali nel 2012 sono state complessivamente inferiori alla media climatologica del 10% circa. Le precipitazioni sono state più abbondanti della norma su Alpi e Prealpi centro-orientali, Marche, Salento e Sicilia orientale e meridionale, mentre sul resto della Penisola e sulla Sardegna sono state generalmente inferiori alla norma (fino a -25% circa). Le precipitazioni massime giornaliere più elevate (dell’ordine di 200-250 mm) sono state registrate su località delle Alpi e Prealpi orientali e dell’Appennino Calabro.

Nell’intervallo 1951-2012 le precipitazioni medie annuali risultano essere in leggera diminuzione ma in modo statisticamente significativo solo al Centro e al Sud. Su base stagionale e considerando una serie unica rappresentativa della media nazionale, la diminuzione risulta statisticamente significativa solo in inverno. Per quanto riguarda gli estremi, dall’analisi delle serie temporali di alcuni indici relativi alla frequenza e all’intensità delle precipitazioni, non emergono segnali evidenti di variazioni

nell'ultimo mezzo secolo. La validità di questo risultato è tuttavia condizionata dal numero limitato delle stazioni di misura e dalla risoluzione temporale delle serie dati utili e disponibili.

1. INTRODUZIONE

Per favorire l'elaborazione, la rappresentazione e la disponibilità di indicatori sul clima italiano, l'ISPRA ha realizzato e gestisce da alcuni anni 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 è stato alimentato negli anni grazie alla collaborazione e con i dati del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (AM), dell'Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'Agricoltura (CRA-CMA, ex UCEA), di numerose Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) e dei Servizi Agrometeorologici Regionali della Sicilia e delle Marche.

Attraverso l'elaborazione delle serie temporali di dati misurati da diverse reti di osservazione, il sistema SCIA rende disponibili i valori decadali, mensili e annuali e i valori climatologici normali di diverse variabili meteoclimatiche; esso consente inoltre di aggiornare periodicamente le informazioni con una procedura standardizzata. Gli indicatori sono calcolati 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.sinanet.apat.it. I criteri generali adottati per il calcolo e la rappresentazione degli indicatori climatici sono dettati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale [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].

La disponibilità degli indicatori climatici, insieme alle capacità di monitoraggio e di analisi delle agenzie ambientali, offrono l'opportunità di redigere un rapporto periodico sullo stato del clima italiano e sulle sue tendenze, in cui sono raccolti e presentati i principali elementi che hanno caratterizzato il clima in un certo anno, confrontandoli anche, laddove possibile, con i valori climatologici normali e con l'andamento negli ultimi decenni. La pubblicazione regolare di un rapporto annuale sul clima in Italia, promossa e avviata dal sistema delle agenzie ambientali nel 2006, prosegue con questo VIII rapporto, che presenta alcune novità editoriali rispetto alle precedenti edizioni.

Nel corso dell'ultimo anno non si sono registrati progressi, tra i diversi soggetti nazionali e regionali titolari delle reti di monitoraggio, nella definizione di norme e accordi che regolino lo scambio e la disponibilità dei dati meteoclimatici. La necessità di rendere disponibili con regolarità e modalità omogenee le serie temporali di dati utili e necessarie al calcolo degli indicatori climatici è stata evidenziata dal documento redatto dai referenti del sistema SCIA "Il monitoraggio del clima in Italia: situazione, problemi prospettive", trasmesso lo scorso anno ai vertici degli organismi che hanno collaborato allo sviluppo del sistema e riportato nella Premessa dell'ultimo rapporto "Gli indicatori del clima in Italia nel 2011". La provvisorietà e le lacune nell'alimentazione del sistema SCIA si riflettono nell'aggiornamento annuale degli indicatori climatici e, di conseguenza, nella possibilità di elaborare con completezza, omogeneità e adeguato livello di dettaglio l'insieme degli indicatori rappresentativi dell'anno climatico. In questa VIII edizione risultano pertanto ridotte alcune parti dedicate, attraverso tabelle e figure, alla mera restituzione delle statistiche annuali. Sono state invece ampliate e approfondite le parti che riguardano la stima e la rappresentazione delle variazioni climatiche, basate su selezioni di stazioni con serie temporali sufficientemente lunghe e omogenee. Gli approfondimenti rispondono anche all'esigenza crescente di aggiornare con continuità la stima delle tendenze climatiche in corso, che riveste un'importanza prioritaria per la definizione della strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Il rapporto è articolato in vari capitoli. Il capitolo 2 descrive sinteticamente gli aspetti salienti del clima nel 2012, 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. Vengono poi riportate le principali caratteristiche delle condizioni del tempo mese per mese, con particolare riguardo agli eventi meteorologici di rilievo, per i quali viene fornita una breve descrizione sia dei fenomeni sia di eventuali impatti locali.

I capitoli successivi sono dedicati ciascuno ad una variabile climatica. La prima parte di ogni capitolo riguarda l'illustrazione e la descrizione sintetica degli indicatori dell'anno 2012, 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 2012 gli indicatori attraverso i quali è possibile stimare la variabilità e le tendenze del clima nell'ultimo mezzo secolo. 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 recenti rapporti ISPRA - serie “Stato dell’Ambiente” [8, 9].

2. IL CLIMA NEL 2012

2.1 Il clima 2012 a grande scala

Il 2012 è stato nuovamente un anno più caldo della media climatologica, sia a livello globale che in Italia (**figura 2.1**). L'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma, rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, è stata di $+0.78^{\circ}\text{C}$ (www.ncdc.noaa.gov/cmb-faq/anomalies.html#anomalies) e si colloca al 7° posto della serie a partire dal 1961; dal 1986 l'anomalia termica media globale è stata sempre positiva. Tutti gli anni successivi al 2000 sono tra i 14 anni più caldi di tutta la serie storica. In Italia, il valore della temperatura media nel 2012 è stato il quarto più elevato della serie dal 1961, appena superiore a quello del 2011 (cap. 3). L'elevata media annuale 2012 dell'anomalia di temperatura in Italia ($+1.31^{\circ}\text{C}$) è il risultato della persistenza su tutto il territorio nazionale di anomalie termiche positive per quasi tutto l'anno; fa eccezione, in particolare, il mese di febbraio (**figura 3.6**). Le anomalie termiche medie hanno avuto un riflesso anche sugli indici di estremi termici, quali il numero di giorni estivi e di notti tropicali (**figure 3.14 e 3.15**), che sono stati tra i più alti delle serie a partire dal 1961 (cap. 3). Di contro, le ondate di gelo che hanno investito l'Italia nel corso dei mesi di febbraio e dicembre hanno determinato un numero medio di giorni con gelo prossimo alla media dei valori di tutta la serie dal 1961 ad oggi (**figura 3.13**). Questi elementi contribuiscono a ricordare il 2012 come un anno caratterizzato da estremi opposti e quindi climaticamente anomalo.

Le anomalie termiche positive del 2012 risultano ancora più accentuate alla superficie dei mari che circondano la Penisola (**figure 4.2 e 4.3**). La sequenza di giorni estivi con temperature molto più elevate della media stagionale ha determinato l'anomalia della temperatura superficiale dei mari italiani più elevata nell'ultimo mezzo secolo.

Il confronto tra le due serie temporali di **figura 2.1** mette in evidenza che, in generale, l'anomalia annuale della temperatura in Italia è caratterizzata da una variabilità interannuale maggiore di quella a scala globale; inoltre, negli ultimi vent'anni la serie delle anomalie termiche italiane presenta una prevalenza di valori più alti di quella globale.

L'anomalia media 2012 della temperatura globale superficiale degli oceani rappresenta il decimo valore più alto della serie. La minore consistenza della anomalia globale nel caso degli oceani è dovuta al persistere nei primi tre mesi del 2012 della fase negativa del modo di variabilità accoppiato oceano-atmosfera noto come di *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO). Tale evento, che prende il nome di *La Niña*, è iniziato nel corso dell'anno precedente e si è protratto nei primi tre mesi del 2012 per poi lasciare il posto a condizioni neutre per il resto dell'anno. Ciò ha portato al prevalere di anomalie termiche negative su gran parte dell'Oceano Pacifico nord-orientale ed equatoriale, che hanno raggiunto la massima intensità di fronte all'Alaska. In generale, si osserva che mediamente gli anni caratterizzati da condizioni di tipo El Niño nel corso dei primi tre mesi dell'anno presentano anomalie termiche globali maggiori di quelli caratterizzati negli stessi mesi da condizioni neutre. A loro volta, questi ultimi presentano anomalie termiche superiori a quelle degli anni caratterizzati dalla presenza di anomalie di tipo La Niña nei primi tre mesi dell'anno. Ciononostante, il 2012, tra gli anni caratterizzati dalla presenza de La Niña, è risultato uno degli anni più caldi.

Per quanto riguarda le precipitazioni, a livello globale i valori medi del 2012 sono stati vicini alla norma 1961-1990, ma la mappa di piovosità annuale presenta una estrema variabilità spaziale.

Nella **figura 2.2** è riportata una sintesi dei principali eventi che hanno caratterizzato il clima a scala globale nel corso del 2012.

In Australia le precipitazioni sono state molto abbondanti nel corso dei primi mesi del 2012; durante il resto dell'anno, a seguito del dissolversi de La Niña, hanno prevalso condizioni di piovosità più scarsa. I valori di piovosità inferiori alla media osservati nell'Australia occidentale tra aprile e dicembre sono stati collegati dal Servizio Meteorologico Australiano a valori di anomalia termica negativa nell'Oceano Indiano Orientale.

In relazione alla presenza di anomalie di tipo La Niña nel Pacifico equatoriale, nei primi mesi dell'anno si sono verificate condizioni di siccità estrema nel nord del Brasile, che hanno determinato gravi problemi di approvvigionamento d'acqua. Negli Stati Uniti l'estate è stata particolarmente calda

e la scarsità di precipitazioni ha determinato una siccità di gravità confrontabile con quelle verificatesi negli anni '50 del secolo scorso.

La siccità ha colpito anche la Russia, la Siberia occidentale, l'Ucraina, il Kazakistan, l'Europa centro-orientale e la Cina centro-meridionale. Avendo interessato contemporaneamente diversi continenti nel corso della stagione estiva, essa ha avuto gravi conseguenze sulla produzione agricola mondiale e in particolare su quella del mais.

In altre aree, come nell'Africa centro-occidentale, il clima è stato invece estremamente umido. Piogge di intensità estrema hanno interessato il Giappone meridionale, dove sono caduti fino a 500 mm in 24 ore, con conseguenti frane e allagamenti. In Cina sono state registrate precipitazioni di 170 mm in 16 ore, che hanno causato una delle peggiori inondazioni degli ultimi sessant'anni. In Argentina piogge molto intense e valori cumulati mensili da record sono stati registrati ad agosto nell'area intorno a Buenos Aires. Il monzone indiano, dopo un avvio tra i più deboli dall'inizio del secolo scorso, ha innescato da settembre piogge particolarmente intense nelle regioni nord-occidentali. Tra gli eventi estremi del 2012 si segnalano il tifone Sanba, che ha colpito a settembre il Giappone meridionale e le Filippine e l'uragano Sandy, che ha colpito la Giamaica, la Repubblica Dominicana, Haiti, Cuba e gran parte degli stati orientali degli USA, causando più di 250 vittime e provocando complessivamente danni per più di 50 miliardi di dollari. In ottobre, nella sua fase extra-tropicale, Sandy ha causato intense tempeste di neve e vento (*blizzard*) sulle coste orientali degli Stati Uniti, con valori record di accumuli nevosi per questo mese. In dicembre il tifone Bopha si è invece abbattuto sulle Filippine, causando più di 900 vittime e oltre 600 dispersi.

La mappa dell'anomalia media annuale del geopotenziale a 500 hPa (**figura 2.3**), mostra che nel 2012 sull'Europa meridionale e sul Mediterraneo settentrionale hanno prevalso valori superiori alla media 1961-1990, con massimi centrati tra la penisola italiana e il mar Adriatico, mentre valori inferiori alla media hanno riguardato l'Europa settentrionale, con minimi sulla penisola Scandinava. Questa configurazione è consistente con il perdurare di condizioni siccitose su gran parte dell'Europa sud-orientale e con i valori elevati di precipitazione registrati in Gran Bretagna, dove il 2012 è stato il secondo anno più piovoso dall'inizio delle osservazioni, dopo il 2000. Le intense anomalie positive presenti sia sul Mare del Labrador, sulla Groenlandia e sul Canada che sulla Russia Settentrionale, solo parzialmente rappresentate nella **figura 2.3**, hanno contribuito a determinare il record di minima estensione della calotta artica. Di contro, nel corso dei primi mesi dell'anno sono state registrate notevoli anomalie fredde su Alaska e gran parte dell'Eurasia, inclusa l'Italia.

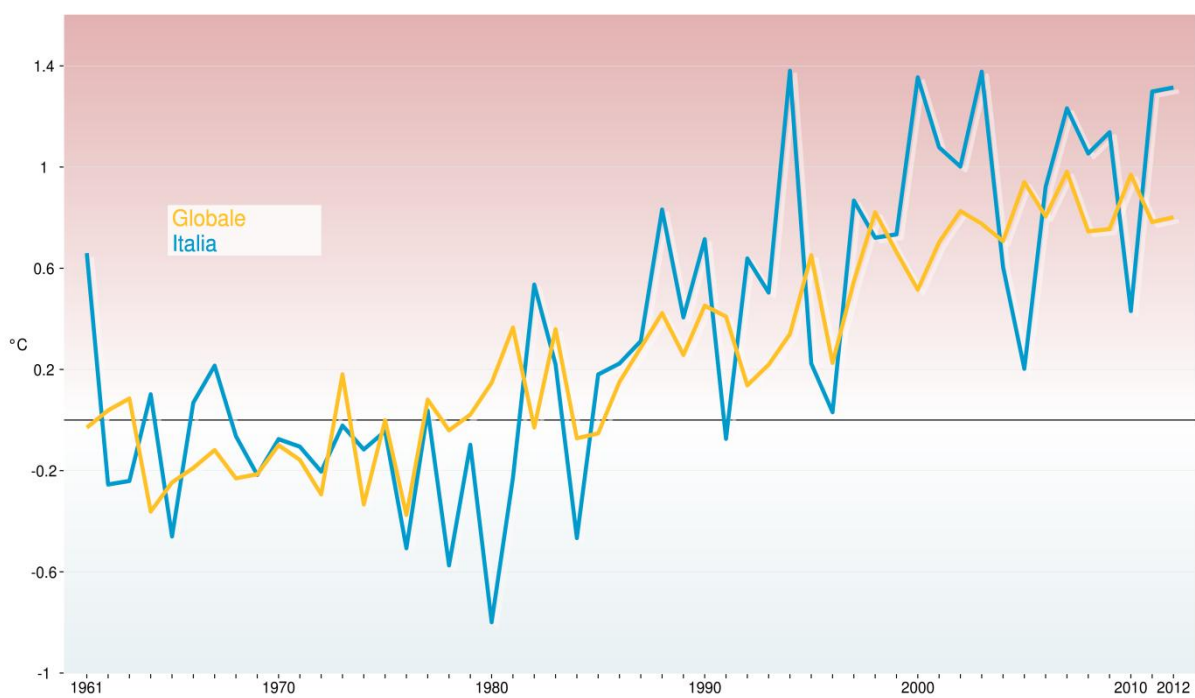


Figura 2.1: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

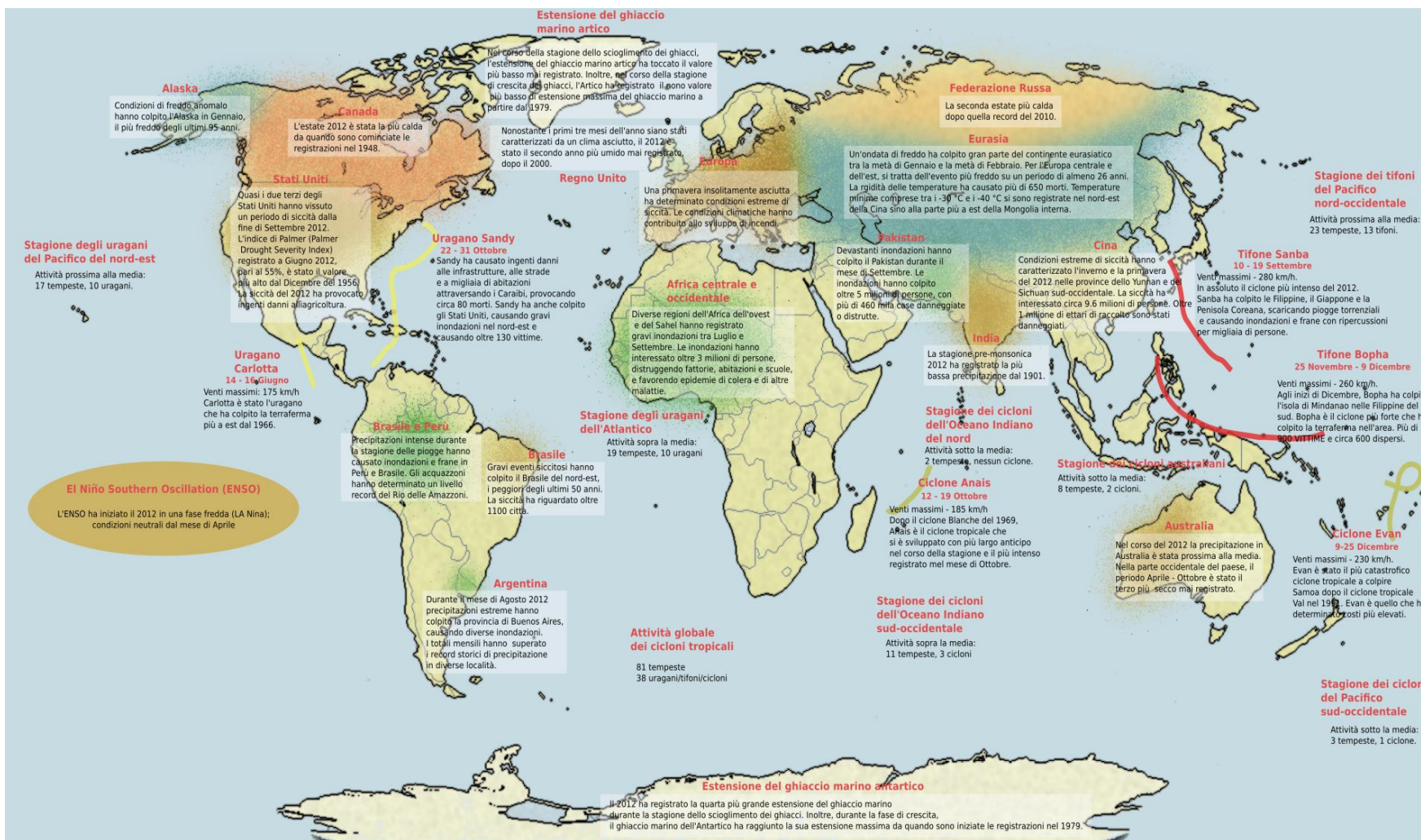


Figura 2.2: Sintesi delle principali anomalie climatiche globali verificatesi nel corso del 2012. Fonte: NOAA. Elaborazione: ISPRA.

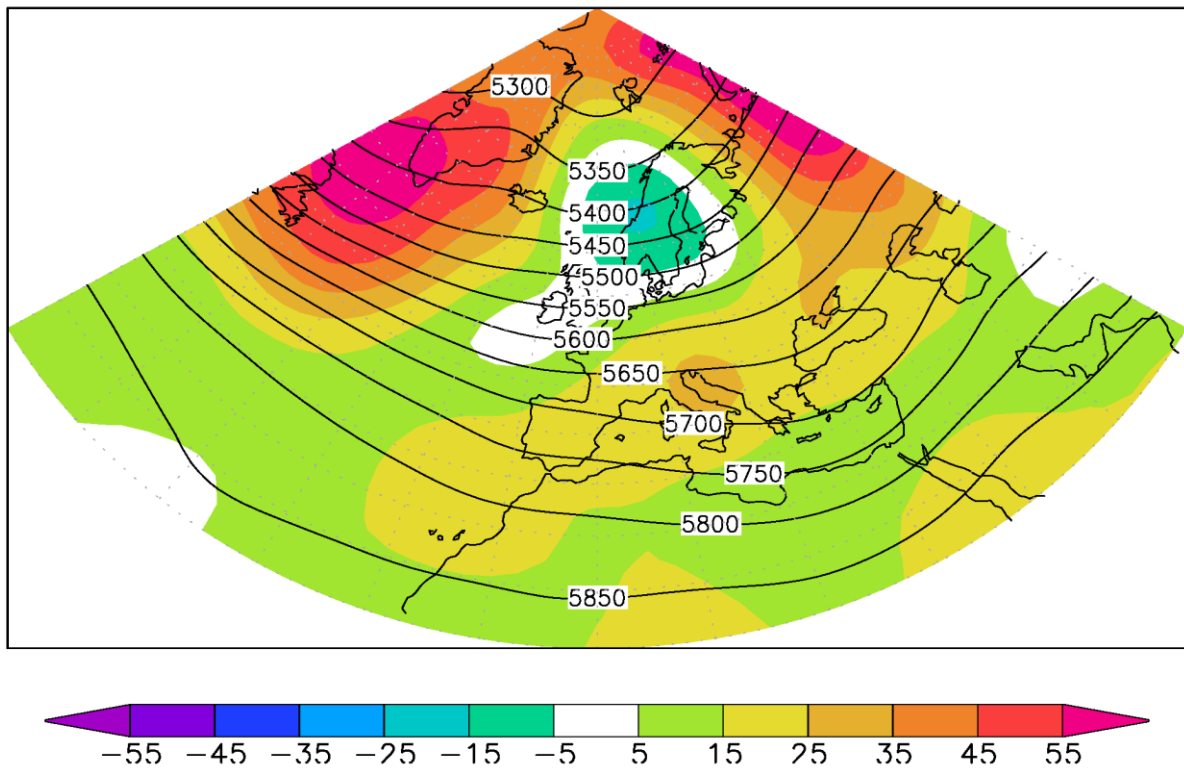


Figura 2.3: Mappa del geopotenziale medio annuale 2012. L'intervallo tra le isolinee è 50 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2012 rispetto al valore normale 1961-1990. Fonte: NCEP/NCAR.

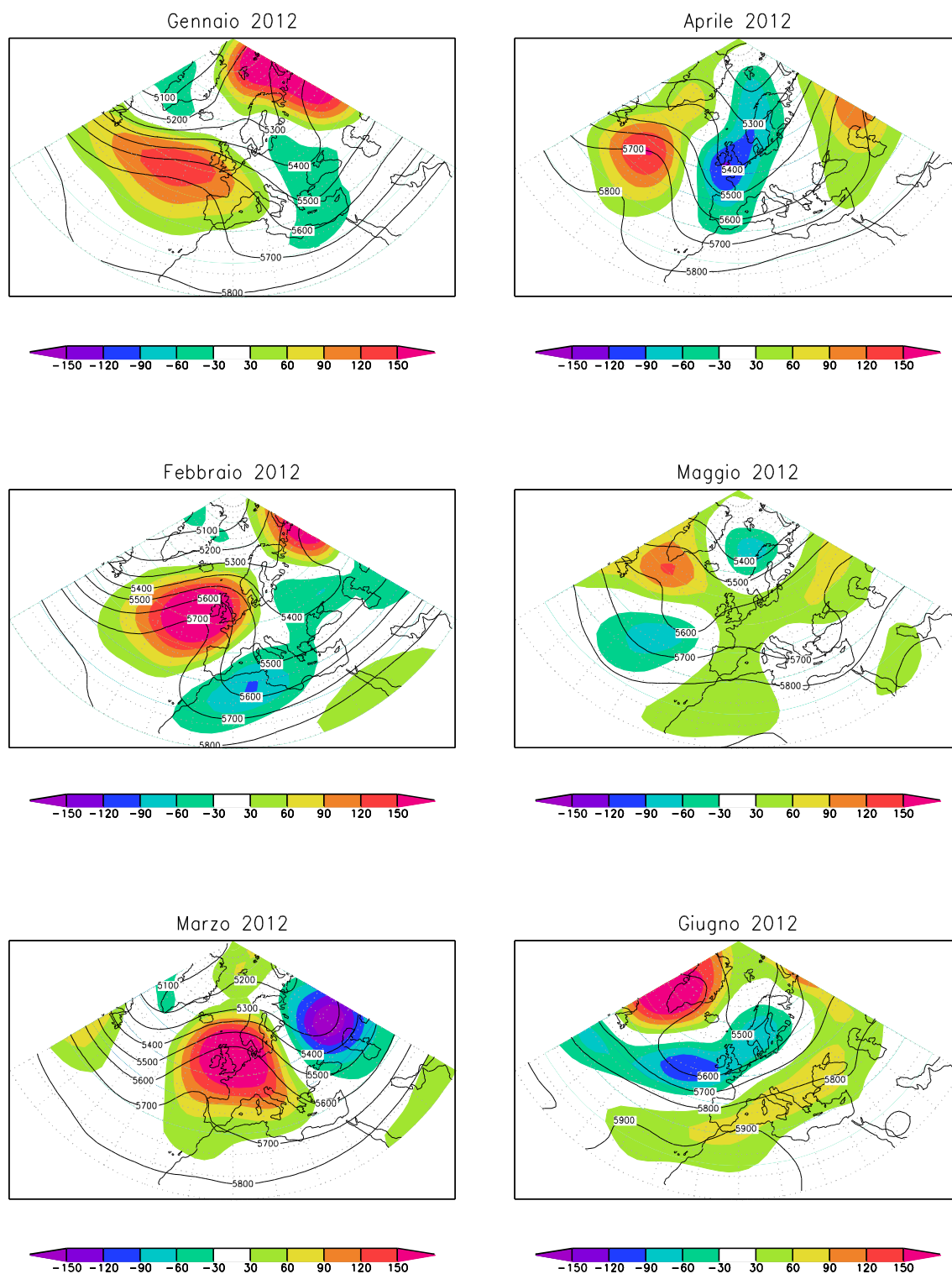


Figura 2.4a: Mappa del geopotenziale medio mensile (da gennaio a giugno) a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2012 rispetto al valore normale 1961-1990. Fonte: NCEP/NCAR.

