

I normali climatici 1991-2020 di temperatura e precipitazione in Italia

I normali climatici 1991-2020 di temperatura e precipitazione in Italia

Informazioni legali

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

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

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

ISPRA, Stato dell'Ambiente 99/2022
ISBN 978-88-448-1120-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Walter Perconti

ISPRA – Area per il monitoraggio della qualità dell'aria e per la climatologia operativa

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Autori

Guido Fioravanti, Piero Frascchetti, Francesca Lena, Walter Perconti, Emanuela Piervitali (ISPRA)

Sommario

1. Introduzione	5
2. Dati e requisiti di calcolo	6
3. Valori climatologici 1991-2020	8
3.1 Temperatura	8
3.2 Precipitazione	22
Bibliografia	26

1. Introduzione

I normali climatici sono definiti come i valori medi di una variabile climatica su un periodo di riferimento di 30 anni (WMO, 2018) e rappresentano i valori rispetto ai quali confrontare le osservazioni e monitorare l'andamento del clima.

Definiti dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization - WMO) all'inizio del XX secolo, con l'obiettivo di fissare una base climatica standard rispetto alla quale calcolare le anomalie (scostamenti dai valori normali) per consentire il confronto tra le osservazioni dei servizi meteorologici dei vari Paesi del mondo, i normali climatici hanno acquisito un impiego più esteso nel corso del tempo.

In particolare, i valori normali vengono attualmente largamente utilizzati anche con la finalità di fornire i valori medi rappresentativi del clima attuale o del passato recente, utili a dare indicazioni sul clima atteso in un determinato luogo, per considerazioni di pianificazione a lungo termine (energia, impatti, etc.).

Come sottolineato da Arguez e Vose (2011) l'utilizzo dei valori normali con questa seconda finalità, si basa sull'assunzione che la migliore stima dell'andamento futuro sia il comportamento del passato, che presuppone una situazione di clima stazionario, caratterizzato da variabilità naturale ma privo di trend statisticamente significativi delle variabili climatiche. I limiti di questo approccio sono stati illustrati da diversi studi, che ne hanno discusso l'accuratezza in un clima non stazionario (Scherrer et al., 2006; Livezey et al., 2007; Krakauer e Devineni, 2015), evidenziando che i valori medi su periodi recenti, di durata anche inferiore a 30 anni, possono essere più rappresentativi delle condizioni climatiche in corso e che trascurare il cambiamento climatico in atto porta a una stima delle condizioni climatiche attese potenzialmente imprecise o distorte (Rigal et al., 2019). Queste valutazioni hanno particolare rilevanza con riferimento alla temperatura, considerando che il riscaldamento globale è ormai inequivocabile, come confermato dall'ultimo rapporto IPCC AR6: la temperatura superficiale globale nel ventennio 2001-2020 è stata di 0.99°C superiore a quella del periodo 1850-1900, e nel decennio 2011-2020 è stata di 1.09°C superiore a quella del periodo 1850-1900 (IPCC, 2021); in particolare la regione Mediterranea si è riscaldata e continuerà a riscaldarsi maggiormente della media globale, soprattutto in estate (IPCC, 2022).

Questa problematica, considerata anche in alcuni documenti del WMO (2007; 2015), ha messo in evidenza la necessità di fornire una base climatica aggiornata, più rappresentativa del clima attuale e di quello atteso e ha portato il WMO a rivedere la stessa definizione di "normali climatici standard", che inizialmente identificavano i valori medi riferiti ai trentenni consecutivi non sovrapposti a partire dal 1901 (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 e così via). Le nuove linee guida WMO (2017) definiscono "normali standard" i valori medi di una variabile climatica riferiti all'ultimo trentennio che termina con zero, raccomandando di aggiornare i normali ogni 10 anni, al fine di fornire valori di riferimento che descrivano meglio le condizioni climatiche recenti.

I normali continuano ad essere calcolati su un periodo standardizzato a livello internazionale, stabile e valido per molti anni, quando vengono invece utilizzati come riferimento nelle serie di lungo periodo, ad esempio per il calcolo della serie di anomalie della temperatura media globale.