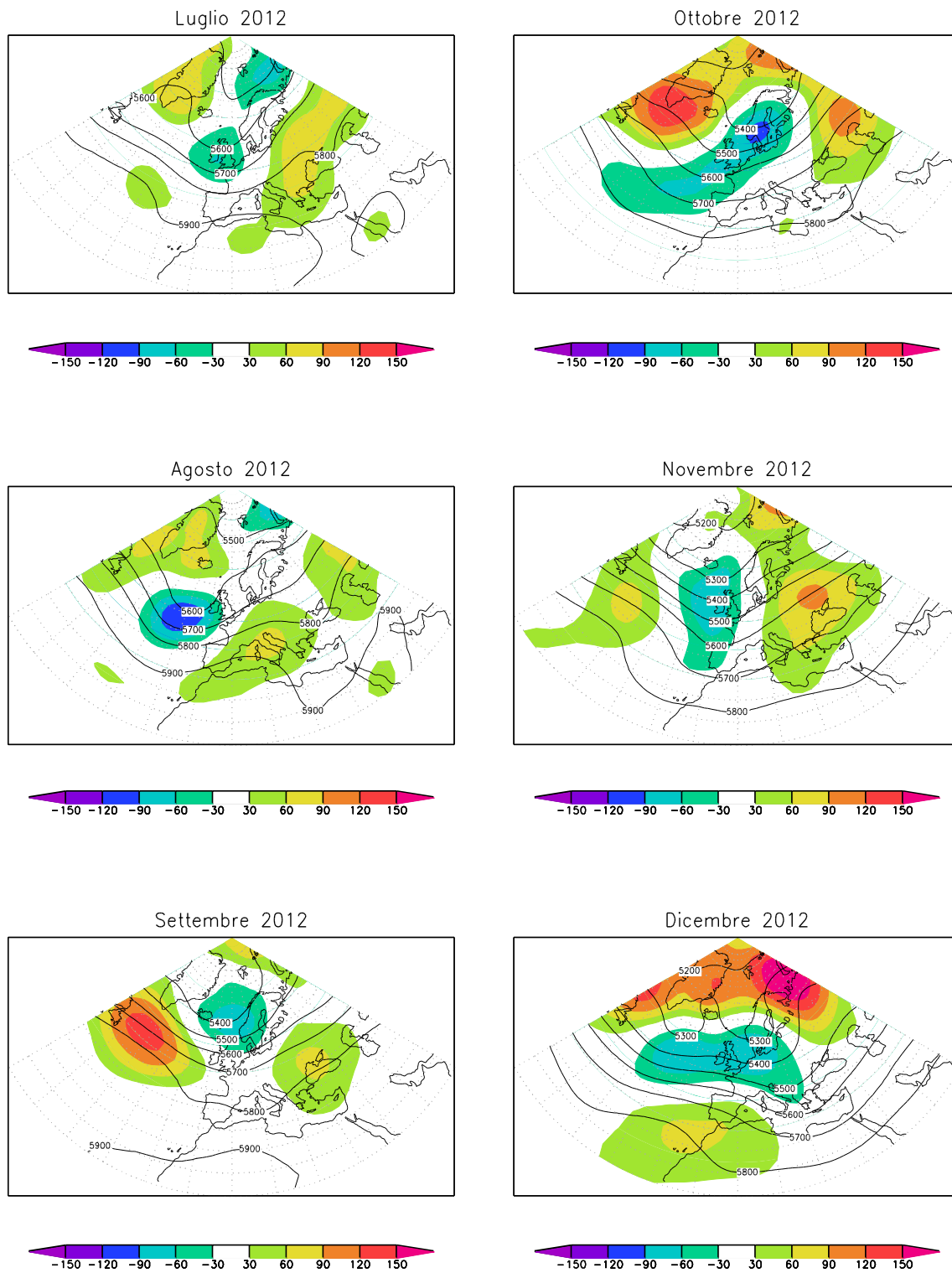


Figura 2.4b: Mappa del geopotenziale medio mensile (da luglio a dicembre) a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2012 rispetto al valore normale 1961-1990. Fonte: NCEP/NCAR.

2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia

Inverno

I primi due mesi del 2012 sono stati caratterizzati da anomalie del geopotenziale a grande scala nettamente positive sul Nord Atlantico e negative sull'Europa orientale e il Mediterraneo (**figura 2.4**). Il mese di **gennaio** è stato in Germania il più umido dall'inizio delle osservazioni (1881).

Il mese di **febbraio** è stato invece il più secco dal 1959 in Francia, il più freddo dal 1966 in Germania e il quarto più freddo dal 1961 in Spagna. Tra il 24 gennaio e il 14 febbraio gran parte dell'Asia settentrionale e dell'Europa orientale sono state investite da un'ondata di gelo che ha determinato un'ampia estensione della copertura nevosa e provocato 650 vittime.

In Italia, nel mese di gennaio le regioni centro-settentrionali sono state al riparo delle correnti fredde settentrionali e hanno pertanto registrato anomalie termiche mediamente positive (**figura 3.8a**); viceversa, le regioni meridionali sono state investite, sia pure marginalmente, dalle correnti più fredde e hanno registrato anomalie termiche negative. Per quanto riguarda le precipitazioni, le correnti settentrionali poco umide hanno fatto registrare su tutta la Penisola precipitazioni inferiori alla media climatologica di gennaio.

A partire dal 28 gennaio l'Italia è stata investita da un'ondata di maltempo. A Torino, presso la stazione di Giardini Reali, sono caduti 7 cm di neve nella giornata del 28 ed altri 17 cm (che rappresentano il massimo valore giornaliero dall'inizio del secolo) il 29; il 2 febbraio l'altezza del manto nevoso ha raggiunto 37 cm, il valore più elevato dal 16 Gennaio 1987. Negli stessi giorni, lo spessore nevoso ha raggiunto 50 cm tra il Savonese e il Cuneese.

Tra il 31 gennaio e il 14 febbraio molte regioni italiane sono state investite da ripetute bufere di neve, con accumuli eccezionali. Nello stesso periodo le temperature minime hanno raggiunto valori record grazie alla combinazione di avvezione fredda continentale da est, ampia estensione della copertura nevosa ed intenso raffreddamento notturno nelle notti serene.

Le temperature medie mensili di febbraio (**figura 3.9**) denotano la presenza di anomalie termiche negative su tutto il territorio nazionale. Le anomalie mensili, tuttavia, non recano il segno dell'eccezionalità dei valori minimi raggiunti in molte regioni, poiché nell'ultima decade l'arrivo improvviso dell'anticiclone delle Azzorre ha determinato un notevole aumento delle temperature, fino a valori record per questo mese delle massime giornaliere. Ciò ha determinato escursioni termiche dell'ordine di 35-40°C, più tipiche di un intero anno che di un singolo mese. In Piemonte, lo scarto maggiore tra la massima e la minima assolute è stato raggiunto a Castell'Alfero (AT) con 46.7°C: valore minimo di -23.2°C il 7 febbraio e massimo di 23.5°C il 29 febbraio.

In Emilia-Romagna le temperature particolarmente basse hanno reso la neve estremamente leggera e poco densa. A Bologna sono caduti in tutto circa 100 cm di neve fresca, mentre in Romagna il manto nevoso ha raggiunto spessori massimi di circa 3 metri: 305 cm a Novafeltria (285 m s.l.m.), 281 cm a Diga di Quarto (325 m s.l.m.) e 253 cm a Santa Sofia (290 m s.l.m.). Questi valori sono superiori a quelli rilevati in occasione delle nevicate storiche del 1929, del 1956 e del 1985. La **figura 2.5** presenta alcune foto del manto nevoso a Bologna e in Romagna nel corso di questo evento.

In Piemonte, tutti i capoluoghi di provincia hanno fatto registrare valori record delle temperature minime tra il 6 e il 7 febbraio, ad eccezione di Verbania che l'ha segnato il 4 febbraio: Novara -15.6°C, Biella -9.8°C, Vercelli -19.3°C, Torino Giardini Reali -12.8°C, Torino Vallere -17.6°C, Asti -20.5°C, Cuneo -13.9°C, Alessandria -19.0°C, Verbania -7.5°C. In pianura, la temperatura minima più bassa è stata registrata la mattina del 6 febbraio a Villanova Solaro (CN), con -23.8°C. In molte località sono stati battuti i record precedenti di temperatura minima che risalivano al febbraio del 1956 (**figura 2.6**).

Anche in Liguria le temperature sono state molto più basse della norma; il valore minimo (-22.0°C) è stato toccato il 6 febbraio a Sassello (366 m s.l.m.) e rappresenta il valore più basso negli ultimi 10 anni di misurazioni. Temperature minime molto basse sono state misurate anche a Poggio Fearza (IM, 1750 m s.l.m.), con -15.6 °C e Cairo Montenotte Inferiore (SV, 400 m s.l.m.), con -15.7 °C. Anche lungo la costa le temperature si sono attestate su valori decisamente inferiori alla norma.

Dal 2 al 6 febbraio, a Trieste la temperatura è rimasta costantemente sotto zero, con raffiche di bora superiori ai 130 km/h; sono seguiti altri tre giorni di ghiaccio con bora eccezionalmente forte e raffiche oltre i 150 km/h nella notte tra il 10 e l'11 febbraio, che hanno causato danni ingenti.

In Toscana l'ondata di freddo del mese di febbraio è stata tra le più intense dalla metà degli anni '50.

In generale, il freddo ha investito un po' tutte le regioni italiane e la neve ha coperto gran parte della Penisola. E' nevicato anche a Roma, nella notte tra venerdì 3 e sabato 4 febbraio. La nevicata è stata abbondante, confrontabile con quelle del 1985 e del 1986 (**figura 2.7**). Gli accumuli sono stati maggiori nei settori settentrionali e orientali della città dove hanno raggiunto e superato i 20 cm, mentre nell'area a nord di Roma lungo la via Cassia hanno sfiorato i 50 cm.

Anche in Sardegna sono stati registrati episodi di freddo intenso. La temperatura, oltre a raggiungere valori minimi giornalieri eccezionali, è rimasta su valori particolarmente bassi per molte ore, determinando in molti casi condizioni critiche. Di particolare rilievo le temperature minime registrate a Gavoi (-17.0 °C) e a Illorai (-15.5 °C), che sono in assoluto le temperature più basse mai registrate in Sardegna dall'inizio delle osservazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. Le basse temperature sono state accompagnate da ripetute nevicate, che l'11 febbraio hanno raggiunto il livello del mare nella parte settentrionale dell'isola, interessando località come Alghero e Stintino. Per trovare un evento nevoso più duraturo bisogna tornare indietro al febbraio del 1956. Le temperature molto basse e le gelate intense e persistenti di febbraio hanno causato in gran parte della regione un rallentamento del ciclo vegetativo delle colture foraggere.

Primavera

Già nell'ultima decade di febbraio si è verificato un netto cambiamento della circolazione a grande scala. La prima decade di **marzo** è stata contrassegnata da diversi intensi episodi di maltempo, che hanno causato localmente danni a proprietà, coltivazioni ed infrastrutture. Il 7 marzo un violento nubifragio ha interessato la piana di Catania (160 mm in 2 ore a Lentini), provocando la chiusura dello scalo aeroportuale anche a causa dello spesso strato di grandine. Il giorno 9 venti fino a 100 km/h hanno gravemente danneggiato le coltivazioni in serra della Sicilia centro-orientale, oltre a provocare black-out e crollo di cornicioni e alberi. In aggiunta, oltre 200 mm di pioggia hanno costretto all'apertura delle paratie dell'invaso artificiale sul fiume Dirillo, la cui esondazione ha provocato l'allagamento di vaste colture in serra scampate al vento.

Dopo la prima decade di marzo, un robusto anticiclone si è stabilizzato sull'Europa centro-settentrionale (**figura 2.4**) e ha interessato tutte le regioni italiane. Ciò ha determinato una forte anomalia termica positiva e una diminuzione delle precipitazioni, più netta al Centro-Nord, dove le cumulate mensili sono state decisamente inferiori ai valori normali. La persistenza di condizioni stabili ha portato le temperature a valori massimi mai registrati nel mese di marzo: 27.0°C a Bologna, 27.7°C ad Alessandria Lobbì.

In Gran Bretagna il mese di **aprile** è stato il più fresco dal 1989 ed in Francia è stato il più piovoso dal 1959, nonché il quinto più piovoso dall'inizio delle misurazioni. Di contro, in Austria la primavera 2012 è stata la più calda dall'inizio delle misurazioni (1767) e alla fine di **maggio** l'estensione della copertura nevosa sul continente euroasiatico è stata la più bassa dal 1967, anno di inizio delle osservazioni.

In Italia hanno prevalso venti umidi e temperati da nord-ovest ad aprile e da ovest a maggio. In entrambi i mesi, le temperature medie sono state superiori alla norma. Le piogge sono tornate su gran parte delle regioni italiane, mitigando momentaneamente le condizioni di estrema siccità che si sono poi nuovamente aggravate nel corso dell'estate.

Gli eventi meteorologici degni di nota nei mesi primaverili sono stati pochi, ad eccezione di numerose grandinate verificatesi nella prima decade di aprile. Tra di esse quella eccezionale del 4 aprile a Mordano (BO), dove è stato necessario richiedere l'intervento dei mezzi sgombraneve.

Estate

L'estate del 2012 è stata caratterizzata da un forte deficit pluviometrico e da forti anomalie termiche positive che l'hanno resa la seconda più calda dopo il 2003. Si sono pertanto determinate condizioni di siccità su gran parte del territorio nazionale, con gravi conseguenze per l'agricoltura.

Come si può notare dalla **figura 2.4**, queste anomalie climatiche sono state contrassegnate dallo spostamento a nord della corrente atlantica. Nel mese di **giugno** il flusso sull'Europa è stato prevalentemente zonale, con asse centrato sull'Europa centro-settentrionale. In Spagna sono state registrate le temperature più elevate per questo mese dal 1960; in Gran Bretagna sono state registrate le precipitazioni cumulate più elevate dal 1910. Anche in Italia le anomalie termiche sono state

positive e intense su tutte le regioni, mentre le precipitazioni sono state nettamente inferiori alla norma.

La prima parte del mese è stata caratterizzata dal passaggio di transienti di matrice atlantica, associati a piogge piuttosto estese e intervallati da giornate più calde. A partire da metà mese la circolazione è diventata più stabile e le temperature sono aumentate sensibilmente. L'afflusso di correnti calde ed umide dal Mediterraneo ha generato condizioni di disagio e i fenomeni convettivi, sebbene ancora presenti e localmente intensi, hanno attenuato l'afa solo parzialmente.

In Piemonte il mese di giugno del 2012 è stato il terzo più caldo dall'inizio delle osservazioni, superato solo dal 2003 e dal 2002. La temperatura massima assoluta, 34.5°C, è stata rilevata il 25 giugno. Negli stessi giorni, in Toscana si sono raggiunti 36.4°C ad Arezzo, 34.6°C a Pisa e 35.4°C a Grosseto. A Bologna, la massima di 38.3°C è stata raggiunta il 1° luglio. In Friuli, tra il 19 e il 20 giugno, sono stati superati 35.0°C in pianura (35.8°C a Gorgo, UD) e 34.0°C sulla costa (34.6°C a Lignano, UD).

I temporali più intensi si sono verificati l'11 giugno a Trieste e nell'Isontino, con chicchi di grandine fino a 5 cm e danni rilevanti, nel corso di una sequenza di due giorni e mezzo di temporali continui e molto intensi. Altri temporali si sono verificati a Venezia il 23 Giugno e a Torino e ad Asti, rispettivamente il 12 e il 21 giugno. Il 12 Giugno in 2 ore sono stati misurati 46.8 mm a Torino Giardini Reali e 67 mm a Torino Reiss Romoli.

Nel mese di **luglio** il flusso zonale si è solo lievemente indebolito. In Spagna, la persistenza di condizioni siccitose e di temperature elevate ha favorito il diffondersi di numerosi incendi boschivi, che hanno causato 4 vittime e 47 feriti. L'estensione dei ghiacciai artici ha raggiunto il secondo valore più basso dall'inizio delle osservazioni.

In Italia le anomalie termiche hanno mantenuto il segno positivo, mentre le precipitazioni sono state nettamente inferiori alla norma al Centro-Nord e mediamente circa il doppio della norma al Sud, a causa soprattutto di intensi eventi convettivi che hanno interessato le regioni meridionali.

Gli eventi più rilevanti di luglio sono state le due ondate di calore associate ad un'estensione dell'anticiclone africano. La prima si è verificata nella prima metà del mese ed ha determinato temperature superiori a 40°C su diverse località dell'Italia meridionale, segnatamente in Sicilia e in Puglia. In Friuli il 2 luglio sono state registrate temperature comprese tra 34 e 38°C tra la pianura e la costa, mentre la temperatura del mare ha registrato il record per questo mese dall'inizio delle osservazioni: 28°C. La seconda ondata di calore è arrivata a fine mese, quando sono stati raggiunti, il giorno 28, 39°C a Bologna e 40°C sul Tavoliere delle Puglie.

Alle onde di calore si sono alternati passaggi di aria instabile, con sviluppo di temporali. Tra i più rilevanti, quelli che il 21 luglio hanno investito Verona, Vicenza e Treviso con tempeste di pioggia, vento e grandine; successivamente i temporali hanno interessato il Friuli-Venezia Giulia, dove il giorno 23 la bora ha soffiato con raffiche fino a 125 km/h. Nel pomeriggio la grandine ha imbiancato le colline emiliane, mentre un'altra linea temporalesca che si è sviluppata sull'Appennino Romagnolo ha colpito con grandine il Riminese e il Pesarese. Il giorno 23 nubifragi e temporali hanno interessato di mattina la Calabria e di pomeriggio la Sicilia (fino a 130 mm di precipitazione cumulata), la Sardegna orientale, il Lazio e la Campania.

Ad **agosto** le anomalie a grande scala hanno ripreso intensità, mantenendo una configurazione simile a quella dei due mesi precedenti. In Spagna il mese di agosto è stato il secondo più caldo dal 1961, dopo il 2003. In Gran Bretagna l'estate 2012 è stata la seconda più piovosa in 103 anni di misurazioni, dopo il 1912. La siccità, con gravi impatti sull'agricoltura, ha interessato specialmente la penisola Iberica, l'Italia e l'Est Europa. Le anomalie della circolazione sul Nord Atlantico e sull'Artico hanno contribuito ad intensificare lo scioglimento della calotta polare, che al termine dell'estate ha registrato la seconda estensione più bassa dal 2007.

In Italia le temperature sono rimaste molto alte per gran parte del mese di agosto, nonostante alcune fasi instabili contrassegnate da temporali locali anche di forte intensità. Al Nord si è chiusa la seconda estate più calda dal 1961, dopo il 2003.

Nel corso del mese si sono susseguite diverse ondate di calore. Nella prima settimana di agosto temperature comprese tra 40 e 42°C sono state registrate nel Tavoliere delle Puglie, nel Campidano e nel Catanese; a Roma si sono raggiunti 39°C. Il giorno di Ferragosto sono state registrate temperature di circa 35 °C in Toscana, Emilia-Romagna e Friuli Venezia Giulia. Il giorno 21 nella pianura piemontese si sono registrati in media 34.9°C con massimo di 39.5°C a Sezzadio (AL); ben 17 stazioni hanno superato i record storici dell'agosto 2003. Le temperature elevate, combinate alla quasi totale assenza di piogge, hanno inasprito le condizioni di siccità nelle regioni del Centro-Nord. In molte

località dell'Emilia-Romagna non è stata registrata alcuna precipitazione dal 1° giugno al 31 agosto. In Friuli Venezia Giulia l'Isonzo è rimasto senza acqua e gli impianti irrigui sono stati disattivati su grandi estensioni di terreno, con gravi danni per le coltivazioni.

Non sono comunque mancati fenomeni convettivi locali, anche molto intensi. Tra i più rilevanti i temporali che si sono sviluppati in Piemonte tra il 4 e il 6 agosto: a Trivero (BI) è stata raggiunta l'intensità massima di 43.2 mm in un'ora. I temporali sono stati accompagnati da intense grandinate con chicchi fino a circa 5 cm di diametro e da forti raffiche di vento, con punte il giorno 4 a Buttigliera d'Asti (AT) (raffiche di 67 km/h) ed il 6 a Cameri (NO) (raffiche di 110 km/h). Negli stessi giorni a Vipiteno (BZ) un nubifragio ha scaricato circa 80 mm di pioggia in 6 ore provocando due vittime, a seguito del crollo di un'abitazione invasa da una colata detritica (**figura 2.8**).

Il 25 agosto una nuova intensa cella temporalesca si è sviluppata in Piemonte; i maggiori quantitativi di pioggia sono stati misurati nelle province di Verbania e Biella con massimi nelle stazioni di Pallanza (VB, 65.6 mm in un'ora e 93.0 mm in 3 ore, tempo di ritorno stimato 50 anni), Camparient (BI, 93.8 mm in 3 ore, tempo di ritorno tra i 20 e i 50 anni), Biemonte (BI, 57 mm in un'ora). L'anemometro di Pallanza (VB) ha registrato una raffica di 108 km/h, massima intensità rilevata dalla stazione dalla data dell'installazione (1 gennaio 2000).

Autunno

A **settembre** le correnti atlantiche si sono leggermente intensificate e sono arrivate a lambire il Mare del Nord e le coste della penisola scandinava; la Gran Bretagna ha registrato il settembre più freddo dal 1994.

In Italia questo mese ha segnato la conclusione di un lungo periodo complessivamente siccitoso, iniziato nell'agosto 2011. Il tempo è stato perturbato per gran parte di settembre, con anomalie termiche ancora positive su tutto il territorio nazionale, ma molto ridotte rispetto ai mesi estivi e piogge abbondanti in tutto il Centro-Nord.

Tra gli eventi più rilevanti, i nubifragi che si sono abbattuti su Lipari (ME) il 15 settembre, dove sono stati misurati 54 mm di precipitazione in un'ora e 71 mm in 90 minuti; i rovesci hanno causato colate di fango e detriti e l'esonazione dei torrenti Calandra e Aurora. Il 19 settembre un nubifragio si è abbattuto su Cisterna di Latina (LT), scaricando circa 85 mm di pioggia in un'ora (tempo di ritorno stimato tra 100 e 200 anni) e causando una frana. L'evento con impatti più rilevanti ed estesi si è verificato nei giorni 26 e 27, quando una linea di forte instabilità ha interessato diverse regioni del Centro-Nord. In Lunigiana rovesci e temporali stazionari hanno fatto registrare tra 200 e 250 mm di precipitazione massima giornaliera sui rilievi appenninici nell'area di Pontremoli (MS).

In Piemonte, i maggiori quantitativi di pioggia sono caduti nella provincia di Verbania, con un totale cumulato sull'evento di 314 mm a Cursolo (VB) (**figura 2.9**). L'analisi delle intensità di precipitazione ha evidenziato valori particolarmente elevati per le brevi durate (1-6 ore), con tempi di ritorno stimati di circa 50 anni. I valori massimi di intensità sono stati rilevati dal pluviometro di Cicogna (VB), dove sono stati registrati 60.8 mm in un'ora, 88.8 mm in 3 ore e 98.4 mm in 6 ore. A Cursolo (VB) si sono registrate intensità di 58.4 mm in un'ora, 102.4 mm in 3 ore e 108.4 mm in 6 ore.

Intensità di precipitazione molto elevate sono state misurate anche in Friuli Venezia Giulia: a Palluzza (PN) sono caduti 60 mm in un'ora e 150 mm in 4 ore.

In **ottobre** le correnti d'alta quota sull'Europa si sono spostate più a sud. Questa configurazione a grande scala ha determinato di nuovo temperature molto basse in Gran Bretagna, tanto che in Scozia quello del 2012 è stato il settimo ottobre più freddo dall'inizio delle misurazioni; in Finlandia sono stati registrati record di precipitazione mensile su diverse stazioni.

In Italia hanno prevalso condizioni tipicamente autunnali, con piovosità in linea con i valori normali, ma con temperature ancora superiori alla norma di 1 o 2°C.

Anche in questo mese non sono mancati eventi molto intensi, peraltro tipici di questa stagione, alimentati anche dal calore latente messo a disposizione dalle masse d'aria sovrastanti i mari italiani, che all'inizio dell'autunno presentavano temperature superficiali superiori alla media di 3-4 °C.

Nella mattinata del 9 ottobre, una linea d'instabilità ha generato intensi fenomeni convettivi tra bassa Lucchesia e alto Pisano, dove sono caduti fino a 160 mm di pioggia in 4 ore. La massima intensità oraria di pioggia (88 mm) è stata misurata a Pieve di Compito (LU). In concomitanza del forte nubifragio sono stati segnalati numerosi smottamenti, allagamenti e interruzioni della viabilità.

Altri eventi meteorologici rilevanti si sono concentrati nell'ultima decade del mese, in gran parte

associati al passaggio di una saccatura atlantica che ha portato venti intensi. Il mare ha provocato danni sulla riviera di Ravenna e si sono verificate condizioni di acqua alta a Grado e a Venezia, dove il livello ha raggiunto i 140 cm.

Il 26 ottobre un nubifragio ha colpito la Liguria nella zona di Sestri Levante, dove sono caduti 152 mm di pioggia in 6 ore e 184 mm in 12 ore, causando l'esonazione dei torrenti Petronio e San Lazzaro. Piogge molto forti sono cadute anche nello Spezzino: a Piana Battolla sono caduti 153 mm di pioggia in 6 ore e 208 mm in 12 ore; sul crinale emiliano e in Lunigiana sono state registrate cumulate massime di circa 200 mm in 24 ore e 120-150 mm in 6 ore.

Il giorno successivo, altri rovesci e temporali si sono abbattuti sulle Alpi Apuane, dove sono caduti 250-280 mm in 36 ore e 100-120 mm in 6 ore.

La velocità media del vento tra Mar Ligure e Tirreno settentrionale si è mantenuta costantemente su livelli di burrasca, con raffiche fino a 100-110 km/h. Conseguentemente il moto ondoso è aumentato rapidamente su tutta l'area, con altezza d'onda significativa che in prossimità dell'Isola di Gorgona ha raggiunto i 6 metri con un massimo di 6.4 metri tra le 7 e le 9 di mattina del 28 ottobre (**figura 2.10**).

Il mese di ottobre si chiude con rovesci nel Lazio; a Esperia (FR), sono caduti 96 mm in 6 ore e 140 in 12 ore; a Gaeta gli allagamenti hanno provocato la morte di una donna.

A **novembre** l'asse della saccatura quasi stazionaria si è disposto in direzione meridiana, favorendo l'ingresso nel Mediterraneo delle perturbazioni atlantiche. Piogge insistenti sono cadute sulla Gran Bretagna tra il 19 e il 26 del mese, causando estesi allagamenti. Anche in Spagna è piovuto molto intensamente nel corso del mese.

In Italia, al Centro-Nord le piogge hanno superato in media del 50% i valori normali, mentre al Sud sono state nella norma. Le temperature sono rimaste 2-3°C al di sopra dei corrispondenti valori climatologici mensili.

Dal 3 al 5 del mese notevoli quantità di pioggia sono cadute sulla riviera ligure di levante, sul Trentino Alto Adige e sui rilievi friulani; sulle Prealpi Giulie, sono caduti in totale oltre 300 mm di pioggia.

Sull'Appennino Emiliano le precipitazioni (250 mm a Lago Ballano, PR, 1339 m s.l.m.) hanno provocato le piene dei fiumi Taro, Parma, Enza, Secchia, Panaro e Reno. Negli stessi giorni il vento ha soffiato intensamente sul crinale appenninico e in Romagna, con raffiche fino a 153 km/h a Lago Scafiolo (MO).

Tra il 9 e il 13 novembre una profonda saccatura estesa dal Nord Atlantico fino a sud dello stretto di Gibilterra, ha attivato un flusso sostenuto di correnti miti ed umide meridionali lungo le coste tirreniche. Nel corso dei giorni successivi si sono verificate condizioni di marcata instabilità favorevoli alla formazione di intensi sistemi convettivi, uno dei quali ha interessato in particolare i bacini idrografici dei torrenti Carrione e Frigido in provincia di Massa Carrara. Nella zona di Carrara sono state registrate intensità massime di precipitazione di 60 mm in un'ora, 190 mm in 6 ore, 230 mm in 12 ore e fino a 280 mm in 6 ore sui rilievi subito a ridosso della città (**figura 2.11**). I tempi di ritorno delle massime piogge cumulate su 3 ore hanno superato i 50 anni per gran parte dei pluviometri presenti nell'area e per alcuni di essi sono stati stimati tempi di ritorno compresi tra 100 e 500 anni. Nelle stesse ore, sul crinale emiliano sono caduti 200 mm in 24 ore a Lagdei (PR), 150 mm in 12 ore a Lago Ballano (PR), 120 mm in 6 ore a Montecatone delle Alpi (BO) e 107 mm in 6 ore a Doccia di Fiumalbo (MO). I tempi di ritorno stimati sono compresi in genere tra 5 e 20 anni, ma per le intensità su 6 ore hanno raggiunto un picco di circa 50 anni a Montecatone delle Alpi e di 100 anni a Doccia di Fiumalbo.

Piogge intense sono cadute anche sulle altre regioni settentrionali. In Veneto hanno provocato una piena del fiume Bacchiglione; diverse frane si sono attivate nel territorio della provincia di Bolzano. In Friuli, sulle Prealpi Carniche, sono piovuti 400 mm in 24 ore, mentre il vento intenso ha portato acqua alta tra Lignano e Grado e a Venezia, dove ha raggiunto i 150 cm.

Il 12 novembre, nuovi intensi temporali stazionari e autorigeneranti hanno interessato la Maremma, il basso senese e l'Arcipelago Toscano. Nella zona di Grosseto, sui bacini dell'Ombrone, dell'Albegna, dell'Osa, del Bruna e del Fiora, si sono registrate precipitazioni cumulate massime tra 300 e 400 mm in circa 30 ore. I tempi di ritorno delle piogge cumulate in 12 ore risultano compresi tra 100 e 500 anni e per le cumulate su 24 ore sono stati stimati tempi superiori addirittura a 500 anni (**figura 2.11**). Le conseguenze sono state catastrofiche. Nei pressi della località Marsiliana nel comune di Manciano (GR) il crollo del ponte sul fiume Albegna ha provocato tre vittime, mentre due vittime sono state causate dall'esonazione del fiume Chiarone e una dall'esonazione di un canale presso il Lago di Burano. L'esonazione di vari corsi d'acqua ha causato allagamenti e danni ingenti nelle campagne tra i fiumi Ombrone, Albegna, Fiora e Paglia e nel centro abitato di Albinia (comune di Orbetello),

completamente allagato a causa dell'esondazione del fiume Albegna. Nella provincia di Grosseto sono state evacuate complessivamente circa 700 persone.

E' stato colpito anche il patrimonio artistico, con il crollo di un bastione rinascimentale e di un tratto delle mura di Magliano. Diverse vie di comunicazione, tra cui la strada statale Aurelia e la linea ferroviaria Tirrenica, sono state interrotte. A Grosseto si è registrata una piena record dell'Ombrone, rimasto in golena per tre giorni; le frazioni di Risposcia e Alberese sono rimaste isolate per due giorni. L'evento è paragonabile all'alluvione che colpì Grosseto il 4 novembre 1966, con la differenza che nel 1966 i danni maggiori si registrarono lungo la Valle dell'Ombrone, mentre nel 2012 è stato colpito più duramente il settore meridionale della provincia. Negli stessi giorni è piovuto intensamente in Umbria, con i valori massimi ad Allerona (TR) di 144 mm in 12 ore, 212 mm in 24 ore e 307 mm in 72 ore; sono esondati il fiume Paglia a Orvieto (TR) e il fiume Fabro. Nel Lazio le intensità massime sono state registrate a Montalto di Castro (VT) con 176 mm in 12 ore, 209 mm in 24 ore e 220 mm in 72 ore e sono esondati il fiume Fiora e, in alcuni tratti, il Tevere.

Il 27 novembre, in Toscana, una tromba marina si è formata davanti a Vada, spostandosi poi verso l'interno, dove ha scoperchiato alcuni tetti, sradicato alcuni pini e provocato altri danni nell'abitato di Rosignano Solvay (LI). Tra la sera del 27 e le prime ore del 28, un nuovo violento temporale stazionario si è abbattuto sulla provincia di Massa-Carrara e a Carrara sono state misurate precipitazioni cumulate fino a 170 mm in circa 3 ore. Le piogge hanno fatto esondare i torrenti Parmignola e Carrione. Ancora il giorno 27 forti temporali autorigeneranti si sono abbattuti su gran parte della Toscana; il più intenso ha colpito un'area che si estende dalle Coline Metallifere all'Alto Mugello, con cumulate massime fino a 70-80 mm in 6 ore e circa 60 mm in 2-3 ore.

A Pomarance (PI) e a Firenze si sono verificati numerosi allagamenti e interruzioni della viabilità. Nel capoluogo si sono inoltre verificate preoccupanti piene del torrente Mugnone e del Fosso Macinante.

Il 28 novembre una supercella temporalesca si è sviluppata sulla Calabria e una tromba d'aria ha colpito l'area industriale di Taranto; un operaio al lavoro su una gru nello stabilimento dell'ILVA ha perso la vita; nell'abitato di Statte (TA) sono stati scoperchiati i tetti di diverse case.

Infine il giorno 30, in Liguria, un nubifragio ha colpito Marinella di Sarzana (SP), dove sono piovuti 104 mm in un'ora e 167 mm in 3 ore.

Dicembre

A **dicembre** l'asse delle correnti atlantiche è tornato verso nord e un'anomalia positiva di geopotenziale ha interessato parte del Mediterraneo orientale, lambendo l'Italia e ostacolando l'ingresso delle perturbazioni atlantiche nel Mediterraneo (**figura 2.4**).

Gran parte dell'Europa settentrionale e dell'Asia centro-orientale è stata investita da un'ondata di freddo. In Russia è iniziato l'inverno più freddo dal 1938 e in Cina il più freddo dal 1984. Nel nord della Svezia il mese di dicembre del 2012 è stato il più freddo dal 1986, e in Norvegia è stato l'undicesimo anno più freddo dall'inizio delle osservazioni. La calotta artica ha mantenuto un'estensione ridotta e a fine anno ha assunto il secondo valore più basso dall'inizio delle osservazioni, dopo il 2010.

In Italia le temperature si sono mantenute poco al di sotto dei valori climatologici, mentre le piogge sono state nettamente inferiori ai valori normali al Nord e solo leggermente inferiori ai valori normali al Centro e al Sud.

Con la circolazione più stabile, nel mese di dicembre si segnalano solo due eventi meteorologici intensi. Il 4 dicembre sono cadute piogge abbondanti a Lucca, con intensità massime di 29 mm in un'ora, 62 mm in 2 ore e 106 mm in 6 ore, che hanno provocato allagamenti ed esondazioni del fiume Lucchese. Il 14 e il 15 piogge persistenti hanno interessato le Alpi Apuane e l'Appennino Tosco-Emiliano, con cumulate massime a Campagrina (800 m s.l.m.) comprese tra 300 e 350 mm in 36 ore.



Figura 2.5: *Manto nevoso a Bologna e in Romagna nel corso del mese di febbraio 2012. Fonte: ARPA-SIMC Emilia-Romagna.*



Figura 2.6: Lago Grande di Avigliana (TO) ghiacciato all'inizio di febbraio 2012. Il lago Grande gela solo negli inverni eccezionali: si ricordano febbraio 1956 e gennaio 1985. Fonte: ARPA Piemonte.



Figura 2.7: *I fori romani sotto la neve il 4 febbraio 2012. Fonte: Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.*



Figura 2.8: Frana in Val di Vizze (BZ) a seguito delle precipitazioni del 4 agosto 2012. Fonte: servizio meteorologico della Provincia Autonoma di Bolzano.

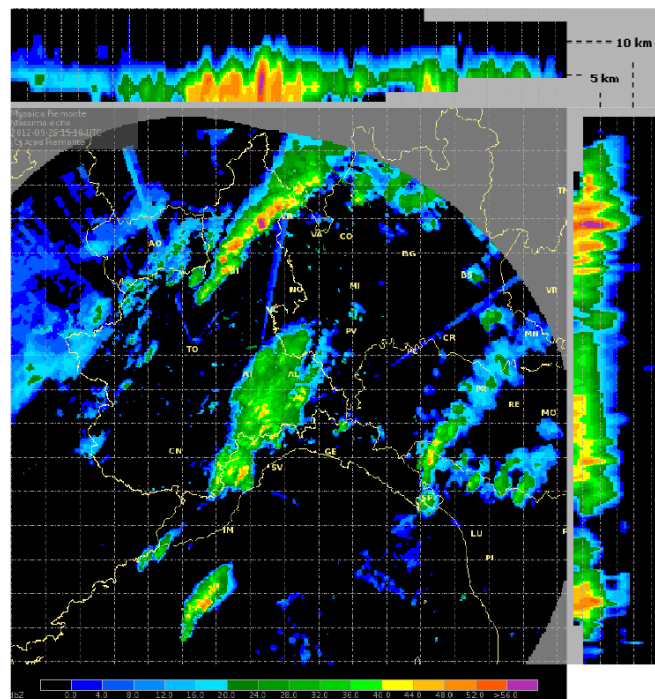


Figura 2.9: Massima riflettività osservata dai radar di Torino Bric della Croce e Monte Settepani (mosaico) alle 15:10 UTC del 26 settembre 2012. Fonte: ARPA-Piemonte.

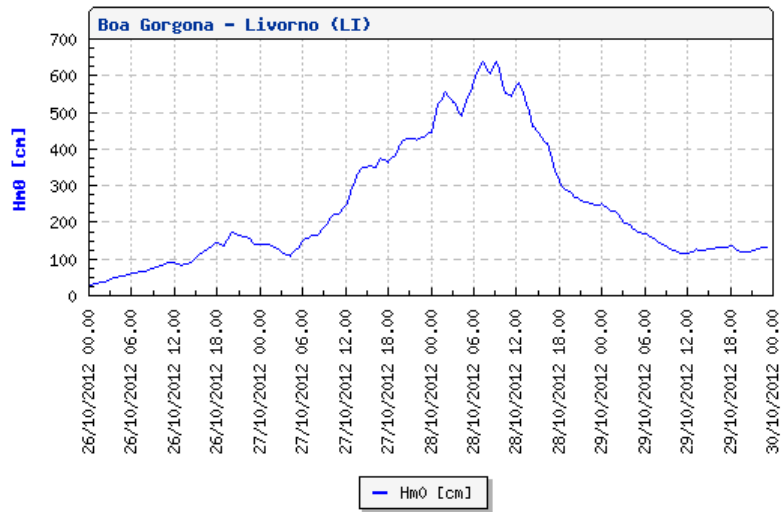


Figura 2.10: Andamento dell'altezza d'onda registrata alla boa dell'isola di Gorgona (arcipelago toscano) dal 26 al 30 ottobre 2012. Fonte: Servizio Idrologico Regionale – Centro Funzionale della Regione Toscana.

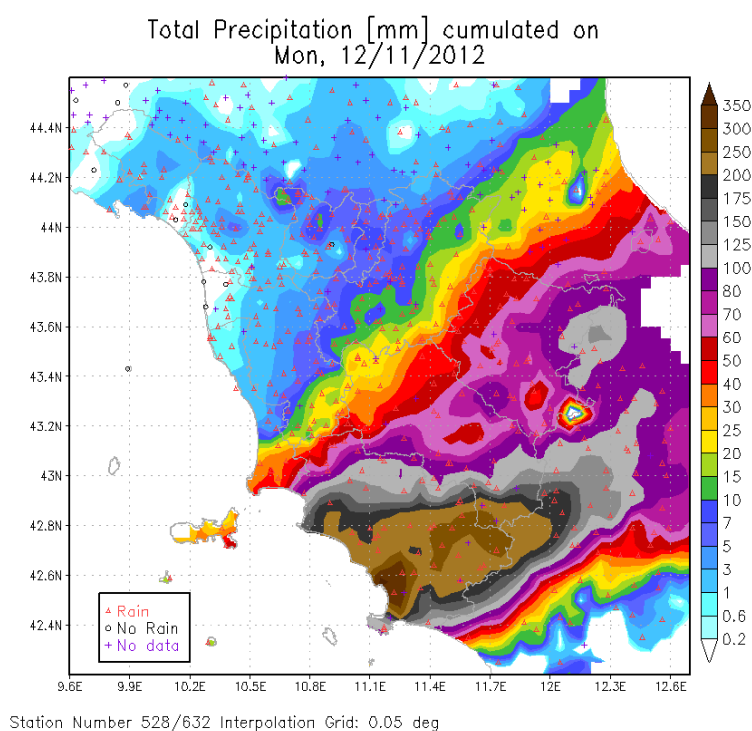
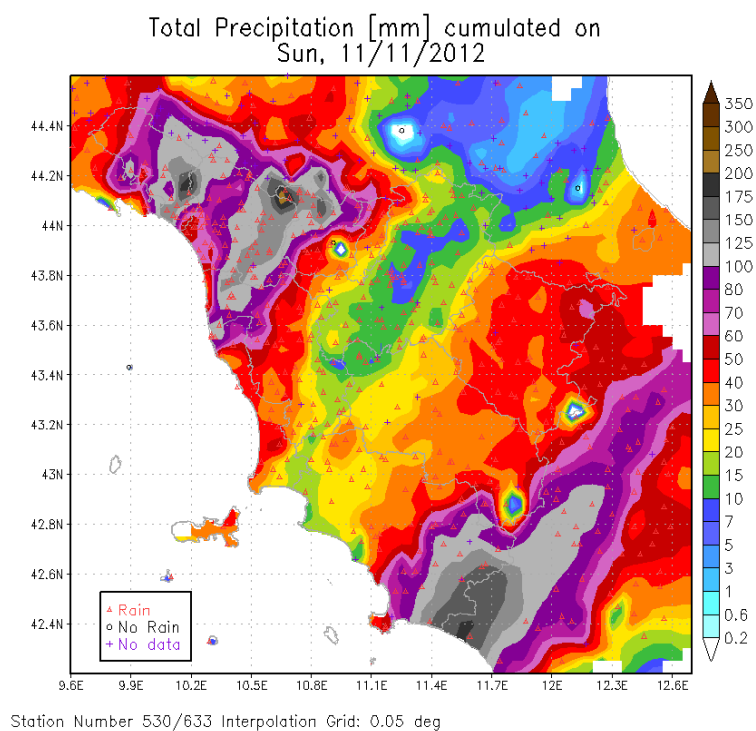


Figura 2.11: Pioggia cumulata in 24 ore dell' 11 novembre 2012 (in alto) e del 12 novembre 2012 (in basso).
Fonte: Servizio Idrologico Regionale – Centro Funzionale della Regione Toscana; elaborazione dati: Consorzio LaMMA.

3. TEMPERATURA

Anno 2012

Nelle **figure 3.1 - 3.5** sono rappresentati i valori annuali di temperatura media, temperatura minima (media annuale), temperatura massima (media annuale), temperatura minima assoluta e temperatura massima assoluta, calcolati sulle serie di dati disponibili per il 2012. Le stazioni di misura sono rappresentate da simboli diversi a seconda della rete di appartenenza.

Le temperature medie sono comprese tra -4.9°C di Pian Rosà (AO, 3488 m s.l.m.) e 20.3°C di Lampedusa; i valori medi di temperatura minima giornaliera sono compresi tra -7.6°C di Pian Rosà e 18.3°C di Lampedusa; i valori medi di temperatura massima giornaliera sono compresi tra -2.3°C di Pian Rosà e 25.8°C di Ottana (NU); le temperature minime assolute sono comprese tra -27.8°C di Livigno Passo Foscagno (SO, 2250 m s.l.m.) e 6.5°C di Lampedusa e Carloforte (CA); le temperature massime assolute sono comprese tra 11°C di Pian Rosà e 46.7°C di Pietranera (AG).

L'andamento della temperatura in Italia nel corso del 2012 è illustrato dalla **figura 3.6**. I valori di anomalia rappresentano le differenze tra le temperature medie del 2012 e quelle normali riferite al periodo climatologico 1961-1990.

Il 2012 è stato un anno più caldo rispetto alla media climatologica 1961-1990. L'anomalia della temperatura media annuale è stata in media di $+1.41^{\circ}\text{C}$ al Nord e al Centro e di $+1.16^{\circ}\text{C}$ al Sud e sulle Isole. Tutti i mesi del 2012 sono stati più caldi della norma, ad eccezione di febbraio e dicembre e, solo al meridione, di gennaio. Al Nord il mese più caldo rispetto alla norma è stato marzo, con un'anomalia di $+4.12^{\circ}\text{C}$, seguito da agosto ($+3.22^{\circ}\text{C}$), giugno ($+2.79^{\circ}\text{C}$) e novembre ($+2.17^{\circ}\text{C}$), mentre a febbraio l'anomalia negativa è stata di -2.27°C . Al Centro lo scostamento maggiore è stato registrato nel mese di agosto ($+3.62^{\circ}\text{C}$), seguito da giugno ($+3.26^{\circ}\text{C}$) e marzo ($+3.03^{\circ}\text{C}$), mentre a febbraio l'anomalia negativa è stata di -2.62°C . Al Sud e sulle Isole i mesi più caldi rispetto alla norma sono stati giugno, agosto, luglio e novembre, con anomalie comprese tra $+2.69$ e $+2.21^{\circ}\text{C}$, mentre a febbraio l'anomalia negativa è stata di -1.85°C .

Le anomalie della temperatura media nel 2012 sono illustrate anche dalle mappe nella **figura 3.7** (anomalia annuale) e nelle **figure 3.8a e 3.8b** (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 3.9** mette a confronto le anomalie della temperatura minima e della temperatura massima. Gli scostamenti dalla norma 1961-1990 della temperatura massima sono, in media, leggermente superiori a quelli della temperatura minima.

Variazioni e tendenze

La variabilità della temperatura in Italia è illustrata dalla serie di anomalie annuali di temperatura media, minima e massima a partire dal 1961 (**figure 3.10 - 3.12**). I valori di anomalia (cioè della differenza tra il valore di un anno e il valore climatologico "normale" del periodo di riferimento 1961-1990) sono stati ottenuti elaborando i dati di un gruppo di stazioni distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale e selezionate in base a criteri di completezza e omogeneità delle serie [8, 9].

Il valore dell'anomalia media annuale del 2012 ($+1.31^{\circ}\text{C}$) rappresenta il 21° valore annuale positivo consecutivo e si colloca al quarto posto nell'intera serie dal 1961 al 2011. Gli anni più caldi dell'ultimo mezzo secolo sono stati il 1994, il 2003 e il 2000, con anomalie della temperatura media comprese tra $+1.35$ e $+1.38^{\circ}\text{C}$. L'aumento della temperatura media annuale non si può attribuire in modo uniforme alle quattro stagioni. Come risulta dal confronto delle serie di anomalia nelle **figure 3.11a e 3.11b**, il riscaldamento è infatti più evidente e marcato in estate e in primavera. Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente. L'aumento della temperatura media annuale va inoltre attribuito in parte maggiore all'aumento delle temperature massime e in parte minore all'aumento delle temperature minime (**figura 3.12**). Nel 2012, l'anomalia della temperatura minima in Italia nel 2012 è stata di 1.03°C , quella della temperatura massima di 1.47°C .

Nella tabella 1 vengono riassunti i trend di temperatura calcolati con un modello di regressione lineare, a partire dal 1981; all'inizio degli anni '80 viene infatti identificato un cambiamento del trend di temperatura in Italia e ha inizio il periodo caratterizzato da un riscaldamento più netto nell'ultimo secolo [10]. Il rateo di variazione della temperatura media in Italia dal 1981 al 2012 risulta essere di $+0.35 \pm 0.07^{\circ}\text{C} / 10$ anni, quello della temperatura minima di $+0.32 \pm 0.06^{\circ}\text{C} / 10$ anni, quello della temperatura massima di $+0.39 \pm 0.08^{\circ}\text{C} / 10$ anni. Ciò corrisponde, dal 1981 al 2012, ad un aumento della temperatura media di $+1.08 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$, della temperatura minima di $0.99 \pm 0.19^{\circ}\text{C}$ e della temperatura massima di $1.21 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$. Su base stagionale, i trend della temperatura media sono più forti in estate ($+0.53 \pm 0.13^{\circ}\text{C} / 10$ anni) e in primavera ($+0.52 \pm 0.13^{\circ}\text{C} / 10$ anni), mentre in autunno e in inverno sono ugualmente positivi ma non statisticamente significativi.

Estremi

Per l'analisi degli estremi di temperatura (**figure 3.13 – 3.20**), sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti dal “*CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection*” [11, 12]. 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 [13,14], sono descritti in dettaglio in [9]. 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.

Nel 2012 il numero medio di giorni con gelo, cioè il numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C , è stato leggermente inferiore al valore normale 1961-1990. Negli ultimi 20 anni i giorni con gelo sono stati sempre meno della norma, ad eccezione del 2005 e del 1993 (**figura 3.13**). Il numero medio di notti tropicali, cioè con temperatura minima maggiore di 20°C , nel 2012 è stato superiore al valore normale come sempre negli ultimi 13 anni; il 2012 si colloca al secondo posto nella serie che parte dal 1961, dopo il 2003, anno in cui è stato registrato il numero di notti tropicali nettamente più alto (**figura 3.14**). Il numero medio di giorni estivi, cioè con temperatura massima maggiore di 25°C , è stato superiore alla media climatologica; il 2012 è il 13° anno consecutivo con valore superiore alla norma 1961-1990 e si colloca al quinto posto nella serie dal 1961 (**figura 3.15**).

L'indice rappresentativo delle onde di calore è il *Warm SpellDuration Index* (WSDI). Ai fini del calcolo di questo indice, un'onda di calore è un evento della durata di almeno sei giorni consecutivi nei quali la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere nello stesso periodo dell'anno sul trentennio climatologico. Il WSDI conta il numero dei giorni caratterizzati da un'onda di calore, così definita, in un anno. Il WSDI del 2012 si colloca al 3° posto della serie dal 1961, dopo il 2003 e appena sotto il 2011. Dall'andamento della serie è evidente l'incremento notevole delle onde di calore a partire dagli anni '80 (**figura 3.16**).

Altri indici di estremi di temperatura che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali sono le “notti fredde” (TN10p), cioè la percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile del corrispondente valore medio climatologico, i “giorni freddi” (TX10p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile, le “notti calde” (TN90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile e i “giorni caldi” (TX90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima superiore al 90° percentile. Come illustrato dalle **figure 3.17 – 3.20** negli ultimi 50 anni 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 2012 ha fatto registrare il secondo valore più alto dei giorni caldi (TX90p) e delle notti calde (TN90p); mentre le notti fredde e i giorni freddi sono stati inferiori alla media climatologica come sempre accaduto negli ultimi 16 e 20 anni, rispettivamente.

INDICATORE	TREND (°C/10 anni)
Temperatura media	+0.35 ± 0.07
Temperatura minima	+0.32 ± 0.06
Temperatura massima	+0.39 ± 0.08
Temperatura media inverno	(+0.23 ± 0.17)
Temperatura media primavera	+0.52 ± 0.13
Temperatura media estate	+0.53 ± 0.13
Temperatura media autunno	(+0.17 ± 0.12)

Tabella 1: Trend stimati (e relative deviazioni standard) della temperatura in Italia dal 1981 al 2012. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi.