In un precedente rapporto ISPRA (Desiato et. al., 2014) erano stati calcolati i normali climatici di temperatura (media, minima e massima) e di precipitazione cumulata, utilizzando le serie temporali disponibili attraverso il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.isprambiente.it) che assicura da diversi anni la disponibilità di dati, statistiche e indici climatici di qualità controllata, provenienti dalle principali reti osservative nazionali e regionali, con passo temporale decadale, mensile e annuale (Desiato, 2007; Desiato et al., 2006; 2007; 2011).

Nel corso degli ultimi anni il database del sistema SCIA è stato arricchito con un dataset nazionale di serie temporali di temperatura e precipitazione con passo giornaliero, realizzato integrando serie provenienti da fonti diverse (Fioravanti e Piervitali, 2018). Sulla base di questo nuovo dataset nazionale, che è stato

ulteriormente ampliato con altre fonti di dati al fine di garantire una maggiore copertura temporale e spaziale, sono stati aggiornati i valori climatologici dei trentenni 1961-1990, 1971-2000 e 1981-2010 e sono stati calcolati i normali standard, relativi all'ultimo trentennio disponibile 1991-2020.

Poiché l'analisi del clima presuppone l'utilizzo di lunghe serie di dati di qualità controllata, complete e omogenee, tutte le serie sono state sottoposte ad un processo di revisione, che ha previsto l'omogeneizzazione delle serie di temperatura e la selezione delle serie omogenee di precipitazione, tramite l'applicazione di metodi statistici. Per fornire una descrizione climatologica più completa, oltre ai normali di temperatura (media, massima e minima) e precipitazione cumulata, sono stati calcolati anche i normali di alcuni parametri climatologici secondari (numero di giorni superiori a soglie prefissate di temperatura o precipitazione, gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento etc.). I risultati sono presentati sotto forma di tabelle, grafici di sintesi e mappe nell'app web dedicata (al link valori-climatici-normali.isprambiente.it); in questo rapporto sono sintetizzati i risultati relativi all'ultimo trentennio 1991-2020.

2. Dati e requisiti di calcolo

Per questo lavoro sono state estratte in gran parte le serie di temperatura (massima e minima) e di precipitazione dal dataset di dati giornalieri del sistema SCIA, realizzato tramite l'acquisizione, l'integrazione e il controllo di serie di temperatura e precipitazione provenienti da fonti diverse.

Con l'obiettivo principale di reperire un maggior numero di serie per il periodo 1991-2020, la base di dati giornalieri SCIA è stata arricchita con dati provenienti da ulteriori fonti, riportate in Tabella 1.

Tali dati sono stati richiesti direttamente agli enti proprietari oppure scaricati dai siti web, liberamente accessibili, dei Centri Funzionali o Servizi regionali, in diversi formati (pdf, csv e html), richiedendo pertanto una successiva elaborazione.

Tabella 1 – Fonti di dati che contribuiscono al dataset di temperatura e precipitazione con passo giornaliero.

Fonte dati	Sito Web
Servizio Idrografico e Mareografico – Regione Abruzzo	https://www.regione.abruzzo.it/content/idrografico-mareografico
Protezione Civile – Regione Basilicata	http://www.protezionecivilebasilicata.it/protcivbas/home.jsp
Protezione civile – Regione Puglia	https://protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale-decentrato/
Settore Idrologico Regionale – Regione Toscana	http://www.sir.toscana.it/
Centro Funzionale – Regione Autonoma Valle d'Aosta	http://cf.regione.vda.it

Dove possibile, sono state unite le serie di dati che, pur derivando da fonti diverse, sono state identificate come appartenenti alla stessa stazione di misura o ad una stazione limitrofa, con caratteristiche climatiche simili.

Tutte le serie sono state sottoposte a procedure automatiche di controllo di qualità dei dati (Fioravanti et al., 2016). Inoltre, poiché una corretta analisi climatica presuppone che le serie di dati siano omogenee nel periodo medio di riferimento, ovvero prive di discontinuità dovute a cause artificiali (Menne et al., 2010; Vincent et al., 2009), le serie sono state sottoposte ad un processo di revisione che ha previsto un controllo dell'omogeneità. Le serie di temperatura minima, media e massima sono state controllate e omogeneizzate utilizzando il pacchetto software Climatol (Guijarro, 2018), che è fra quelli indicati dalla WMO nell'ultimo rapporto sull'omogeneizzazione (WMO, 2020). Questo software si basa su un metodo relativo che utilizza il confronto fra la serie candidata e una serie di riferimento e opera con un approccio completamente automatico al fine di identificare e correggere le disomogeneità multiple nelle serie. Per la precipitazione sono state invece selezionate le serie omogenee, sulla base dei risultati del test di Pettitt (Pettitt, 1979, Kocsis et al., 2020).