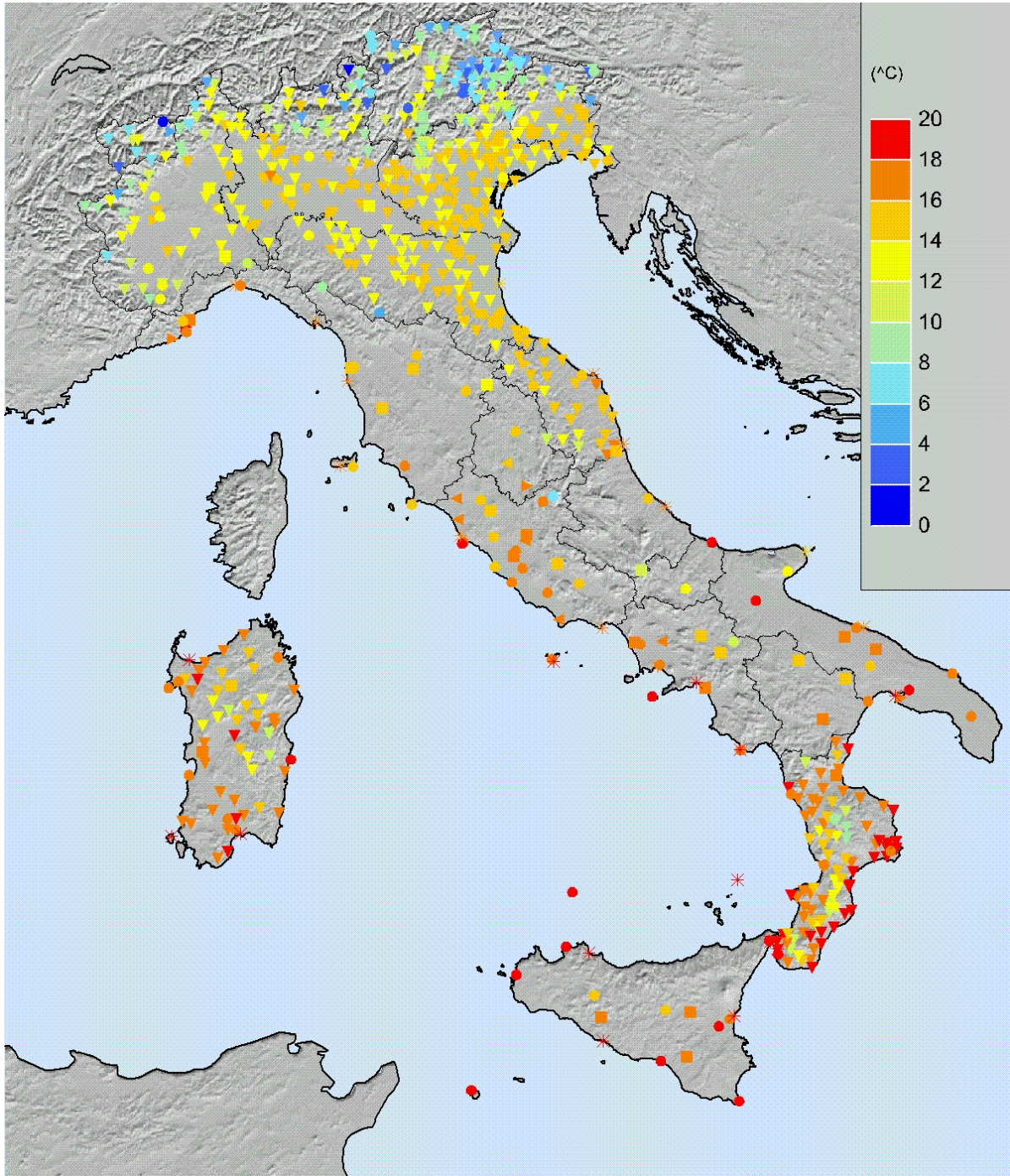


Figura 3.1: *Temperatura media 2012.*

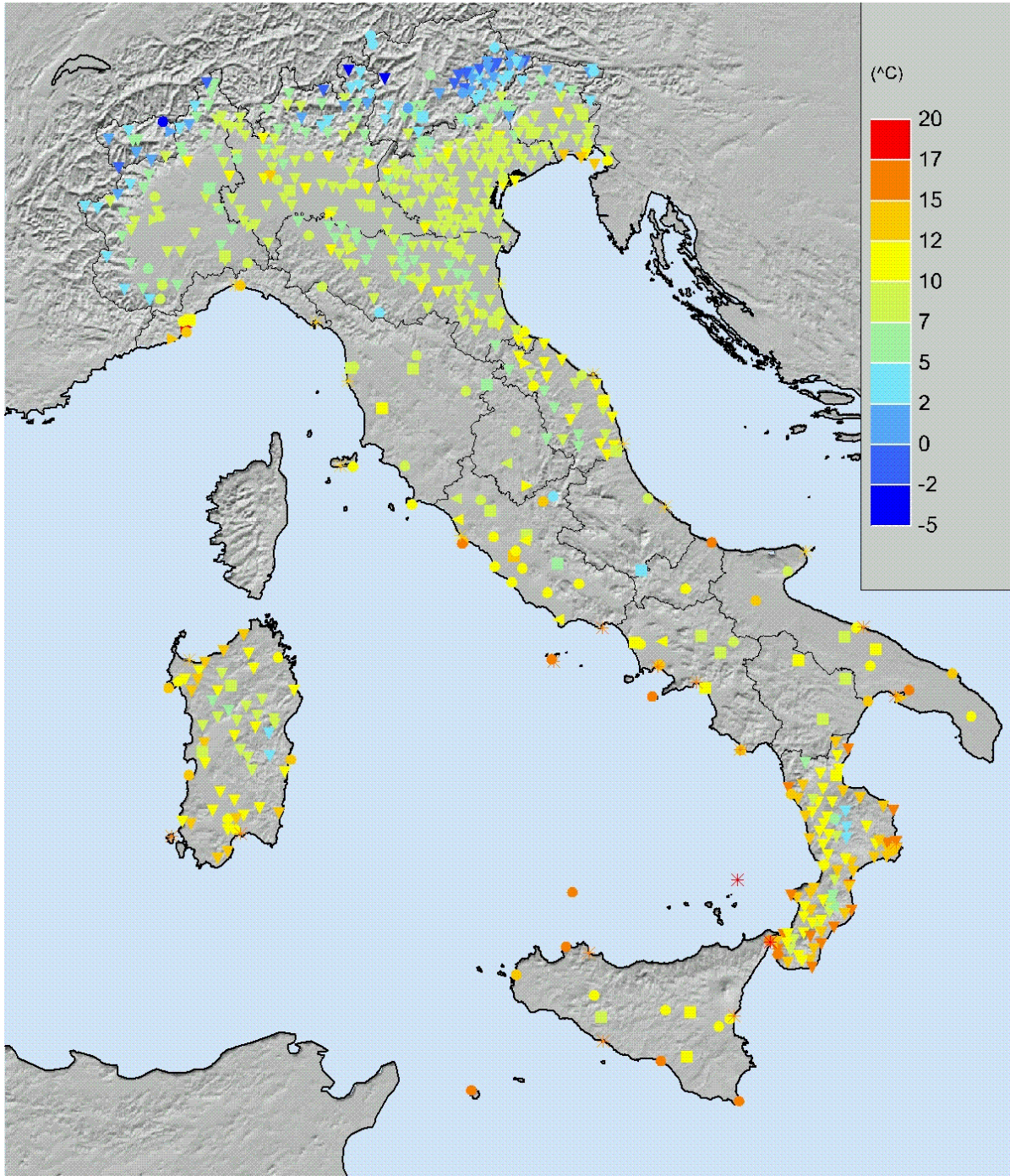


Figura 3.2: *Media della temperatura minima 2012.*

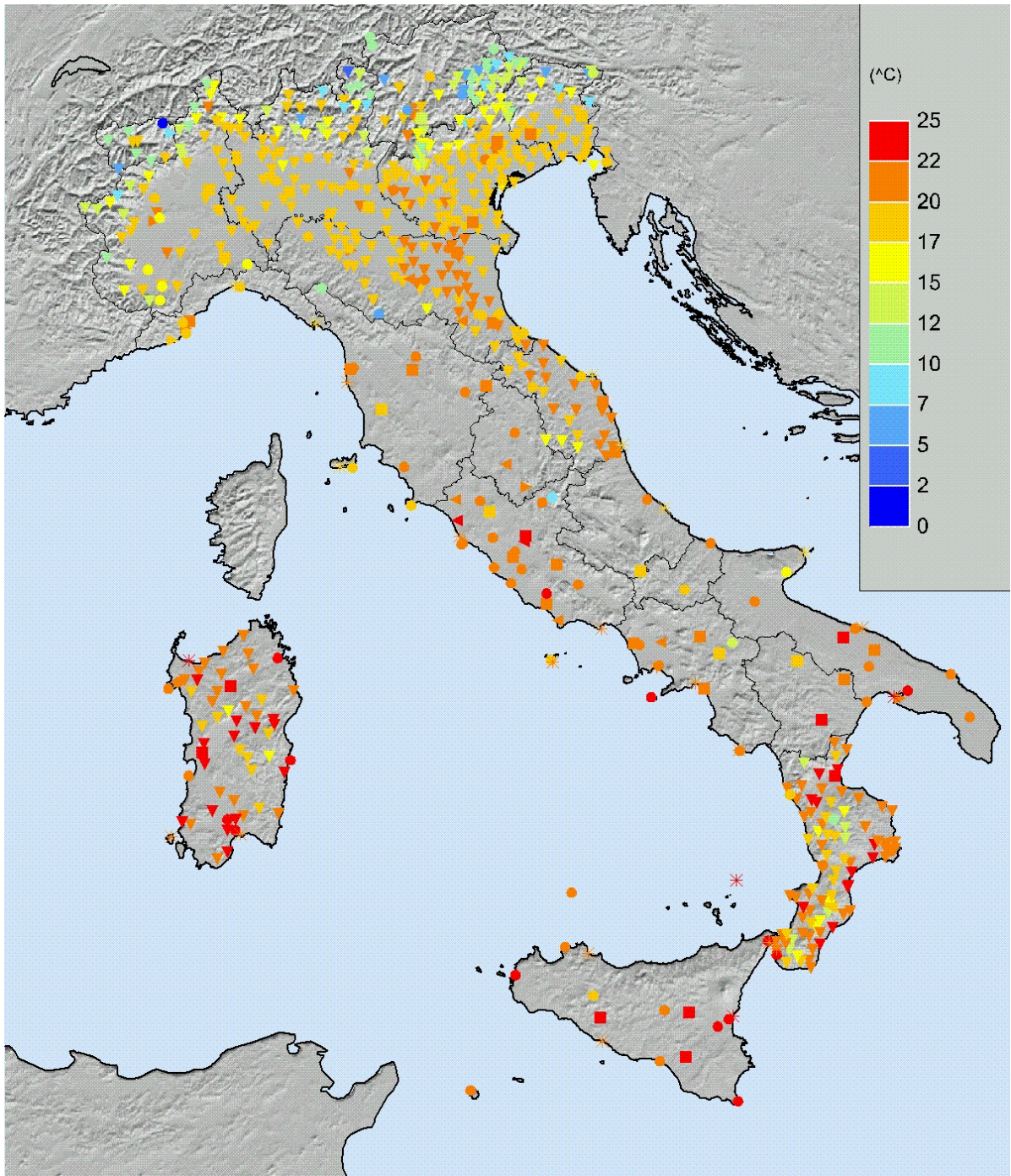


Figura 3.3: *Media della temperatura massima 2012.*

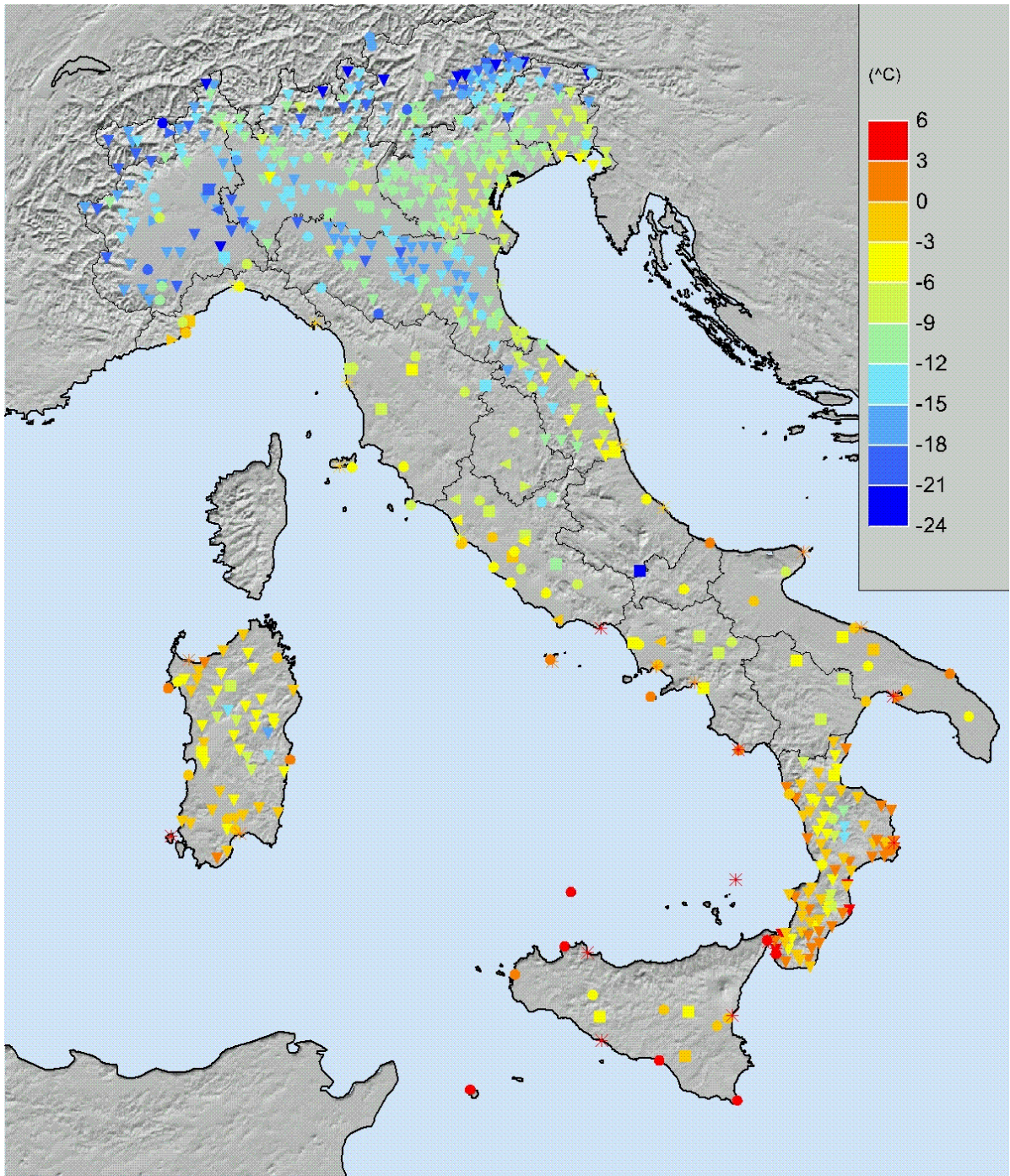


Figura 3.4: *Temperatura minima assoluta 2012.*

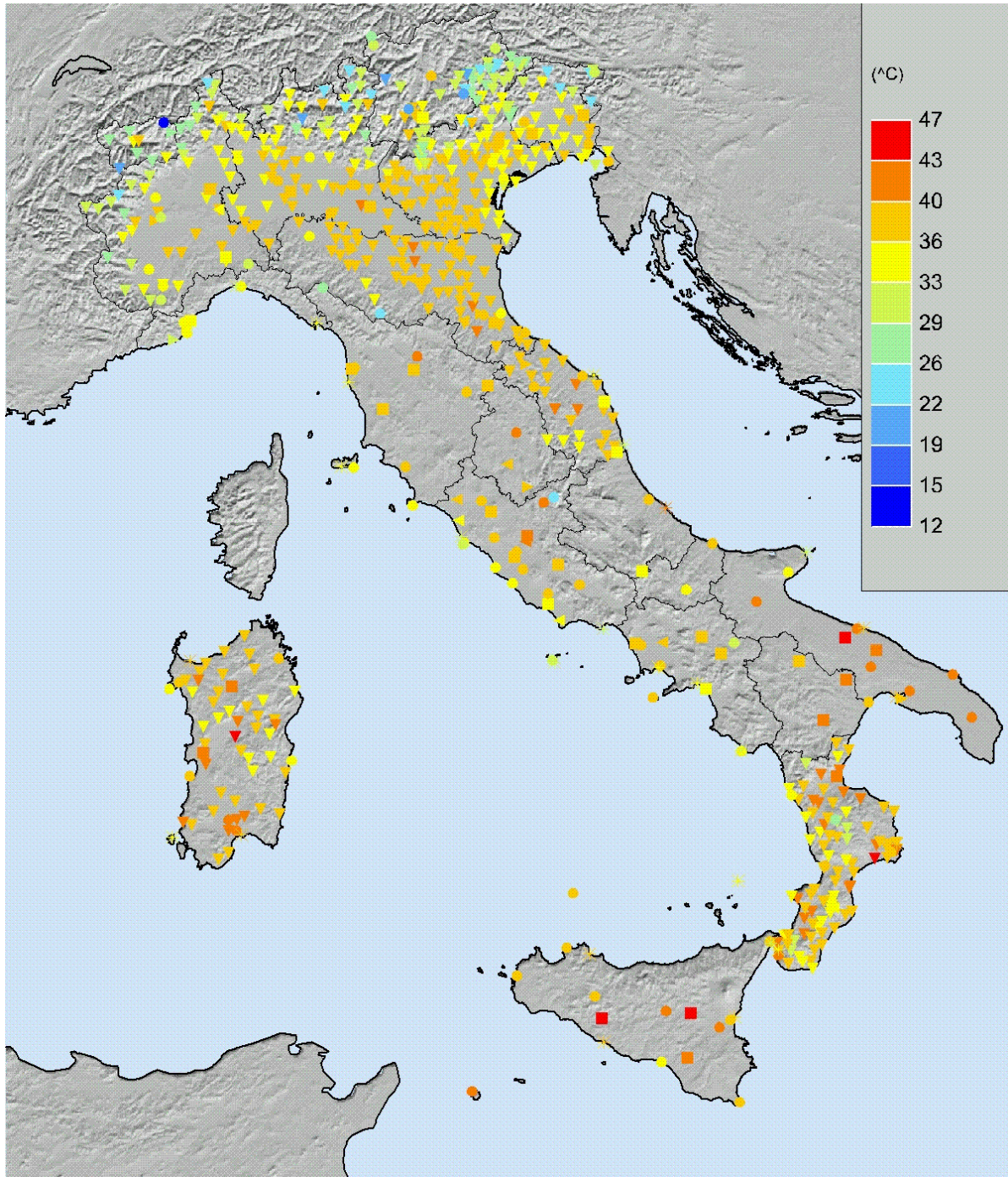


Figura 3.5: *Temperatura massima assoluta 2012.*

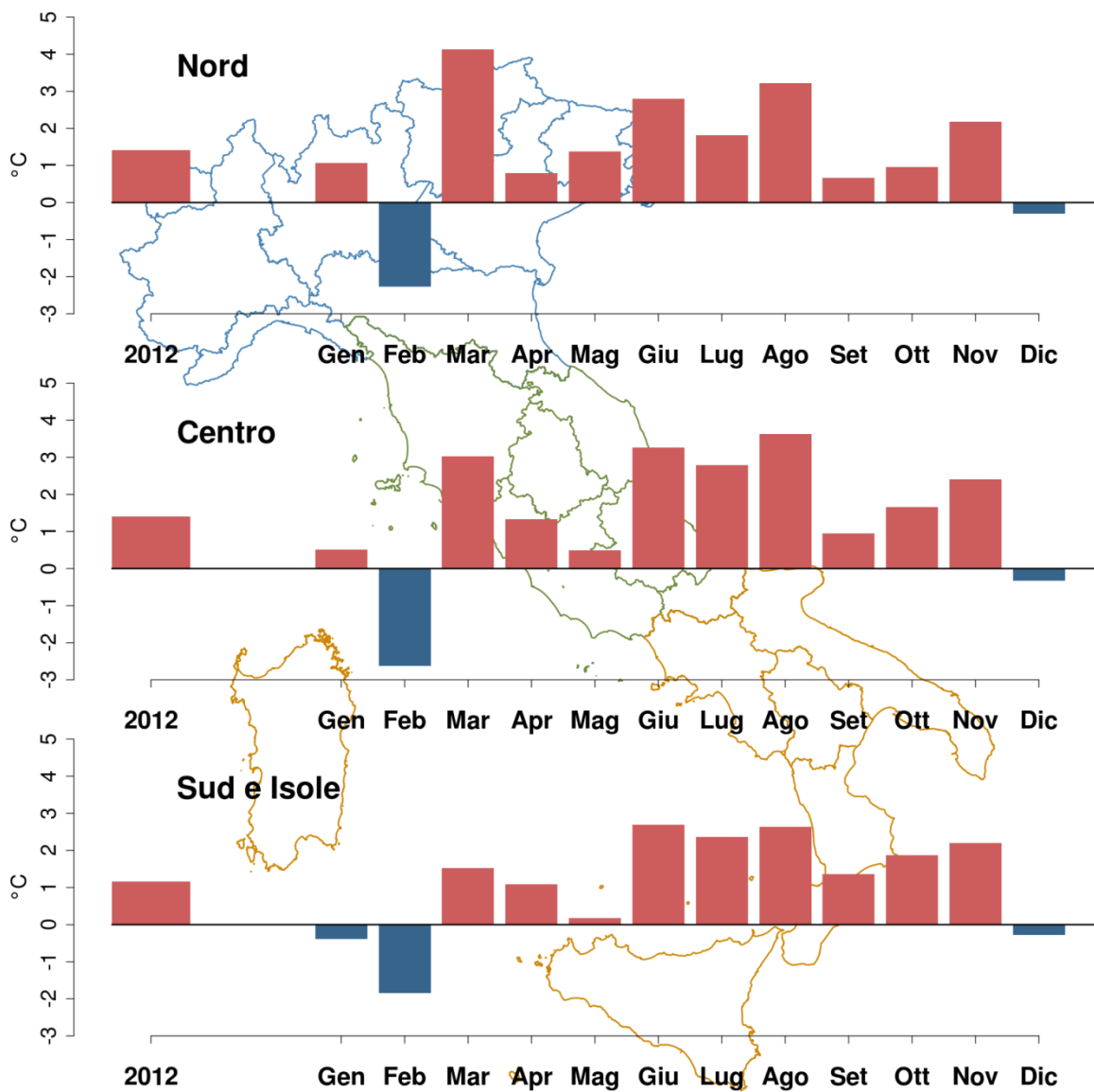


Figura 3.6: Anomalia media 2012 (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

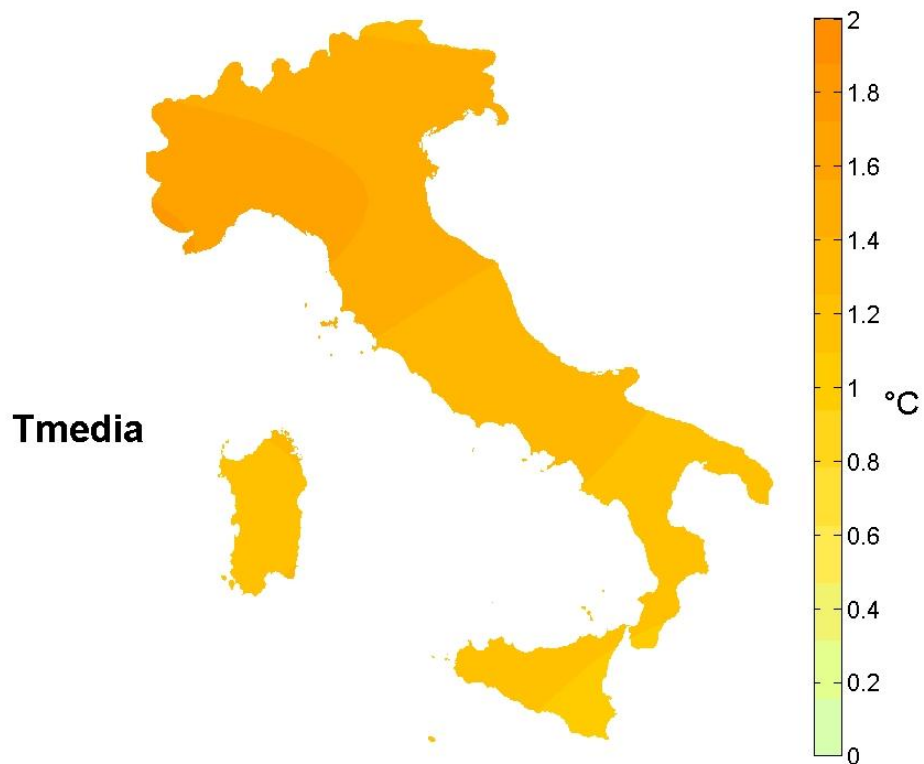


Figura 3.7: *Anomalia della temperatura media annuale 2012 rispetto al valore normale 1961-1990.*

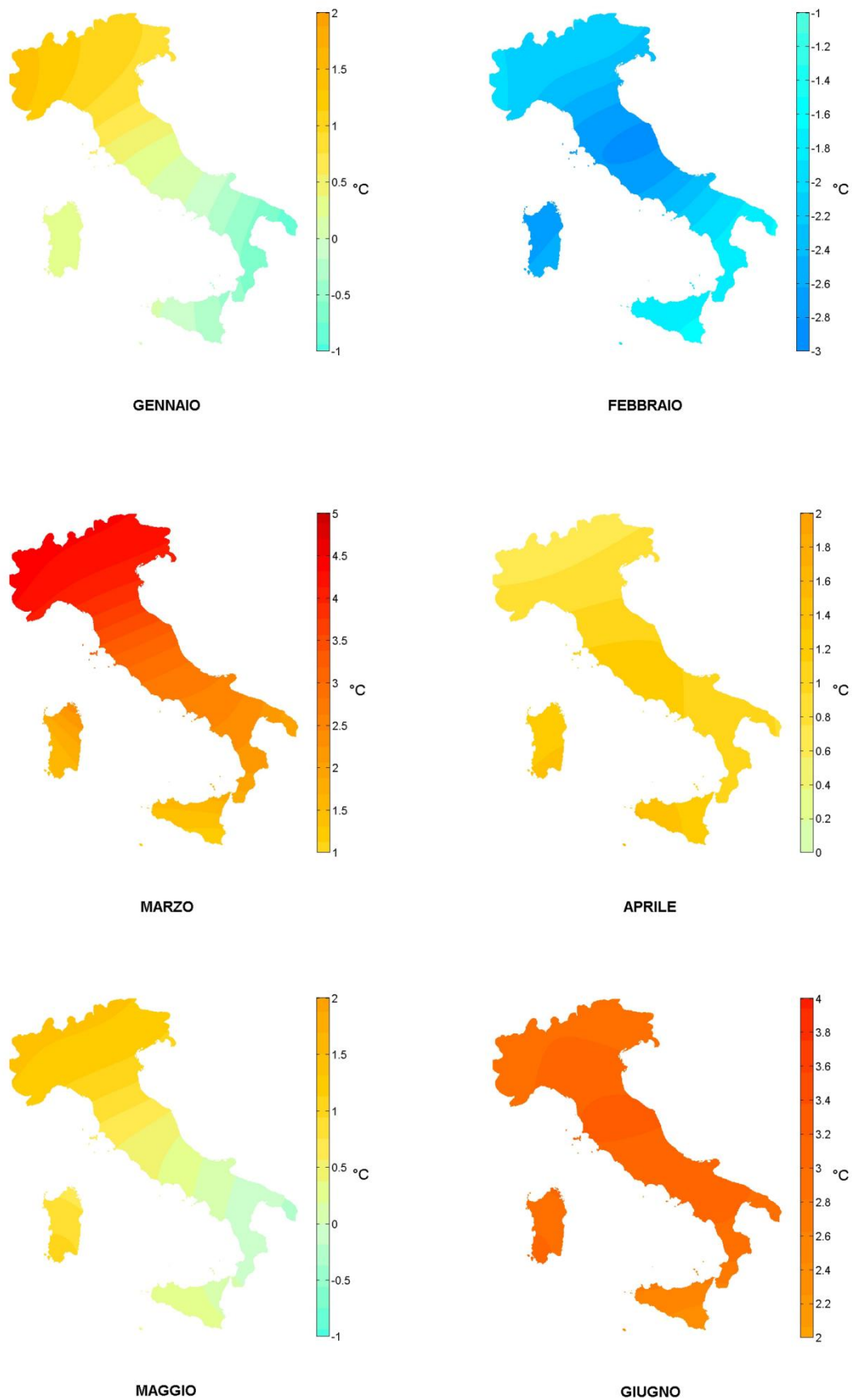


Figura 3.8a: Anomalie della temperatura media mensile 2012 rispetto ai valori normali 1961-1990 (gennaio-giugno).

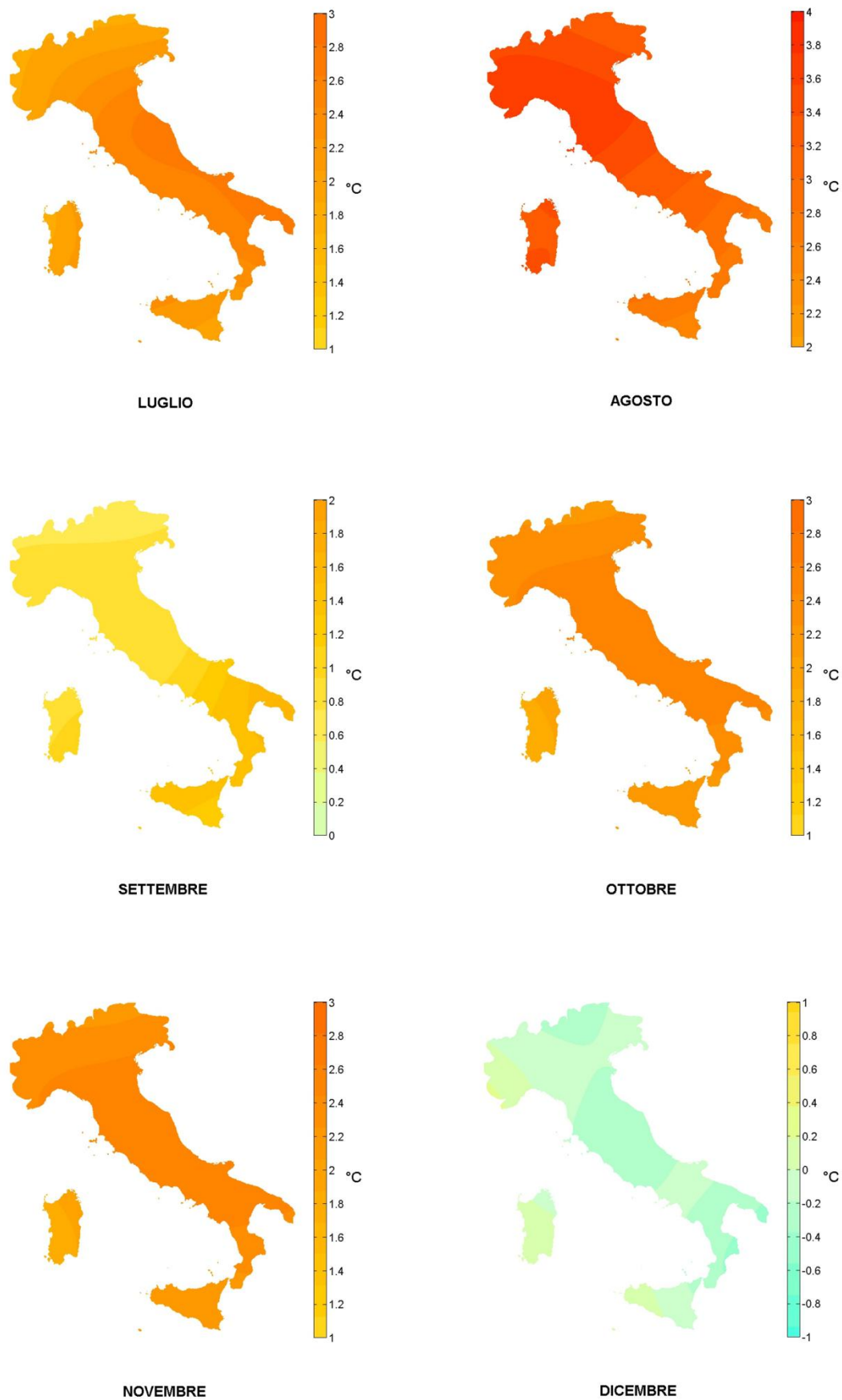


Figura 3.8b: Anomalie della temperatura media mensile 2012 rispetto ai valori normali 1961-1990 (luglio-dicembre).

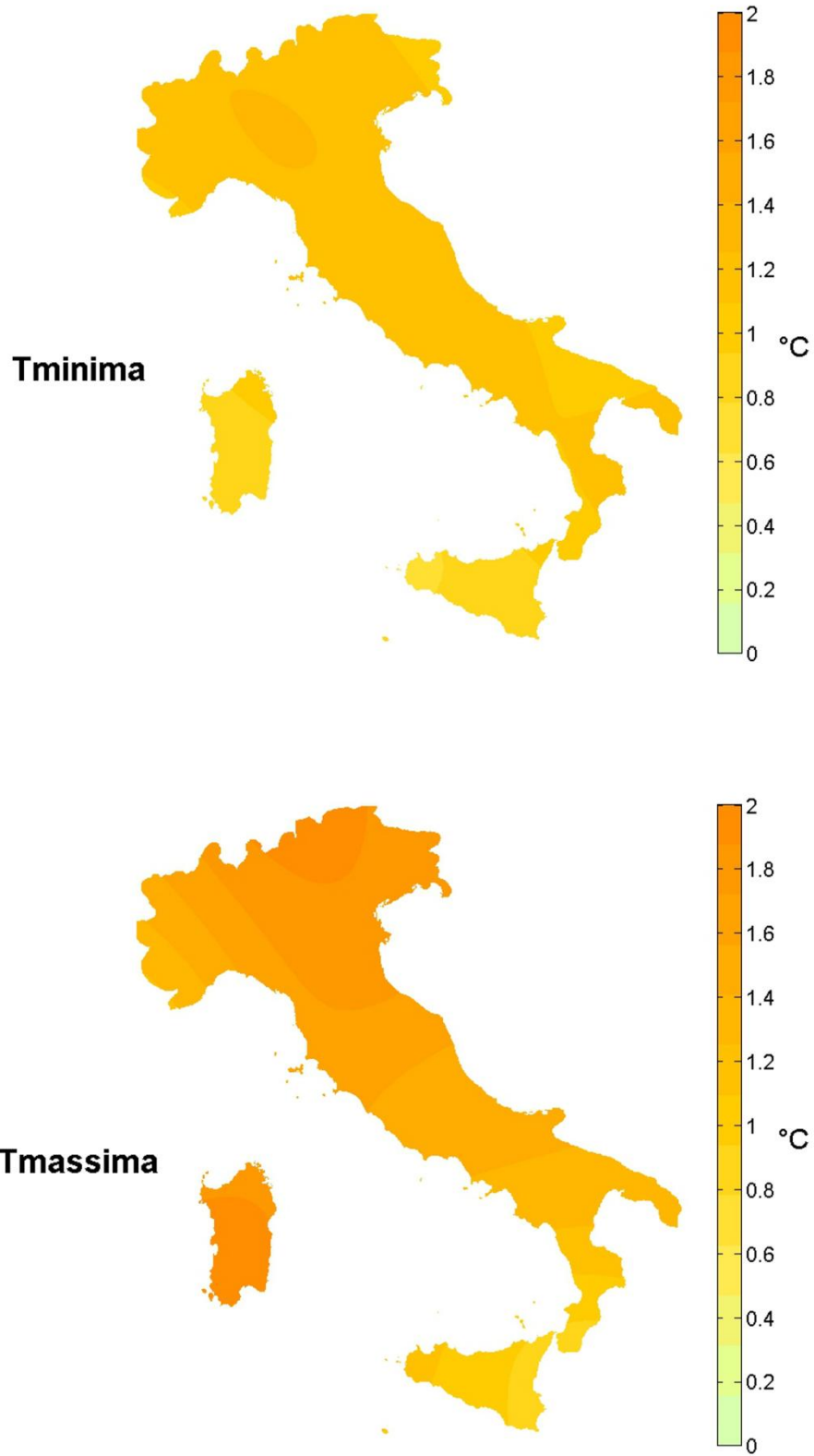


Figura 3.9: Anomalie della temperatura minima e massima annuali 2012 rispetto al valore normale 1961-1990.

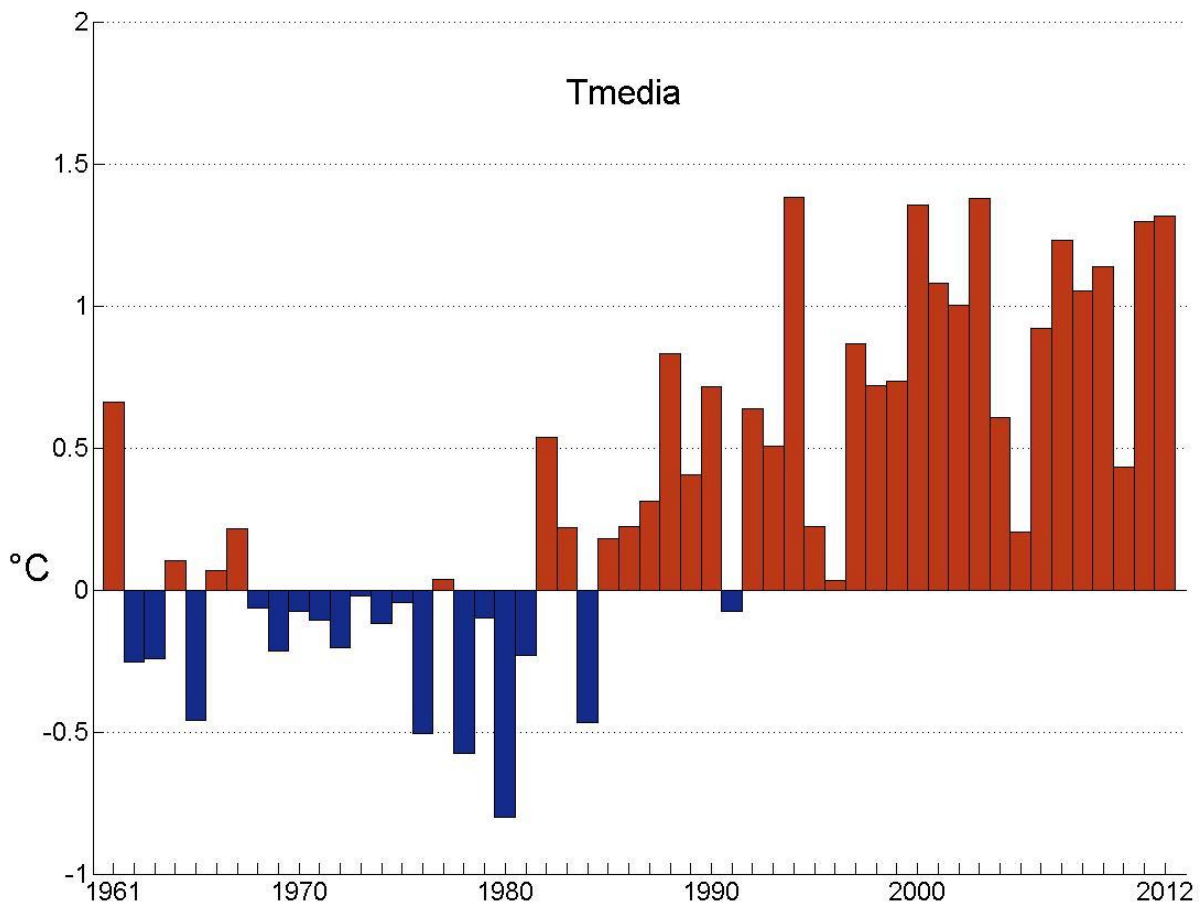


Figura 3.10: Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

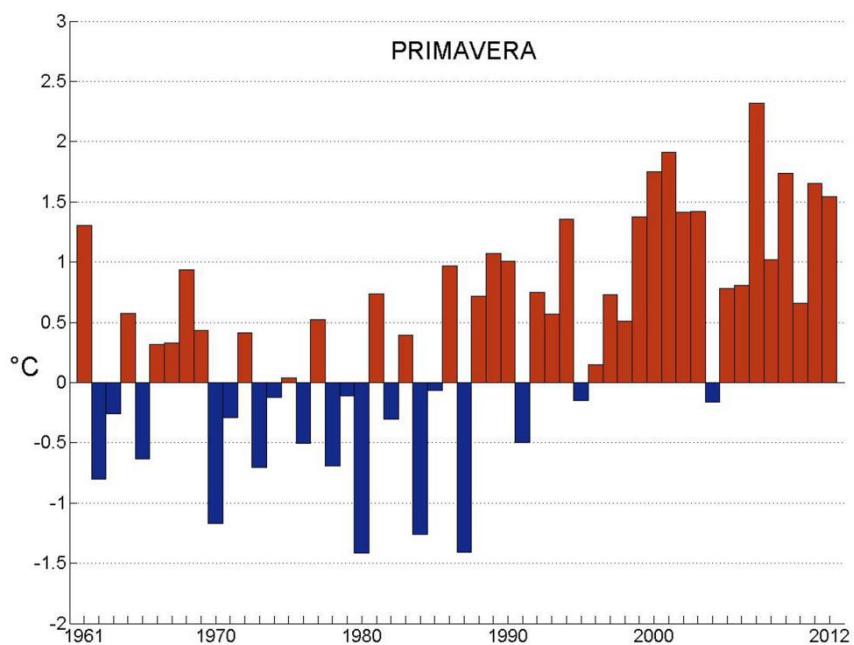
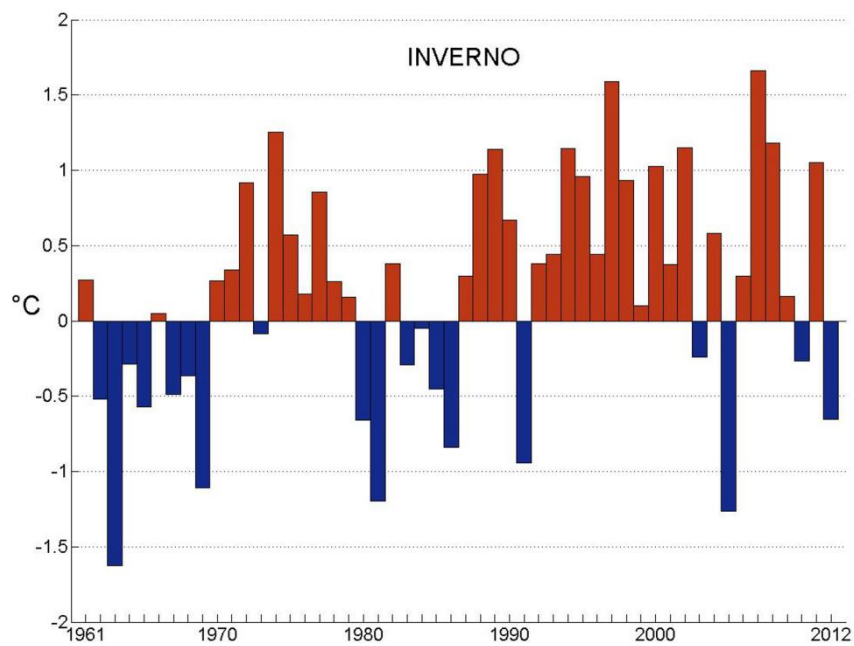


Figura 3.11a: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera).

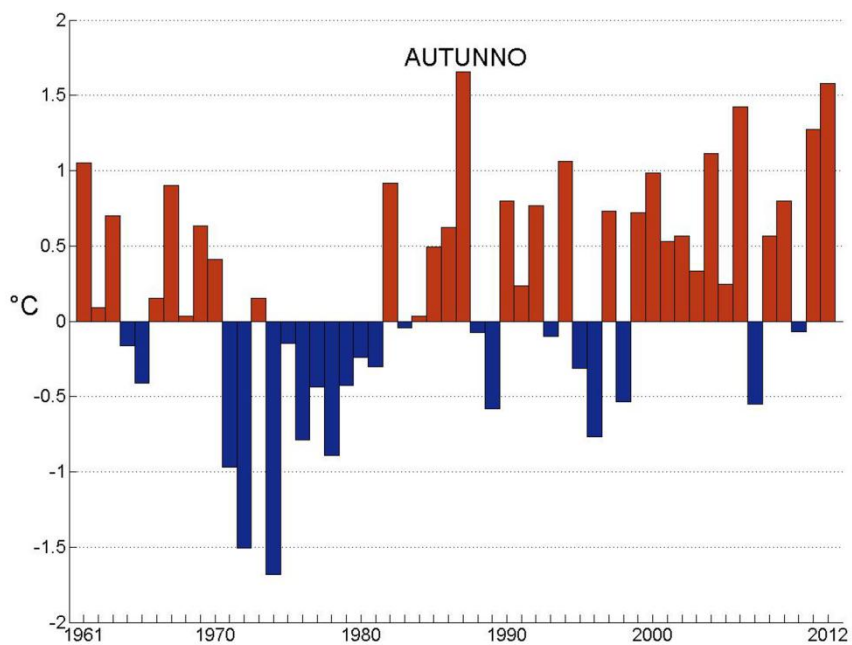
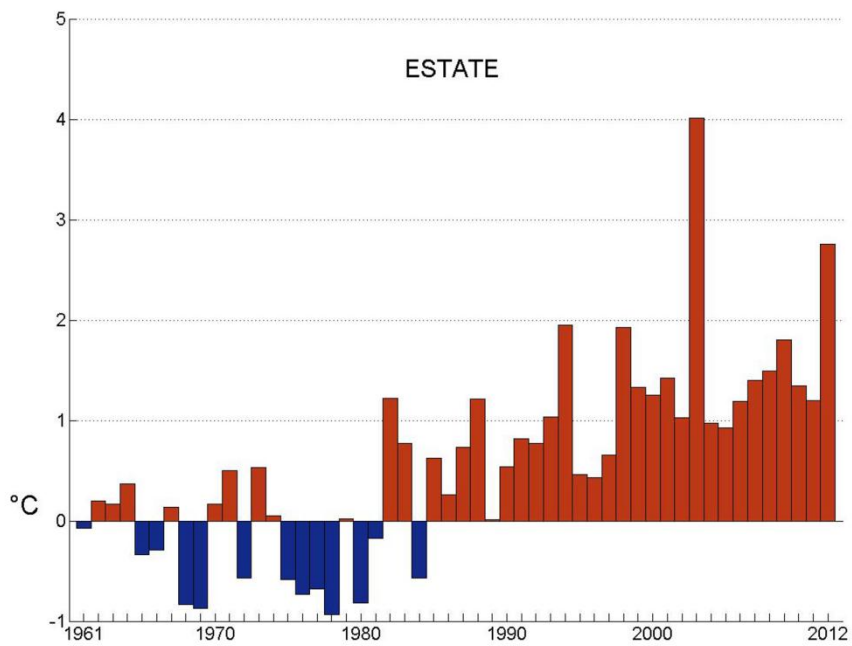


Figura 3.11b: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

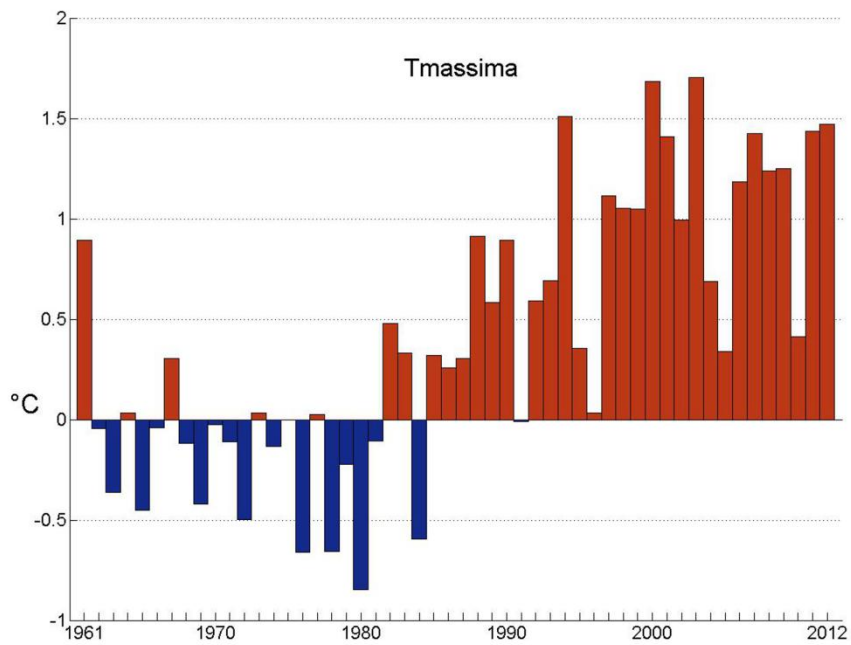
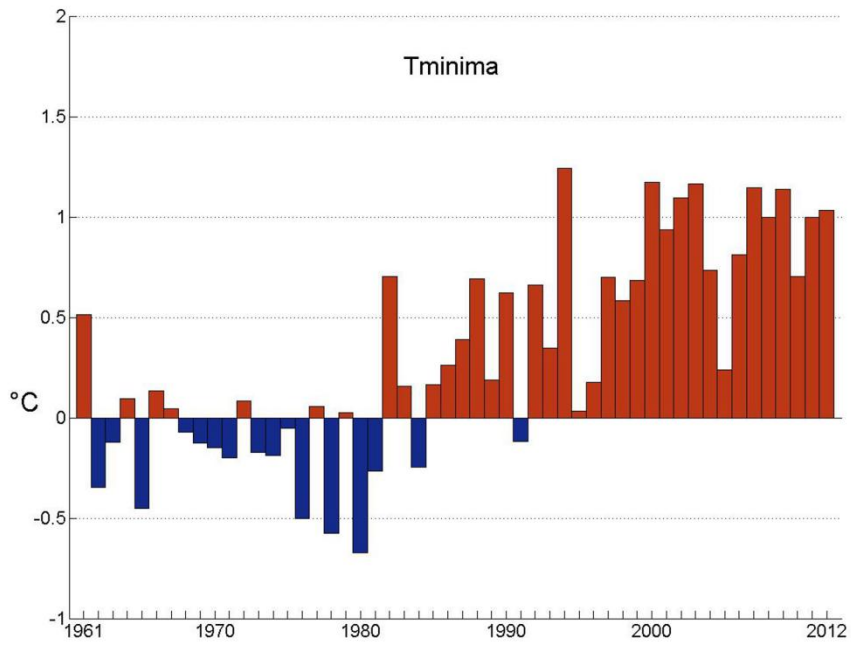


Figura 3.12: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima e massima in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

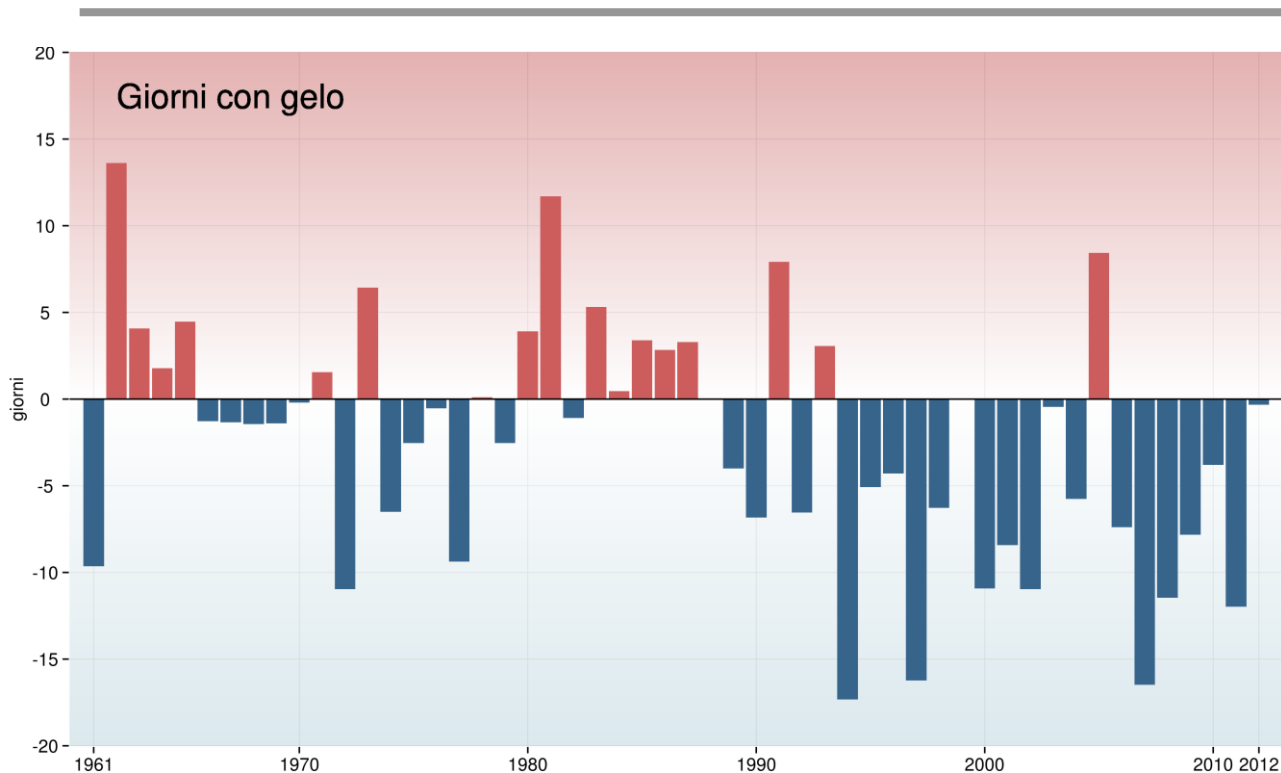


Figura 3.13: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

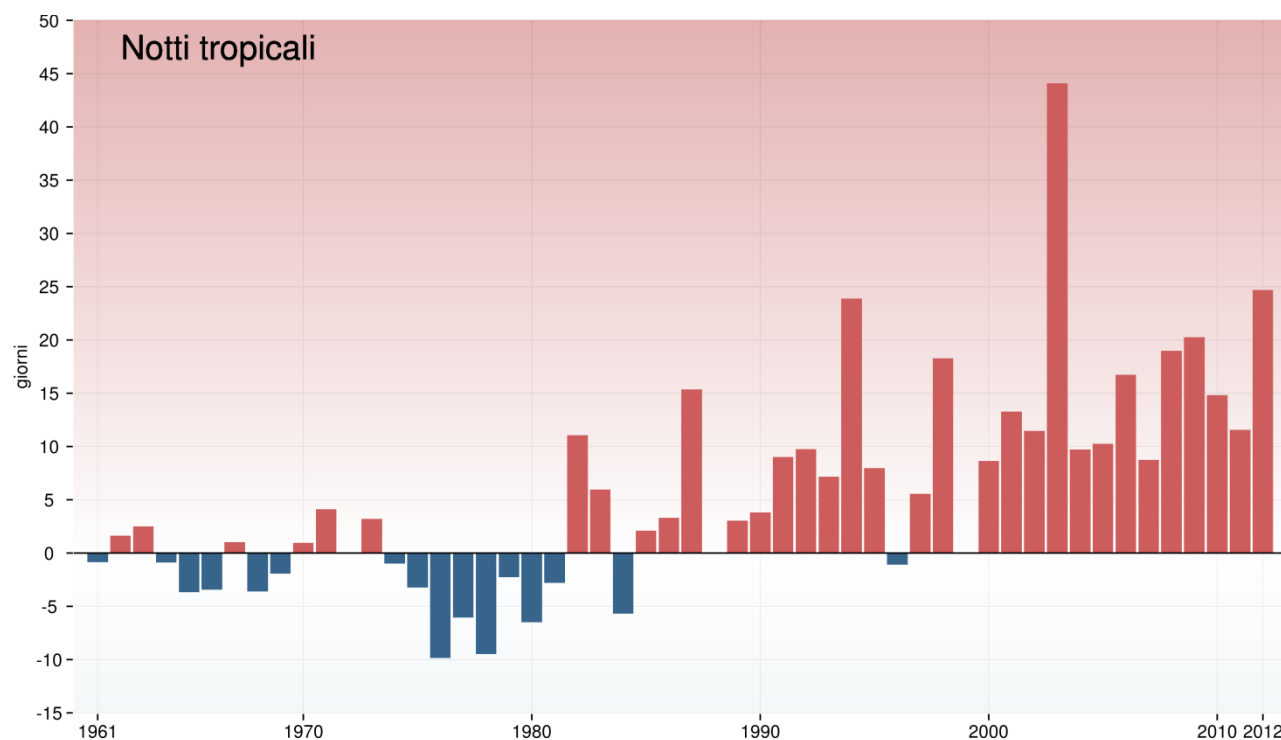


Figura 3.14: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

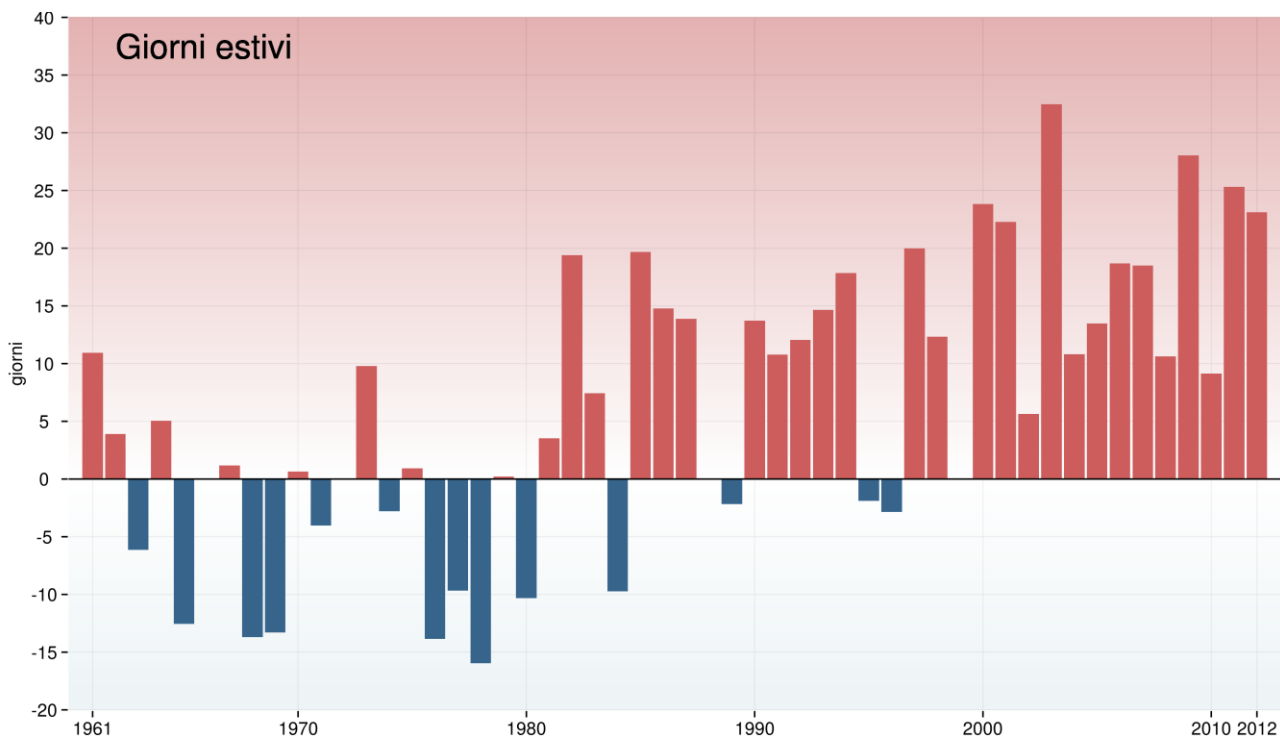


Figura 3.15: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

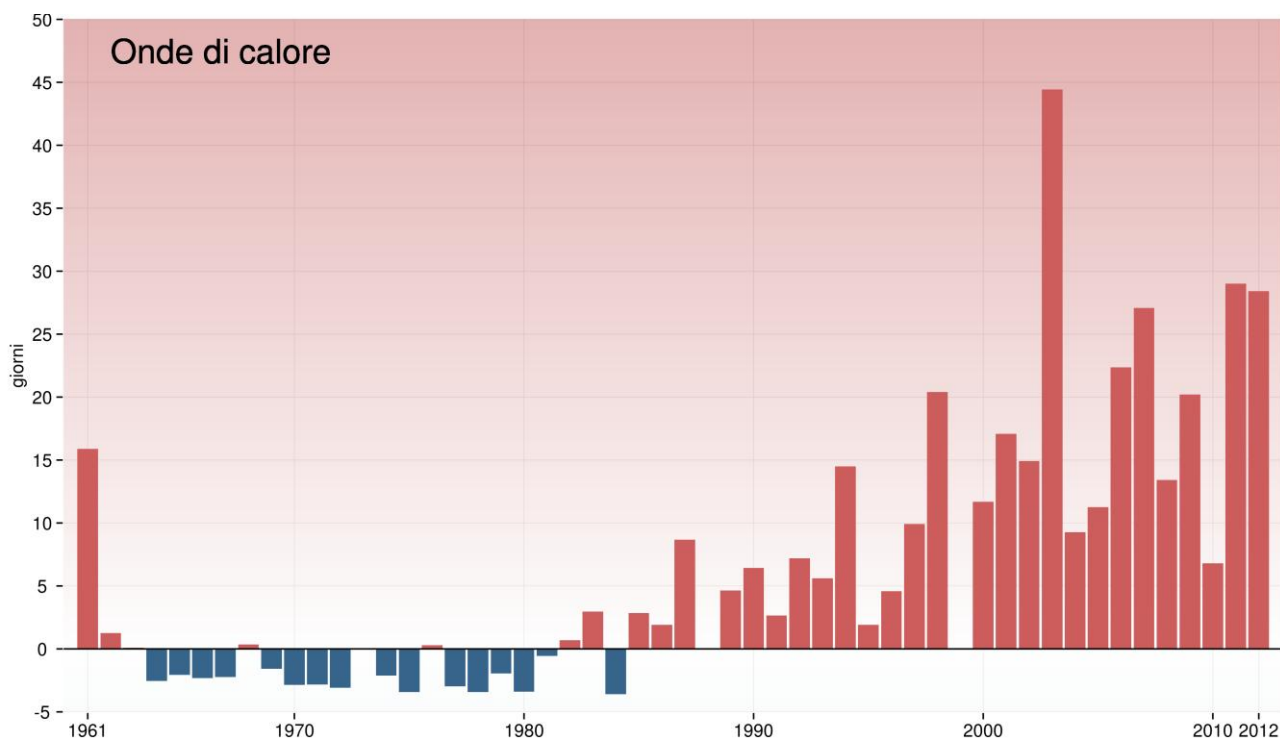


Figura 3.16: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con onde di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