Per il calcolo dei valori normali le serie sono state poi selezionate secondo specifici requisiti di completezza e continuità, forniti dalle nuove linee guida del WMO (WMO, 2017; 2018), che contengono alcuni aggiornamenti rispetto alle precedenti indicazioni.

Per i parametri climatici rappresentati dal valore medio, come la temperatura, il normale mensile deve essere calcolato sulla base della media dei valori giornalieri del mese, in ogni anno. Un mese è considerato valido se mancano non più di 10 giorni in totale e non più di 4 giorni consecutivi (regola 10/4).

Anche per quanto riguarda i parametri secondari rappresentati da un conteggio (sia riferiti alla temperatura che alla precipitazione) si applica la regola 10/4 per il calcolo dei valori mensili.

Per i parametri rappresentati dalla somma, come la precipitazione cumulata, il normale mensile deve essere calcolato sulla base della somma dei valori giornalieri del mese, che è ritenuto valido solo se sono presenti i dati relativi a tutti i giorni.

Per poter calcolare il normale mensile, come media dei valori mensili, sia di temperatura che di precipitazione, è richiesto l'80% dei mesi validi nella serie.

Il normale annuale deve essere calcolato a partire dai normali mensili come media (o come somma nel caso della precipitazione) dei 12 valori normali mensili, senza considerare la diversa lunghezza dei mesi. Se manca uno dei normali mensili non può essere calcolato il normale annuale. In maniera analoga viene calcolato il normale stagionale, sulla base dei tre normali mensili che ricadono nella stagione.

La selezione finale comprende 394 serie complete per la temperatura minima (sono invece 465 le serie per le quali mancando dei valori mensili non è possibile calcolare il normale annuale), 312 serie complete di temperatura media (su 368 serie totali), 436 serie complete di temperatura massima (su 516 totali), e 478 serie complete di precipitazione (che aumentano a 577 per i parametri secondari rappresentati da un conteggio) su un totale di 584 serie.

3. Valori climatologici 1991-2020

I valori normali standard 1991-2020 sono stati calcolati a scala mensile, stagionale e annuale, per la temperatura (massima, minima, media), la precipitazione cumulata, nonché per gli ulteriori indicatori climatici riportati nella Tabella 2, al fine di fornire elementi per una descrizione climatologica completa.

Tabella 2 – Riepilogo indicatori climatici di temperatura e precipitazione.

Variabile	Indicatori	Unità di misura
Temperatura	Temperatura massima (Tmedia)	°C
	Temperatura minima (Tmin)	°C
	Temperatura media (Tmax)	°C
	Escursione massima giornaliera	°C
	Giorni con Tmax ≥ 25°C	giorni
	Giorni con Tmax ≥ 30°C	giorni
	Giorni con Tmax ≥ 35°C	giorni
	Giorni con Tmax ≥ 40°C	giorni
	Giorni con Tmin > 20°C	giorni
	Giorni con Tmin < 0°C	giorni
	Gradi giorno di raffrescamento (1)	°C
	Gradi giorno di riscaldamento (1)	°C
Precipitazione	Precipitazione cumulata	mm
	Giorni con precipitazione ≥ 1 mm	giorni
	Giorni con precipitazione ≥ 5 mm	giorni
	Giorni con precipitazione ≥ 10 mm	giorni
	Giorni con precipitazione ≥ 20 mm	giorni
	Giorni con precipitazione ≥ 50 mm	giorni
	Giorni con precipitazione ≥ 100 mm	giorni

(1) I gradi giorno descrivono il fabbisogno energetico degli edifici in termini di riscaldamento (HDD) o raffrescamento (CDD):
 se $T_m \leq 15^\circ\text{C}$: $\text{HDD} = \sum_i (18^\circ\text{C} - T_{im})$ dove T_{im} è la temperatura media dell'aria del giorno i ;
 se $T_m \geq 24^\circ\text{C}$: $\text{CDD} = \sum_i (T_{im} - 21^\circ\text{C})$ dove T_{im} è la temperatura media dell'aria del giorno i .
https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_chdd_esms.htm

I valori normali mensili, stagionali e annuali relativi a ciascuna delle stazioni di misura distribuite sull'intero territorio nazionale, sono consultabili e scaricabili al link dell'app web dedicata (valori-climatici-normali.isprambiente.it) per tutti gli indicatori e tutti i trentenni (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 e 1991-2020).