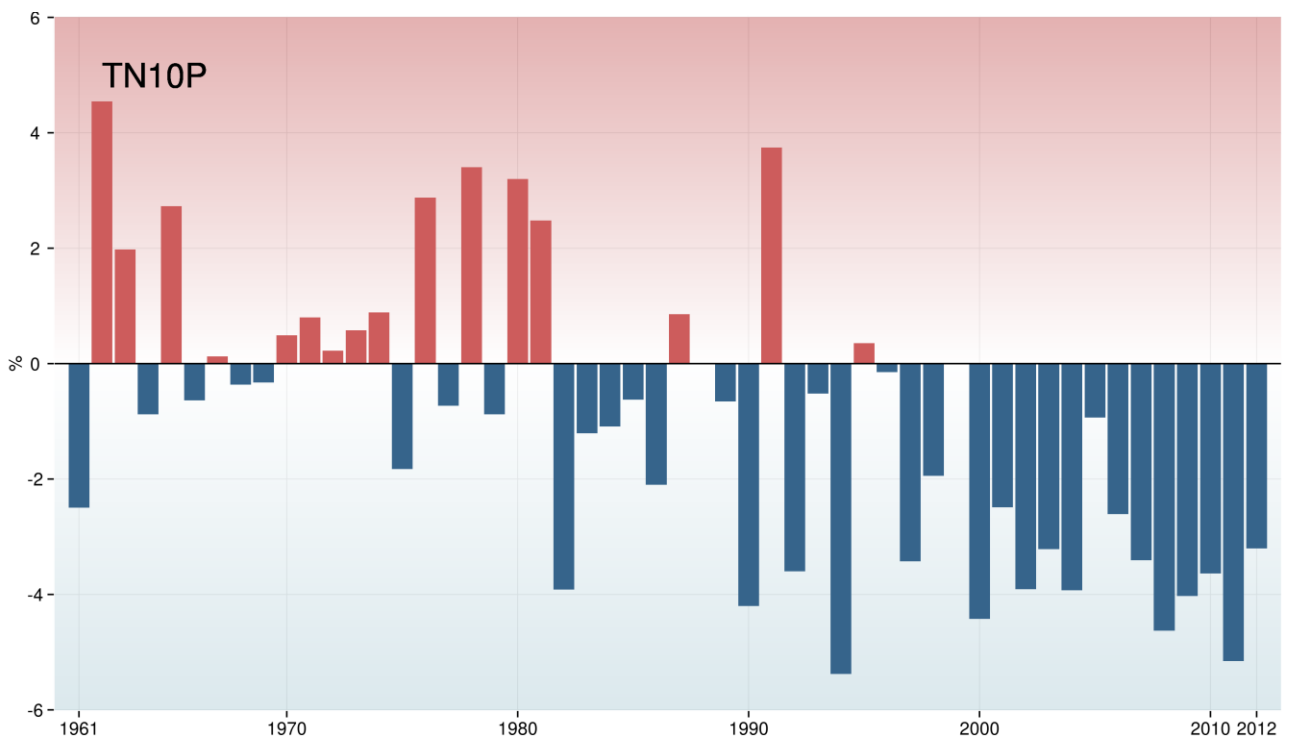


Figura 3.17: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti fredde in Italia (TN10p, espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

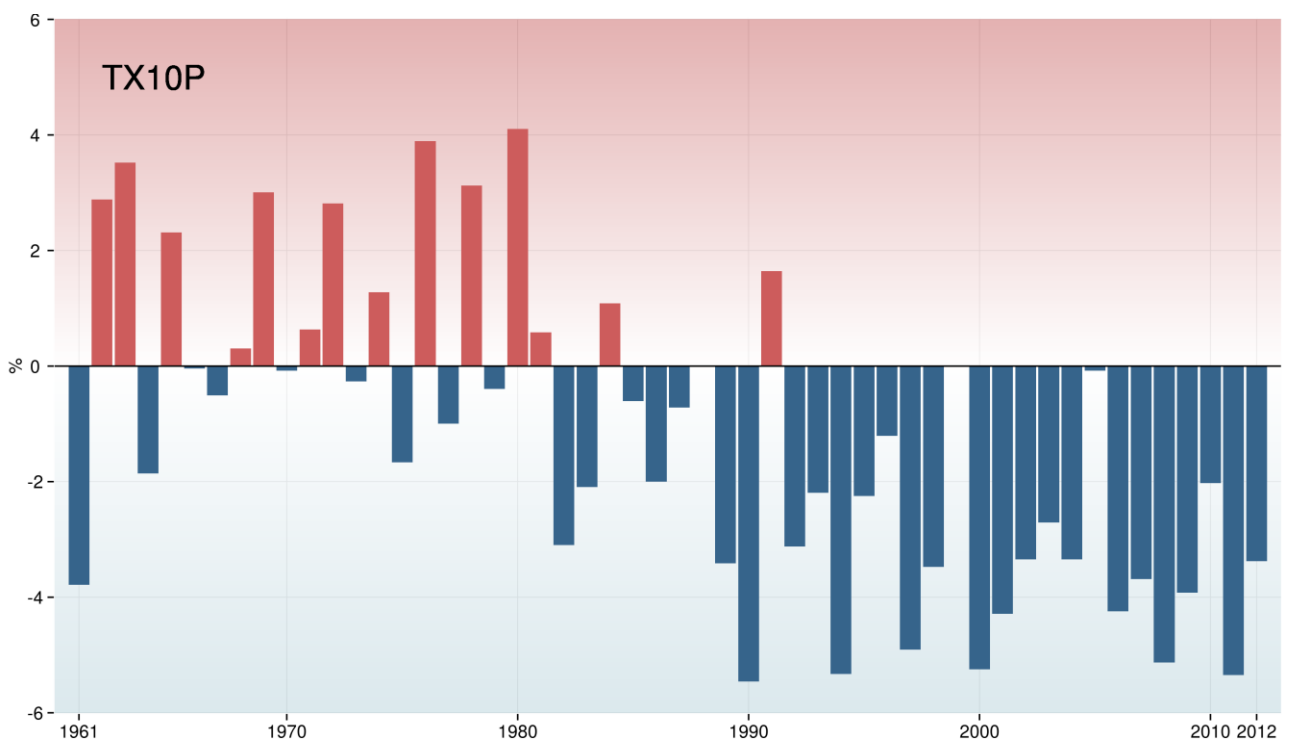


Figura 3.18: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni freddi in Italia (TX10p, espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

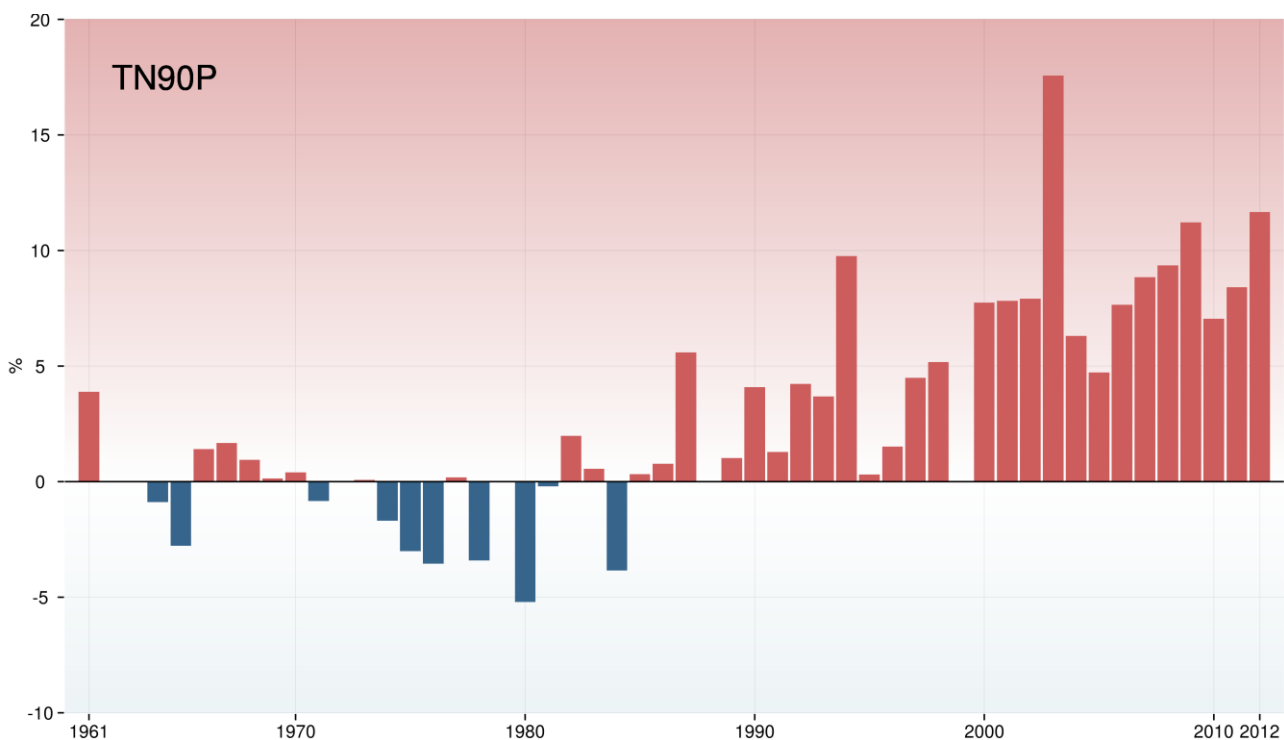


Figura 3.19: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti calde in Italia (TN90p, espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

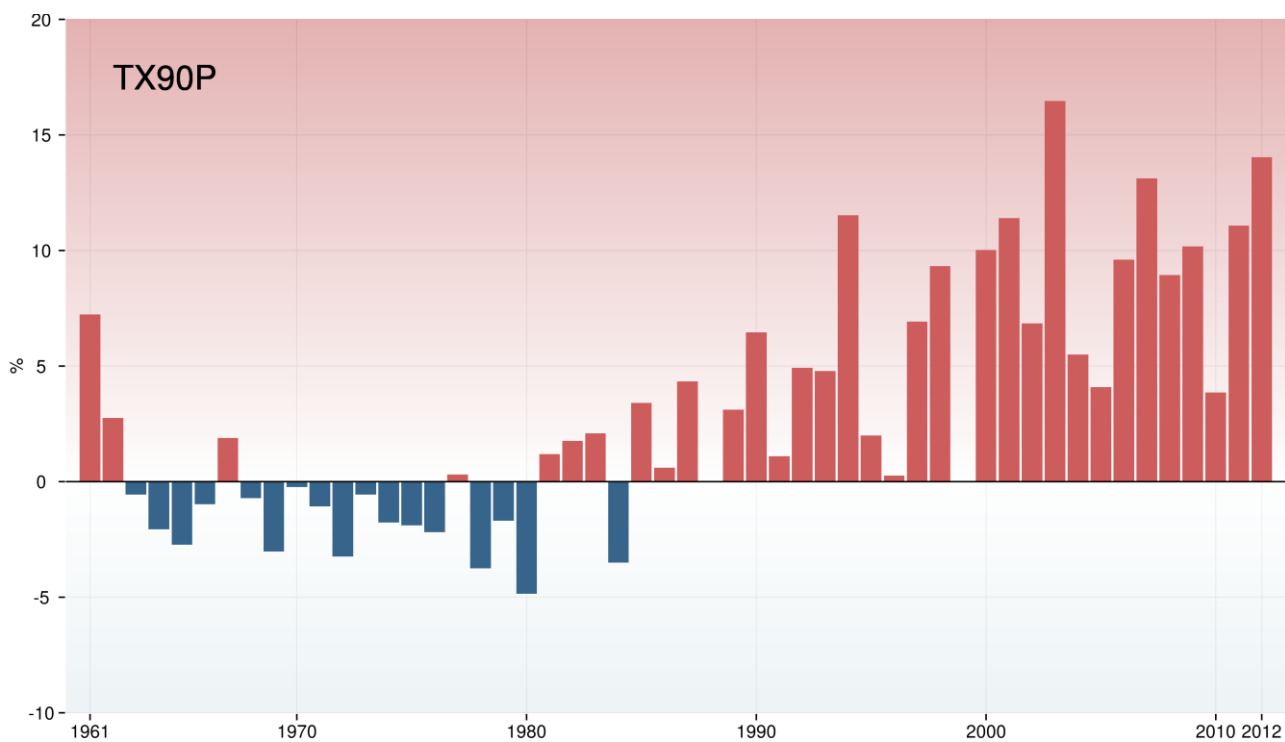


Figura 3.20: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni caldi in Italia (TX90p, espresso in % di giorni/anno) rispetto al valore normale 1961-1990.

4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE

Gli indicatori 2012 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 2° x 2°, ottenute dal lavoro di ricostruzione spaziale stabile della temperatura superficiale del mare a scala globale [15,16]. 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 state selezionate dal grigliato regolare sei celle, ciascuna rappresentativa di uno dei mari italiani. Gli estremi in latitudine e longitudine delle celle selezionate sono:

	Estremi Latitudine	Estremi Longitudine
Tirreno	38°- 40°	10°- 12°
Adriatico	42°- 44°	14°- 16°
Ionio	36°- 38°	16°- 18°
Mare di Sardegna	39°- 41°	6°- 8°
Canale di Sardegna	37°- 39°	7°- 9°
Canale di Sicilia	35°- 37°	12°- 14°

I valori medi annui della temperatura media superficiale dei mari italiani nel 2012, così ottenuti, sono compresi tra 14.5°C (Adriatico) e 20.9°C (Ionio e Canale di Sicilia) (**figura 4.1**).

Per tutti i mari, i valori mensili più bassi si registrano nel mese di febbraio e i valori massimi nel mese di agosto. Il valore minimo è stato registrato nel mar Adriatico (9.9°C), quello massimo nello Ionio (28.0°C). Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2012 (**figura 4.2**) è stata nettamente superiore alla media climatologica 1961-1990. L'anomalia media è stata positiva in tutti i mesi dell'anno tranne in febbraio, con valori più marcati da maggio a novembre e con massimo ad agosto (+2.0°C).

Esaminando la serie delle anomalie medie annuali rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, il 2012, con un'anomalia media di +0.97°C, risulta l'anno con temperatura marina superficiale più elevata dell'intera serie. Negli ultimi 16 anni l'anomalia media è stata sempre positiva (**figura 4.3**).

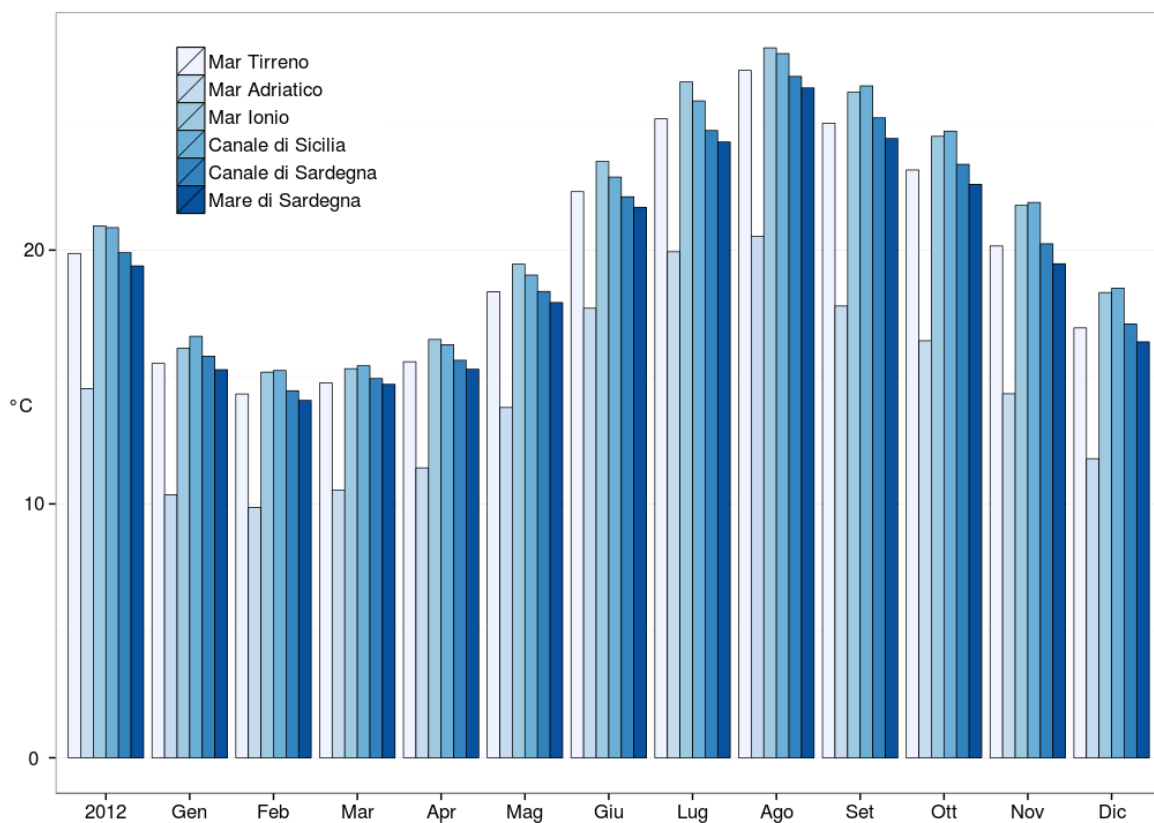


Figura 4.1: *Temperatura media superficiale del mare 2012 in Italia (annuale e mensile). Elaborazione ISPRA su dati NOAA.*

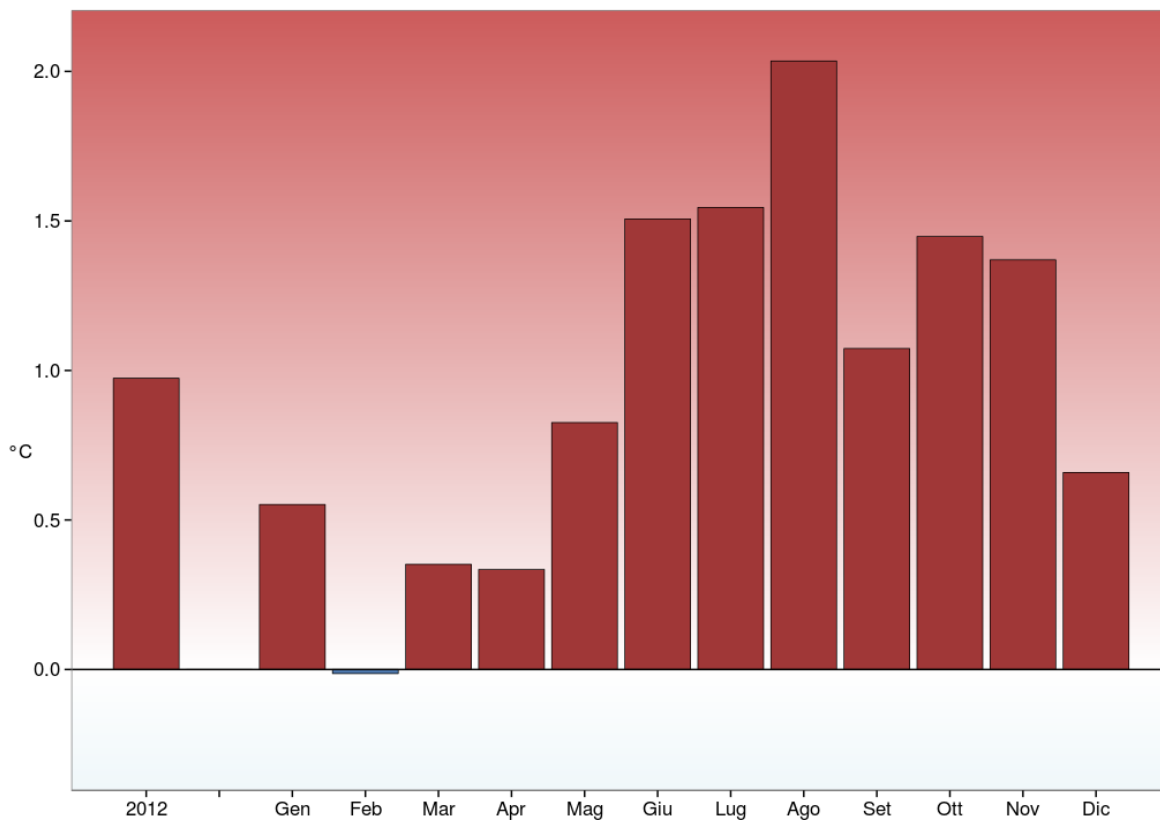


Figura 4.2: Anomalia media 2012 (annuale e mensile) della temperatura media superficiale dei mari italiani rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

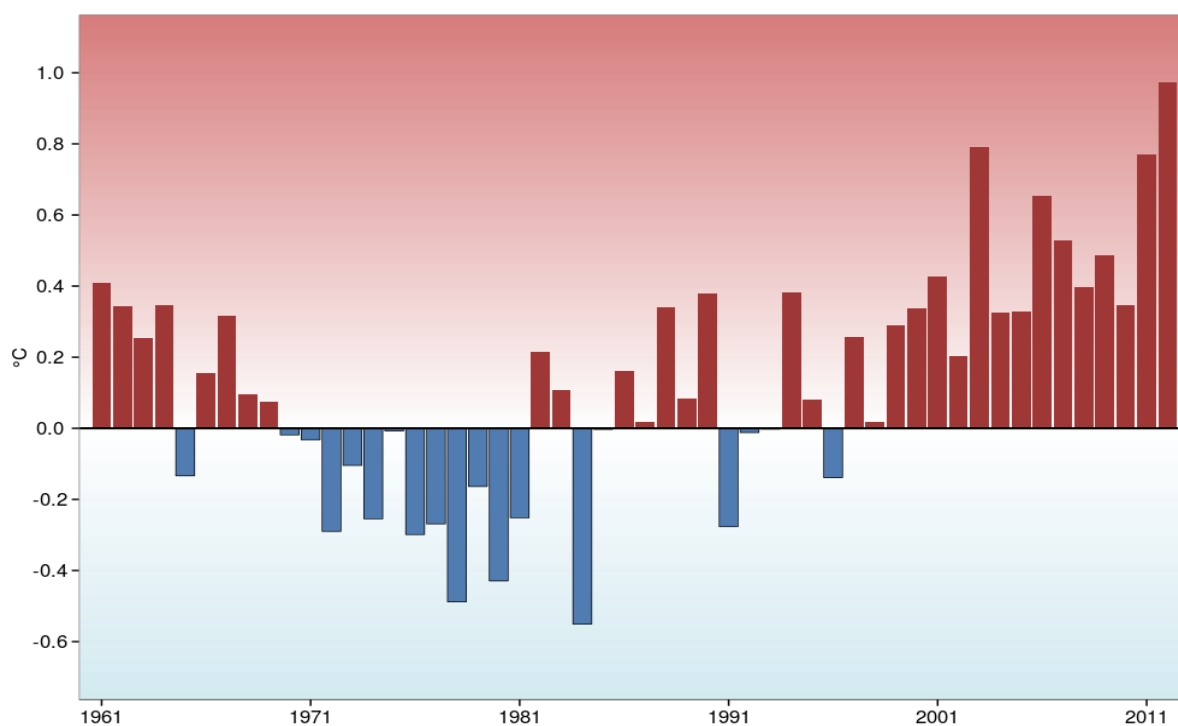


Figura 4.3: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

5. PRECIPITAZIONE

Anno 2012

Nella **figura 5.1** sono rappresentate le precipitazioni cumulate annuali calcolate sulle serie di dati disponibili per il 2012. Le stazioni di misura sono rappresentate da simboli diversi a seconda della rete di appartenenza.

I valori di precipitazione cumulata più elevati del 2012 sono stati registrati da due stazioni della rete regionale del Friuli Venezia Giulia: 3475 mm a Musi (UD, 620 m s.l.m.), 2995 mm a Chievolis (PN, 350 m s.l.m.).

L'andamento delle precipitazioni in Italia nel corso del 2012 è illustrato dal grafico di **figura 5.2** e dalle mappe delle **figure 5.3–5.5**. Le precipitazioni cumulate annuali del 2012 in Italia sono state complessivamente inferiori alla media climatologica del 10% circa. Le aree con precipitazioni più abbondanti della norma risultano essere le Alpi e Prealpi centro-orientali, le Marche, la parte meridionale della Puglia, e la Sicilia orientale e meridionale, con anomalie positive che generalmente non superano il 30%. Nel resto della penisola e sulla Sardegna le anomalie sono generalmente negative ma di entità contenuta (fino a -25% circa).

Al Nord e al Centro l'andamento nel corso dell'anno è stato piuttosto simile, con inverno ed estate meno piovosi della norma e autunno e primavera (specificatamente i mesi di aprile e maggio) con precipitazioni più abbondanti della norma. Al Sud e sulle Isole il mese di luglio è stato decisamente più piovoso della norma (in particolare in Sardegna) mentre in autunno le precipitazioni cumulate sono state molto vicine ai valori normali. Anche il mese di febbraio mostra una spiccata differenza tra l'Italia settentrionale (più la Toscana), dove il clima è stato molto secco, e il Centro-Sud, dove le precipitazioni sono state decisamente più abbondanti della norma.

Le **figure 5.3 e 5.4** mostrano la distribuzione spaziale della anomalia di precipitazione cumulata annuale del 2012, espressa rispettivamente come differenza percentuale e come differenza in mm di precipitazione rispetto al valore climatologico 1951-1980: nel caso delle precipitazioni è stato scelto questo trentennio di riferimento in considerazione della migliore copertura spaziale delle stazioni con dati utili. Le mappe delle **figure 5.5a e 5.5b** rendono un'idea dell'andamento complessivo delle precipitazioni sul territorio nazionale mese per mese. La loro realizzazione delle mappe comporta uno *smoothing* dei valori di anomalia, per cui le anomalie positive o negative di singole stazioni possono superare anche nettamente gli estremi della scala riportata sulla destra di ogni mappa. Come per le temperature, i colori rappresentano gli stessi valori di anomalia su tutte le figure, in modo da renderne più facile e immediato il confronto.

Variazioni e tendenze

La variabilità delle precipitazioni in Italia è illustrata dalla serie di anomalie di precipitazione cumulata annuale nel periodo 1951-2012, rispetto al valore climatologico 1951-1980 (**figura 5.6**). In considerazione sia della notevole variabilità spaziale e temporale delle precipitazioni che della disomogenità dei dati disponibili, le tre serie (Nord, Centro, Sud e Isole) sono state calcolate aggregando spazialmente i dati con il metodo dei poligoni di Thiessen (o tassellatura di Voronoi) [17]. I criteri di selezione delle serie e il procedimento adottato per il calcolo delle anomalie annuali nelle tre macro-aree è descritto in [8].

In media, nel 2012 le precipitazioni sono state inferiori alla norma del 9% circa al Nord e al Centro e del 12% circa al Sud. Al Centro e al Sud le precipitazioni cumulate sono state inferiori alla media 1951-1980 per 27 degli ultimi 32 anni, al Nord per 24 degli ultimi 32 anni.

Nella tabella 2 vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata, calcolati con un modello di regressione lineare. Le stime sono sostanzialmente confermate anche applicando un modello non parametrico (stimatore di Theil-Sen e test di Mann-Kendall, [18]). Nell'intervallo 1951-2012 i valori medi delle precipitazioni cumulate annuali risultano essere in leggera diminuzione ma in modo statisticamente significativo solo al Centro (rateo di variazione pari a $-3.0 \pm 0.9\%$ /10 anni) e al Sud ($-2.2 \pm 1.0\%$ /10 anni). Su base stagionale e considerando una sola serie aggregata per tutto il territorio nazionale (**figura 5.7**) la diminuzione risulta statisticamente significativa solo in inverno ($-4.9 \pm 1.8\%$

/10 anni). Per l'inverno, la precipitazione cumulata stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

PRECIPITAZIONE CUMULATA TREND (%/10 anni)	
ANNUALE	
Nord	(-1.7 ± 1.1)
Centro	-3.0 ± 0.9
Sud e Isole	-2.2 ± 1.0
STAGIONALE (Italia)	
Inverno	-4.9 ± 1.8
Primavera	(-1.5 ± 1.3)
Estate	(-1.3 ± 2.1)
Autunno	(-0.9 ± 1.6)

Tabella 2: Trend stimati (e relative deviazioni standard) delle precipitazioni cumulate dal 1951 al 2012. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi.

Frequenza, intensità, estremi

Nella **figura 5.8** sono rappresentate le precipitazioni massime giornaliere registrate nel 2012. 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.

Il valore più elevato (264 mm) è stato registrato dalla stazione di Musi (UD, 620 m s.l.m.); oltre che sulle Prealpi Venete e Friulane, precipitazioni giornaliere superiori a 200 mm sono state registrate da alcune località dell'Appennino Calabro.

Le precipitazioni massime giornaliere di circa 60 stazioni con i necessari requisiti di continuità e completezza delle serie e distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale, sono state elaborate e aggregate spazialmente per ricavare tre serie di anomalie rappresentative dell'andamento di questo indicatore in Italia negli ultimi 50 anni (**figura 5.9**). Dall'analisi di queste serie non emergono segnali evidenti di variazioni, anche se negli ultimi anni al Nord e al Sud le precipitazioni massime giornaliere risultano in media leggermente superiori ai rispettivi valori normali.

Per valutare l'andamento della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione, sono stati presi in considerazione anche alcuni indici definiti dal “CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection” [11]. Vengono presentate le serie temporali degli indici per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale, ottenuti aggregando i dati di un certo numero di stazioni appartenenti a ciascuna area. I criteri di selezione delle serie utili e i metodi di calcolo degli indici, che riprendono quelli di valutazioni analoghe a scala globale o continentale [13,14] sono descritti in [9].

L'indice R10 rappresenta il numero di giorni nell'anno con precipitazione ≥ 10 mm (**figura 5.10**). 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 1961-1990 (**figura 5.11**). L'intensità di pioggia giornaliera (SDII, *Simple Daily Intensity Index*) rappresenta la precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell'anno, considerando piovosi i giorni con precipitazione ≥ 1 mm (**figura 5.12**). Quasi tutte le serie temporali di questi indici, sottoposte ad analisi delle tendenze con modelli di regressione lineari o non parametrici [18], non mostrano trend statisticamente significativi dal 1961 al 2012. Fanno eccezione: l'R10 al Centro, con un debole trend in diminuzione di -1.2 giorni / 10 anni; l'R95p al Sud e sulle

Isole, con un trend in aumento di 12,3 mm / 10 anni; l'SDII al Nord e al Sud e Isole, con un debole trend in aumento di 2.4 mm/giorno ogni 100 anni. Complessivamente, dall'analisi delle serie temporali di questi indici non emergono segnali netti di variazioni significative della frequenza e della intensità delle precipitazioni nell'ultimo mezzo secolo. Va però tenuto presente che questo risultato è stato ottenuto su un insieme limitato di stazioni di misura per le quali è stato possibile determinare con sufficiente accuratezza e completezza le serie degli indici. Inoltre, per valutare in modo più approfondito l'esistenza di trend degli eventi di precipitazione intensa, sarebbe necessario elaborare lunghe serie osservative con frequenza oraria.

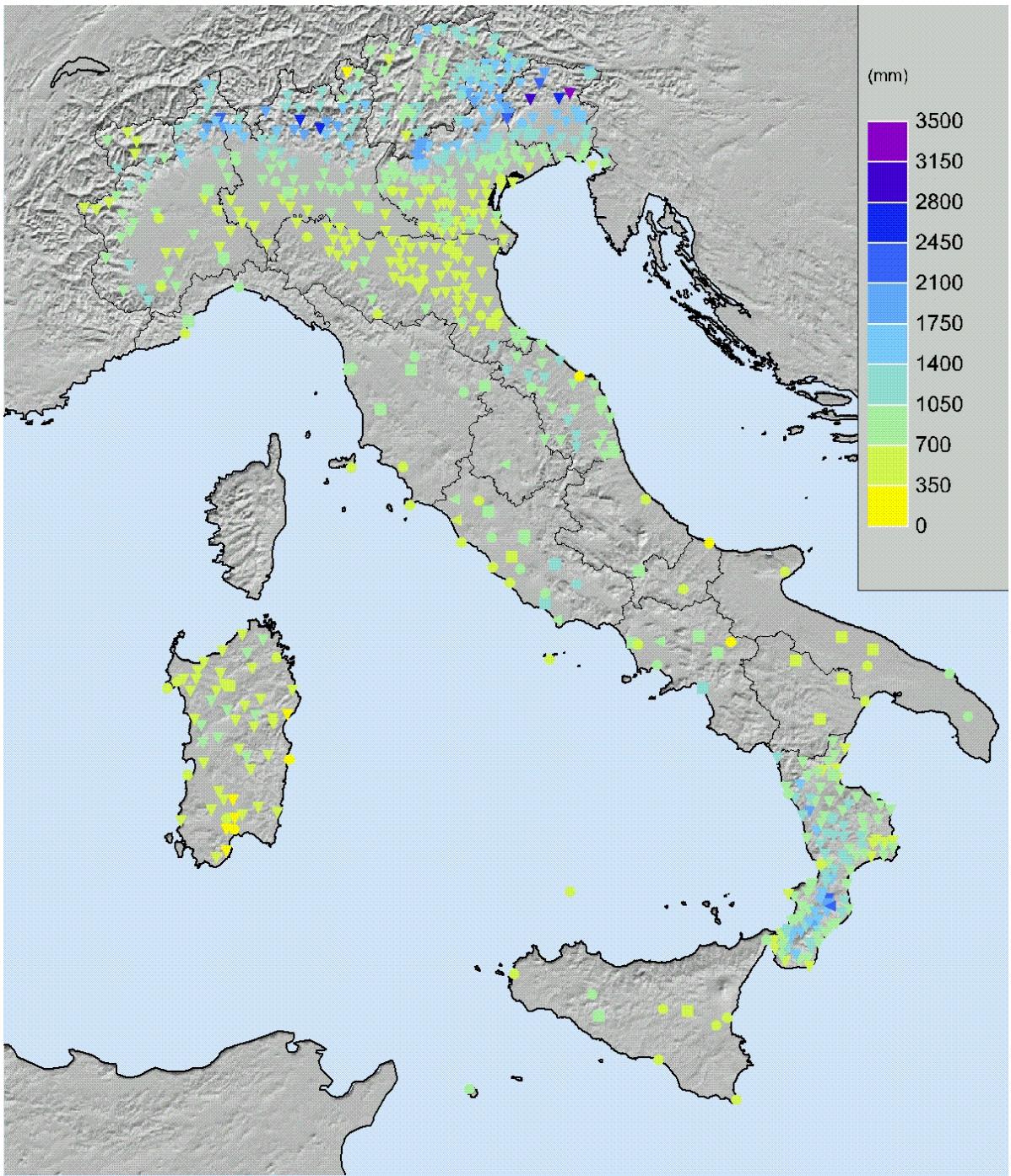


Figura 5.1: *Precipitazione cumulata 2012.*

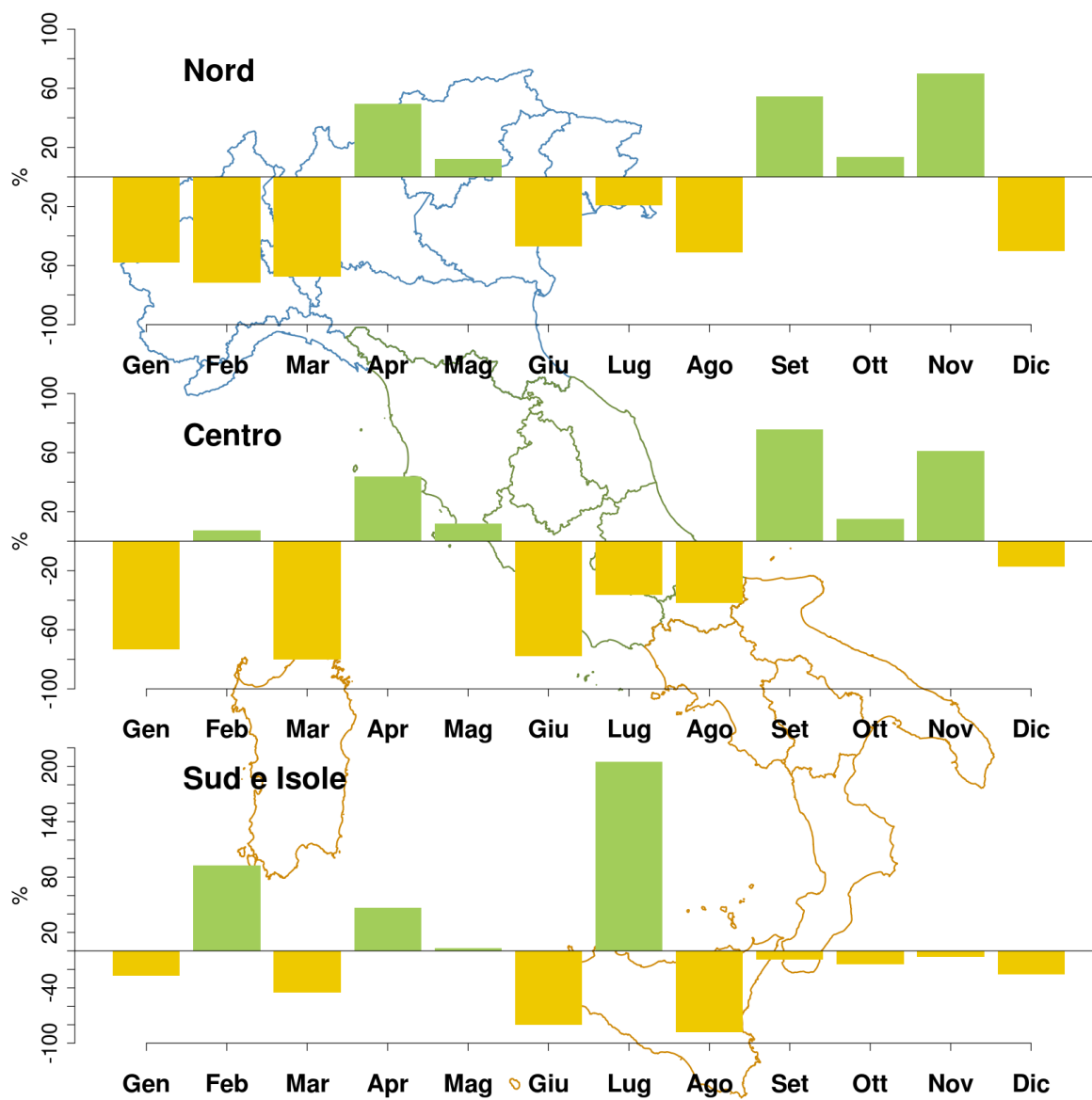


Figura 5.2: Anomalia media mensile 2012, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata rispetto al valore normale 1951-1980.

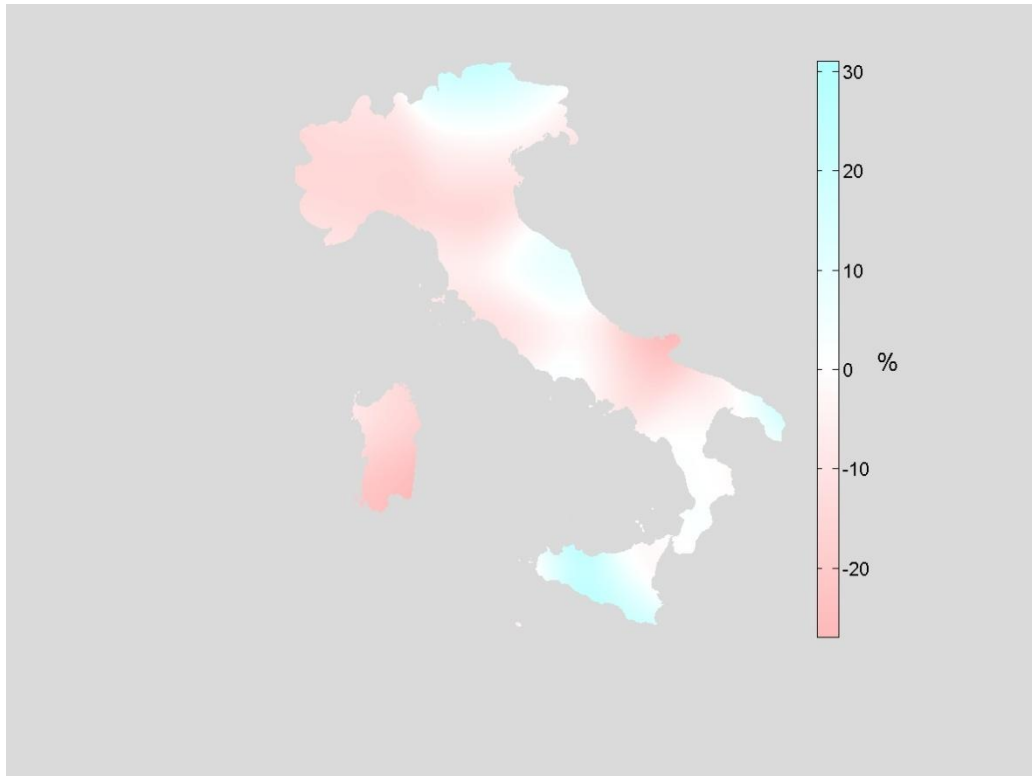


Figura 5.3: *Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2012, espressa in valori percentuali, rispetto al valore normale 1951-1980.*

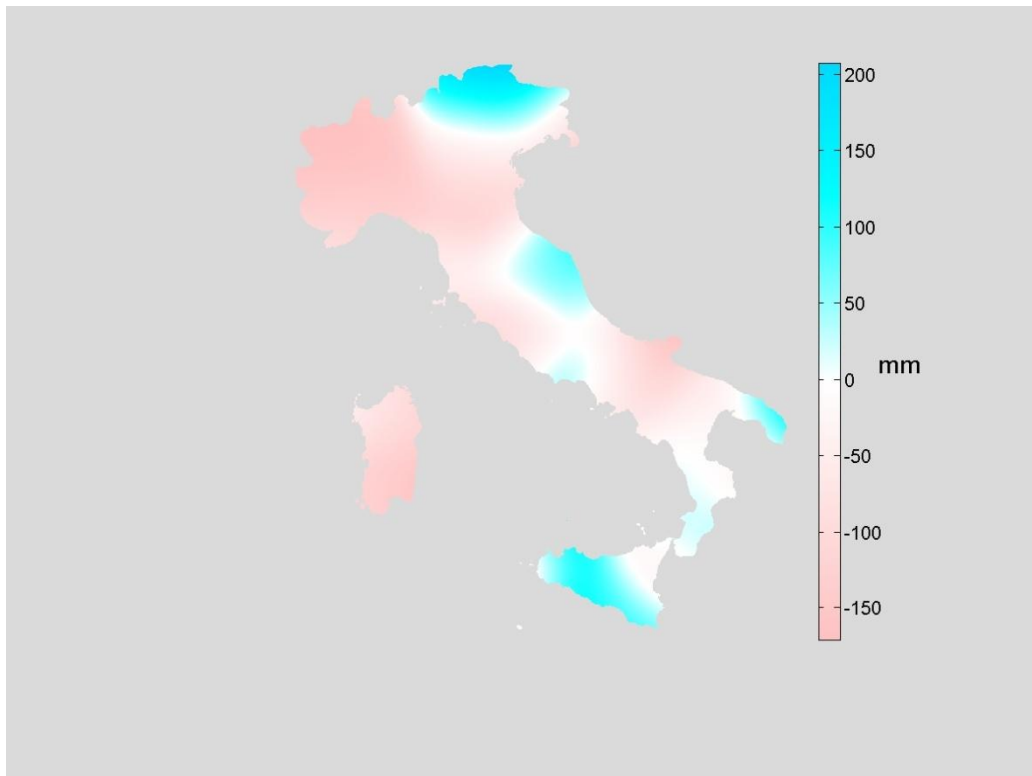


Figura 5.4: *Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2012, espressa in mm, rispetto al valore normale 1951-1980.*

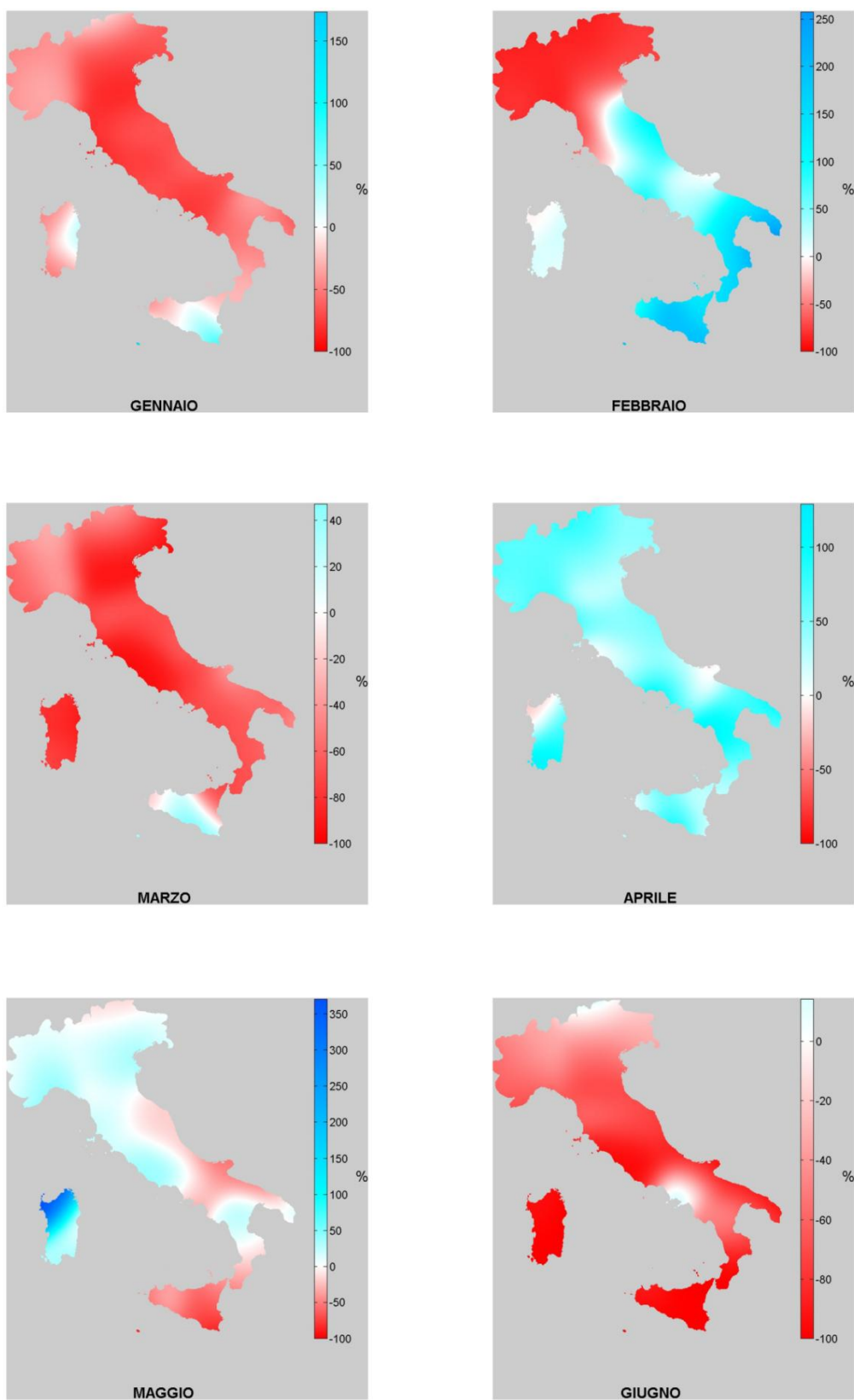


Figura 5.5a: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (gennaio-giugno) 2012, espresse in %, rispetto al valore normale 1951-1980. I colori rappresentano gli stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

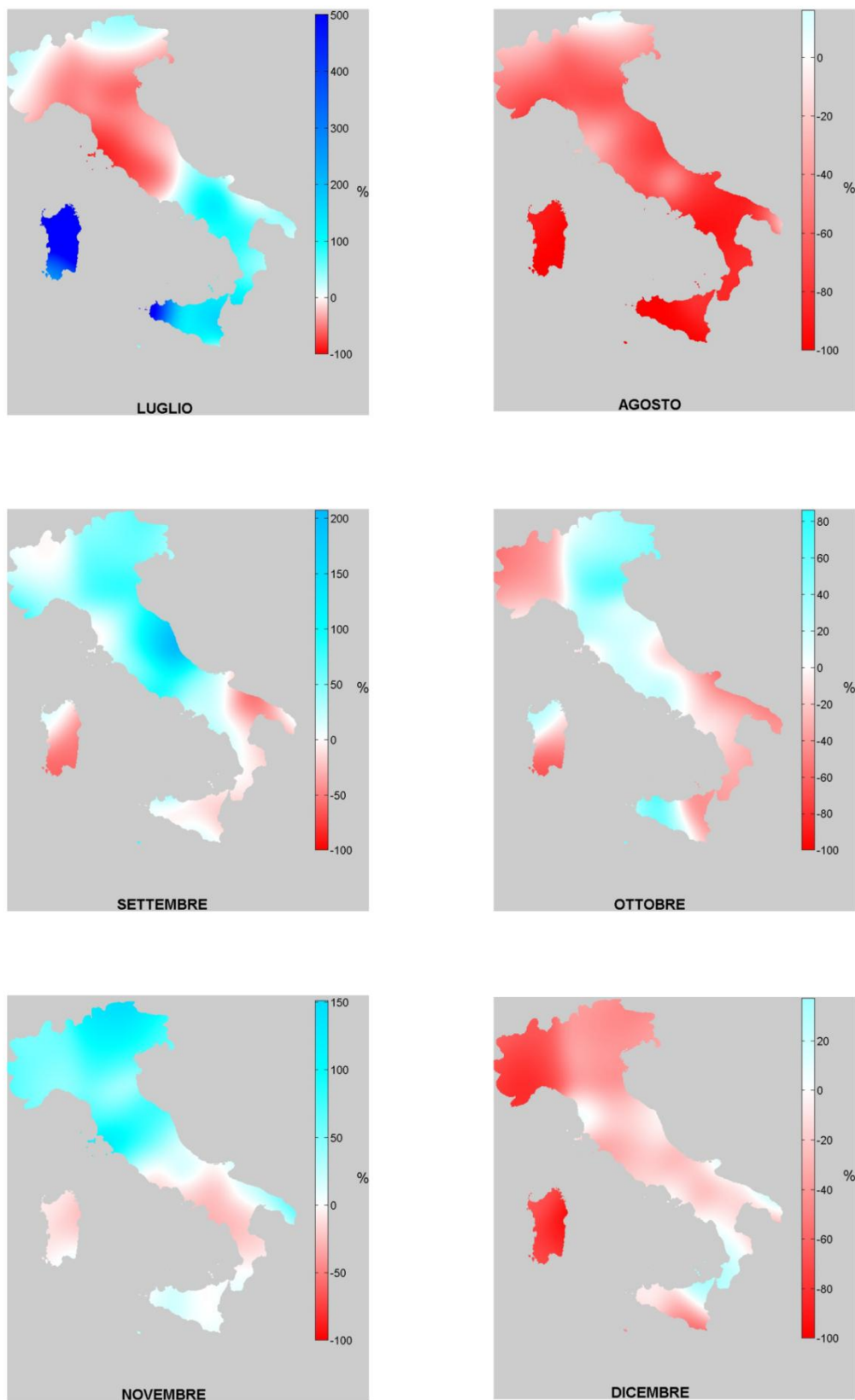


Figura 5.5b: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (luglio-dicembre) 2012, espresse in %, rispetto al valore normale 1951-1980. I colori rappresentano gli stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

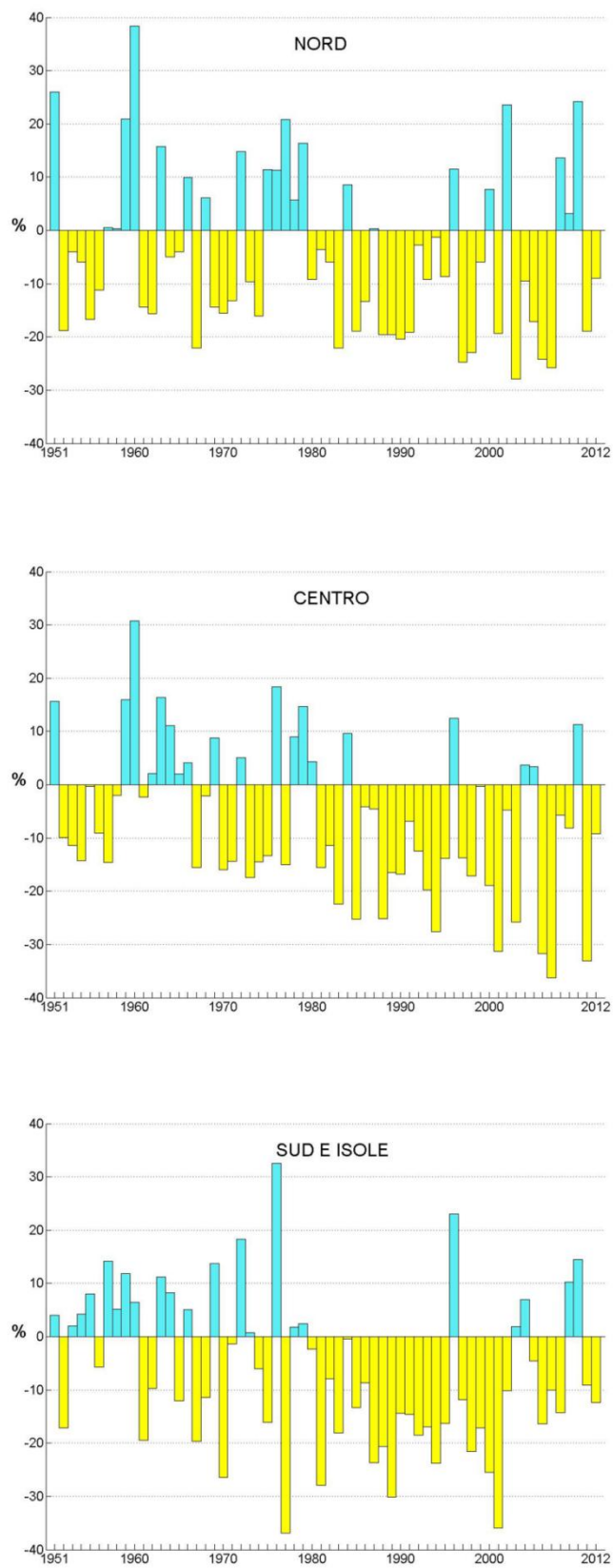


Figura 5.6: Serie delle anomalie medie, espresse in %, della precipitazione cumulata annuale in Italia rispetto al valore normale 1951-1980.

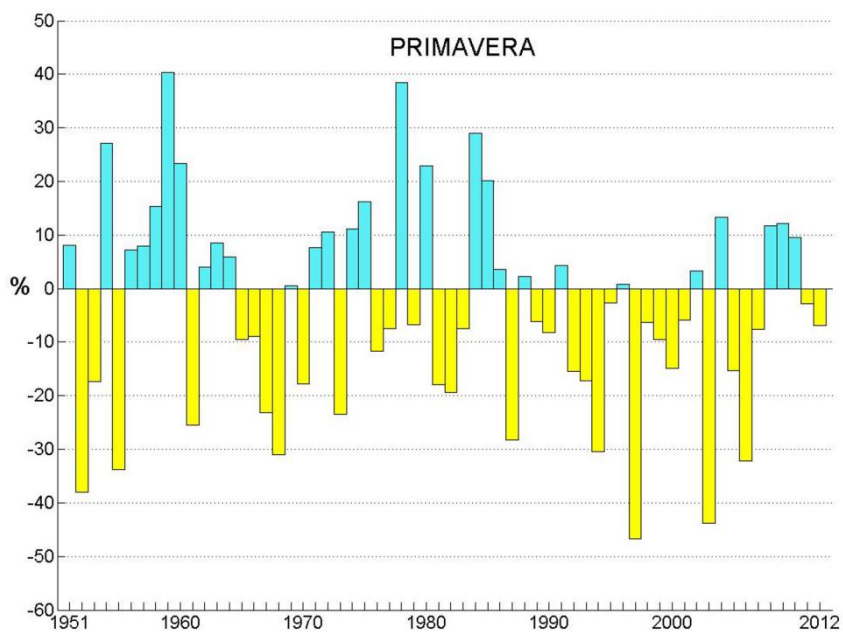
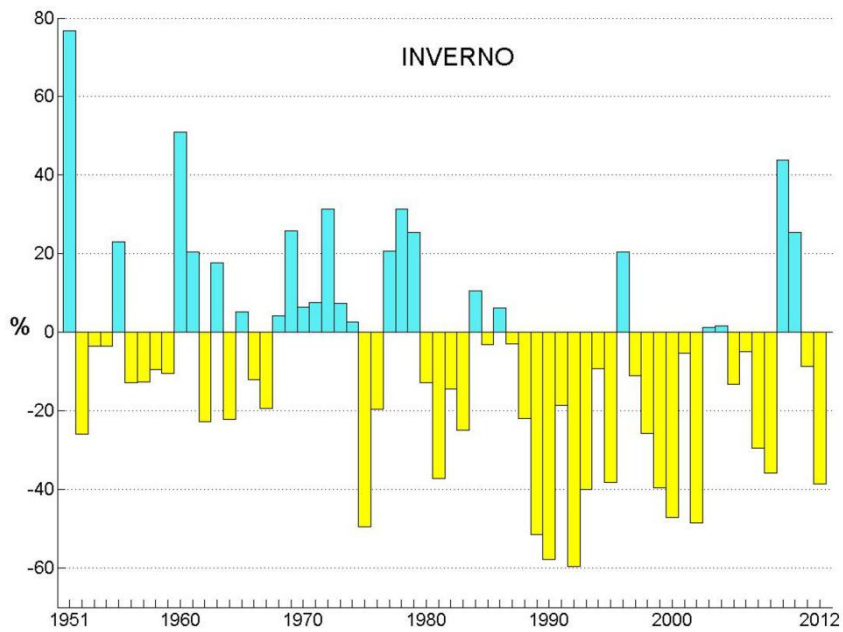


Figura 5.7a: Serie delle anomalie medie, espresse in %, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1951-1980 (inverno e primavera).

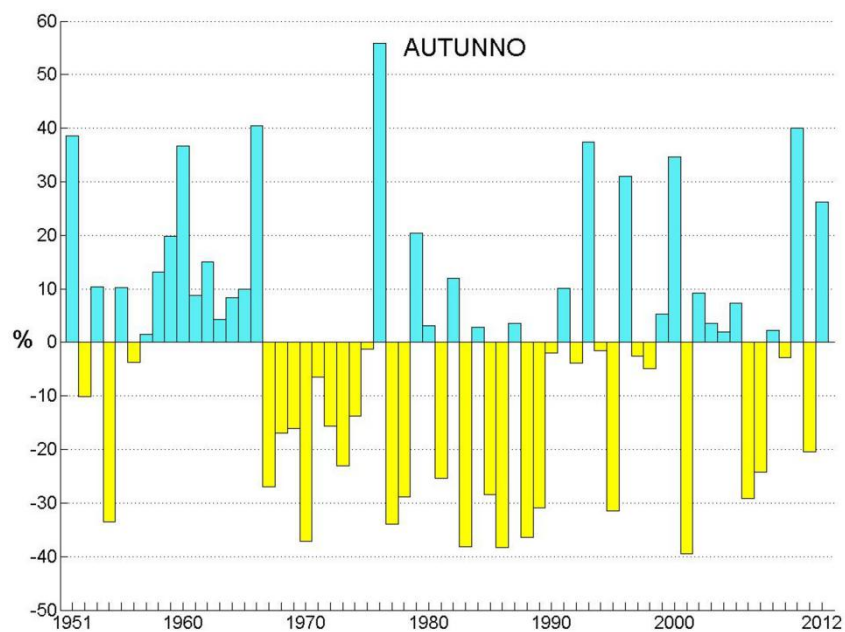
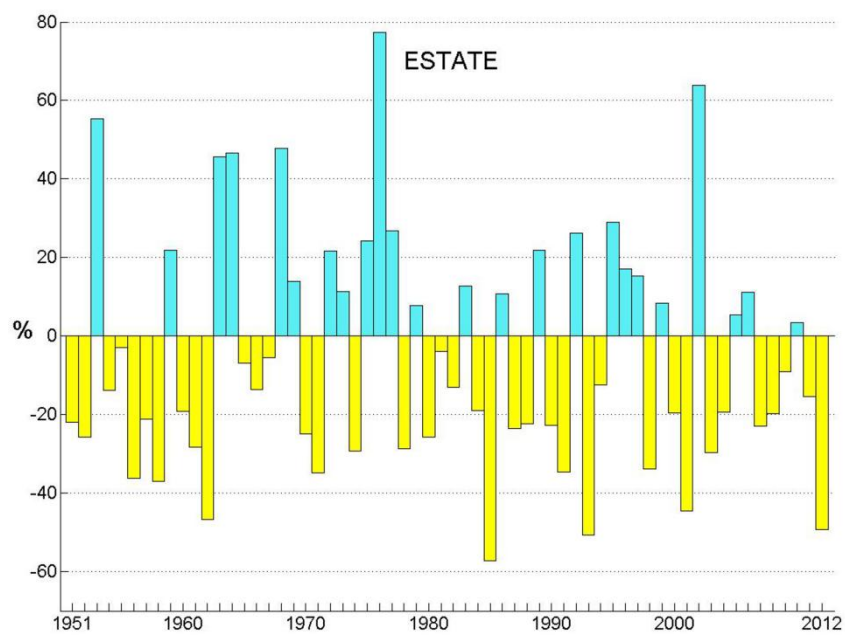


Figura 5.7b: Serie delle anomalie medie, espresse in %, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1951-1980 (estate e autunno).

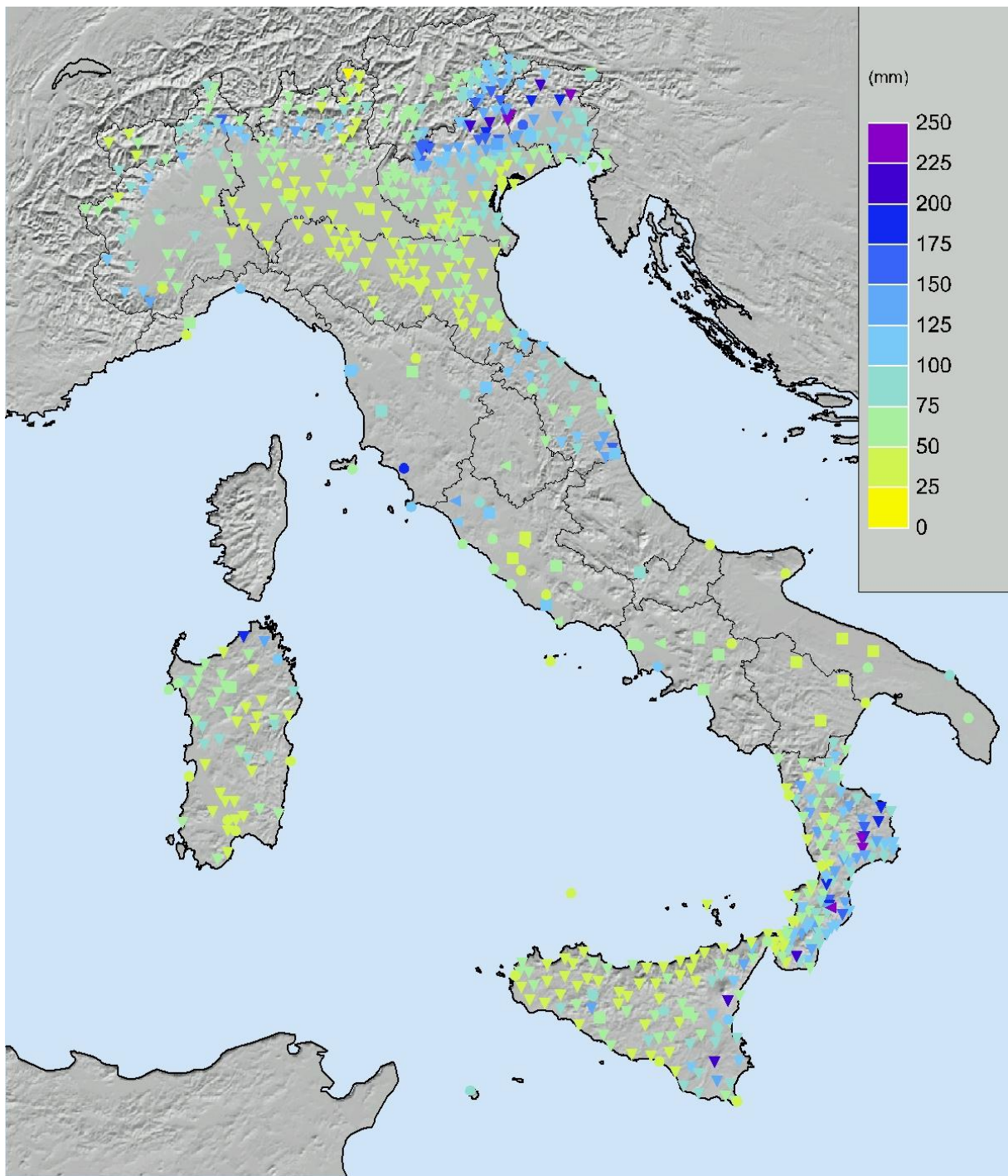


Figura 5.8: *Precipitazione massima giornaliera 2012.*

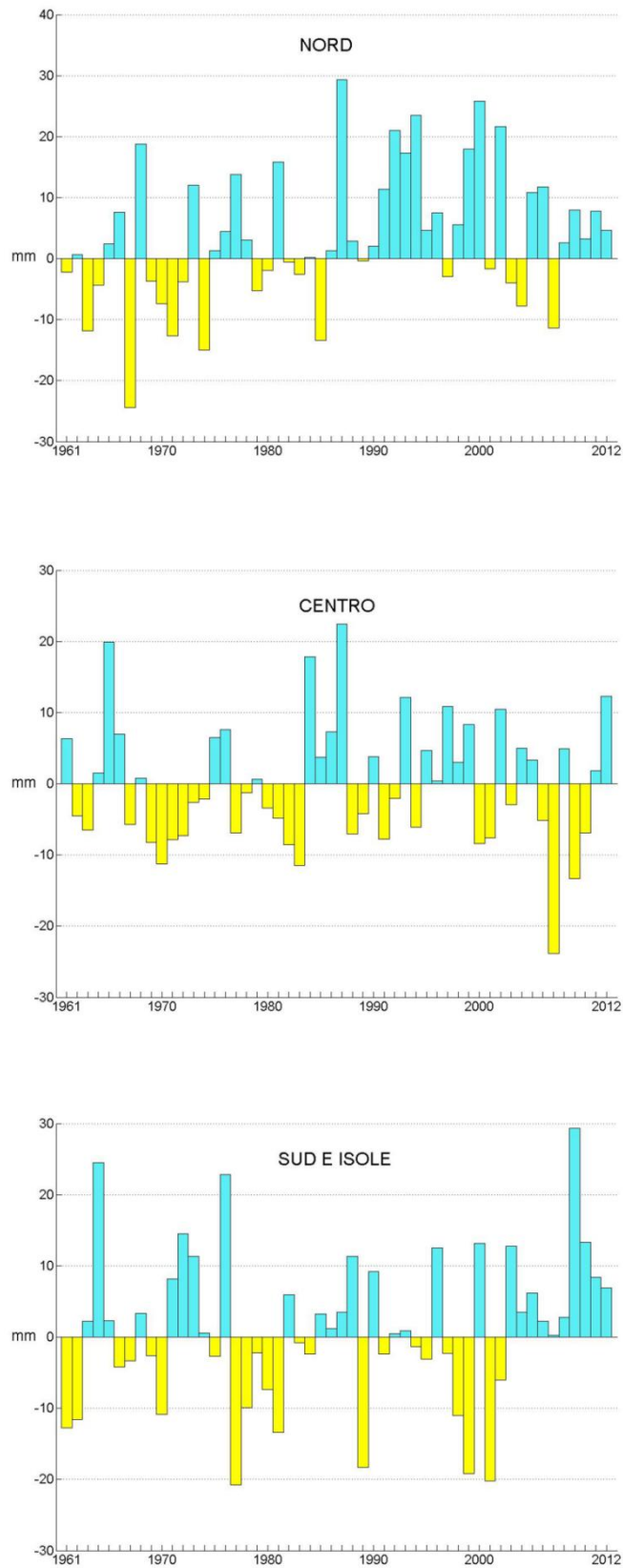


Figura 5.9: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni massime giornaliere rispetto al valore normale 1961-1990.



Figura 5.10: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, del numero di giorni nell'anno con precipitazione superiore od uguale a 10 mm (R10).



Figura 5.11: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni nei giorni molto piovosi (R95p).



Figura 5.12: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, della intensità di pioggia giornaliera (SDII).

6. UMIDITÀ RELATIVA

I valori di umidità relativa media annuale del 2012 sono compresi tra 53% e 86% circa (**figura 6.1**).

Nel 2012 l'umidità relativa in Italia (**figura 6.2**) è stata complessivamente inferiore alla media climatologica 1961-1990, con un'anomalia media annuale di circa -2% nell'Italia Settentrionale, -1% al Centro e -3% al Sud e sulle Isole.

Al Nord sono state registrate l'anomalia media mensile più bassa (agosto, -11% circa), e la più alta (aprile, +6% circa).

Nella **figura 6.3** è rappresentata la serie annuale dell'anomalia media di umidità relativa in Italia, ottenuta elaborando i dati di 35 stazioni, che soddisfano a requisiti di completezza e continuità delle serie nel periodo 1961-2012. Il 2012 si colloca al 2° posto dell'intera serie tra gli anni più secchi (-2.46%), dopo il 2003 (-3.88%).

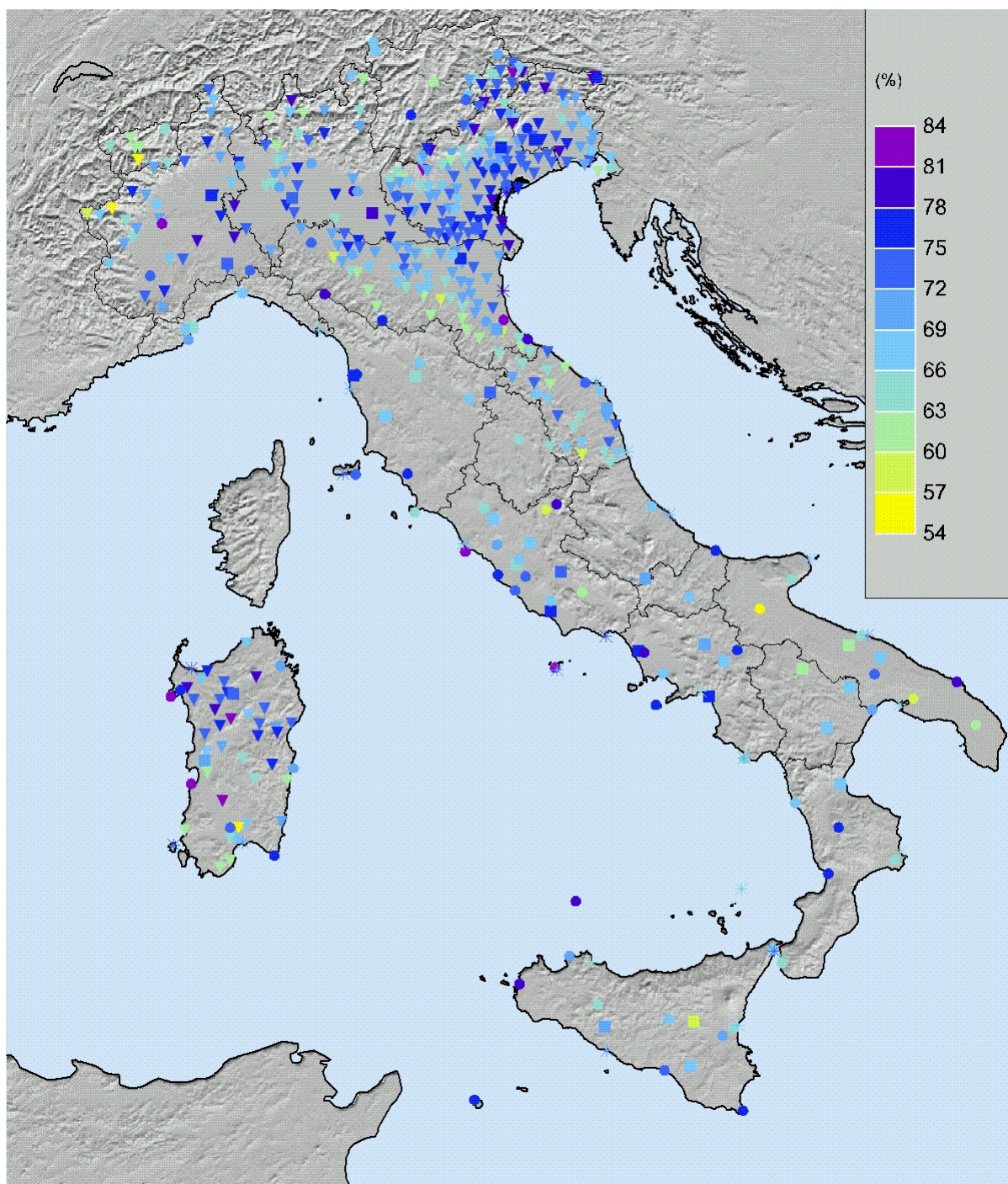


Figura 6.1: *Umidità relativa media 2012.*

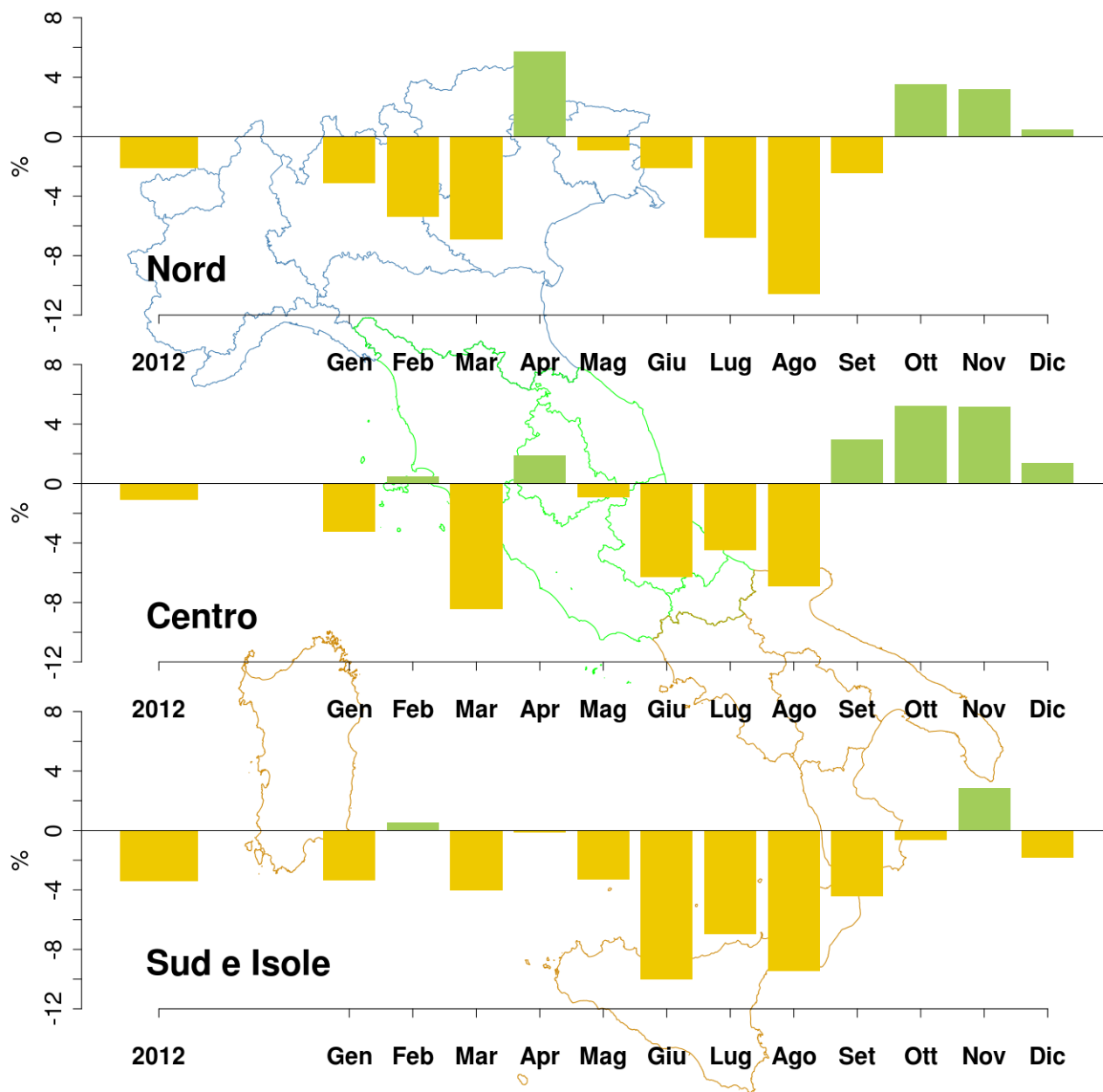


Figura 6.2: Anomalia media 2012 (annuale e mensile) dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961-1990

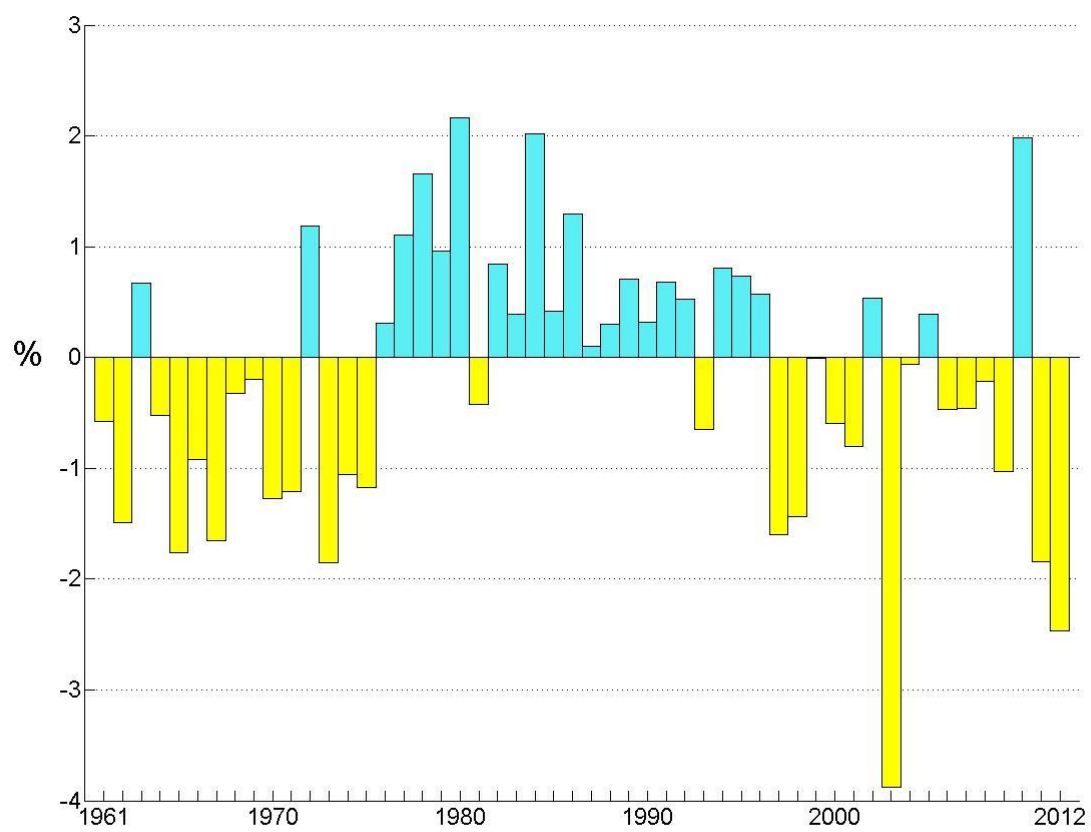


Figura 6.3: Serie delle anomalie medie annuali in Italia dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961–1990.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1]
Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006, Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. Sapere, Anno 72, n. 2, 62-69.
- [2]
Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2007, SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 48, n. 3, 351-358.
- [3]
Desiato F., 2007, SCIA, un sistema nazionale unico per i dati climatologici, ARPA Rivista, N. 1, gennaio-febbraio 2007.
- [4]
Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Toreti A., 2011, Climate indicators for Italy: calculation and dissemination, Adv. Sci. Res., 6, 147-150.
- [5]
WMO (World Meteorological Organization), 1990, Guide to climatological practices, seconda edizione, Ginevra.
- [6]
Baffo F., Suatoni B. e Desiato F., 2005, Indicatori climatici: i controlli di validità e la ricerca dei valori errati, Bollettino Geofisico, Anno XXVIII, N. 1-2.
- [7]
Baffo F., Desiato F., Lena F., Suatoni B., Toreti A., Bider M., Cacciamani C. e Tinarelli G., 2005, SCIA - Criteri di calcolo degli indicatori meteo climatici, www.scia.sinanet.apat.it - Documentazione.
- [8]
Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2012, Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 32/2012.
- [9]
Desiato F., Fioravanti G., Piervitali E. e Desiato F., 2013, Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura in Italia, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 37/2013.
- [10]
Toreti A., Desiato F., 2007: Temperature trend over Italy from 1961 to 2004. Theor. Appl. Climatol., 91, 51–58.
- [11]
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.
- [12]
Toreti A. e Desiato F., 2008, Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years, International J. Climatology, 28, 733-745.
- [13]
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.

[14]

Klein Tank A. M. G. e Können G. P., 2003, Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99, *J. Climatology*, 16, 3665-3680.

[15]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2003, Extended Reconstruction of Global Sea Surface Temperatures Based on COADS Data (1854-1997), *Journal of Climate*, 16, 1495-1510.

[16]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2004, Improved Extended Reconstruction of SST (1854-1997). *Journal of Climate*, 17, 2466-2477.

[17]

Li J. e Heap A.D., 2008, A review of spatial interpolation methods for environmental scientists, *Geoscience Australia, Record 2008/23*, 137 pp.

[18]

Sen P. K., 1968: Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *Journal of American Statistical Association*, 63, 1379–1389.