Di seguito riportiamo un riepilogo della distribuzione di temperatura e precipitazione nel trentennio più recente, 1991-2020.

3.1 Temperatura

La distribuzione delle stazioni per le quali è stato possibile calcolare i valori normali per la temperatura media (368 stazioni) è mostrata in figura 1.

Nella figura 2 è stata rappresentata tramite box plot la distribuzione statistica dei normali annuali e stagionali di temperatura media; mentre nella figura 3 è mostrata la distribuzione dei valori mensili.

La mediana dei normali annuali di questo set è 13.8°C e il 50% dei valori è compreso fra 12 e 15.7°C ; a scala stagionale i normali si distribuiscono intorno a 4.5°C in inverno, a 13.3°C in primavera, a 23.1°C in

estate e a 14.2°C in autunno. Mensilmente i valori si distribuiscono intorno al valore di 3.8°C a gennaio e di 23.8°C a luglio.

Il valore normale medio nazionale per la temperatura media è pari a 13.2°C.

La distribuzione delle stazioni per le quali è stato possibile calcolare i valori normali per la temperatura minima (465 stazioni) è mostrata in figura 4.

I box plot dei normali annuali e stagionali della temperatura minima, sono riportati nella figura 5, mentre nella figura 6 vengono mostrati quelli mensili. Per i normali annuali la mediana ha un valore di 8.7°C (con il 50% dei valori compresi fra 6.3 e 11°C), mentre a scala stagionale i normali si distribuiscono intorno a 0.6°C in inverno, a 7.8°C in primavera, a 16.8°C in estate e a 9.6°C in autunno. Mensilmente i valori si distribuiscono intorno al valore di 0.3°C a gennaio e di 17.4°C a luglio e ad agosto.

Il valore normale medio nazionale per la temperatura minima è pari a 8.4°C.

La distribuzione delle stazioni per le quali è stato possibile calcolare i valori normali per la temperatura massima (516 stazioni) è mostrata in figura 7.

Il box plot della distribuzione statistica dei normali di temperatura massima, (figura 8 e figura 9) mette in evidenza una mediana dei normali annuali del periodo di 19°C (50% dei valori compresi fra 16.4°C e 20.6°C). A scala stagionale i valori si distribuiscono intorno a 8.8°C in inverno, a 18.4°C in primavera, a 28.7°C in estate e a 19.1°C in autunno, mentre mensilmente si distribuiscono intorno al valore di 8°C a gennaio e di 29.6°C a luglio e ad agosto.

Il valore normale medio nazionale per la temperatura massima è pari a 18°C.

I normali di temperatura sono stati interpolati su un grigliato di risoluzione 1x1 km, utilizzando il *regression kriging* (Hengl et al. 2003, 2007), in cui parte della variabilità dei dati viene spiegata mediante un modello di regressione e parte interpolandone i residui attraverso *kriging* ordinario.

Il modello di regressione è stato costruito utilizzando come covariate la latitudine e la quota s.l.m. di ciascun punto stazione, in quanto significativamente correlate con la temperatura. Questo metodo ha consentito una spazializzazione realistica dei normali di temperatura anche su aree non ben coperte dalle stazioni di misura.

Nella figura 10 vengono presentate le mappe dei valori normali annuali delle temperature media, massima e minima.

I valori normali della temperatura media si distribuiscono tra il minimo di 2.4°C registrato sul Monte Faloria (in provincia di Belluno ad una quota di 2210 m s.l.m.) e il massimo di 19.5 °C riscontrato a Mazara del Vallo (in provincia di Trapani).

La mappa mette in evidenza che i valori più bassi si registrano sull'arco alpino occidentale e centrale, mentre quelli più elevati (compresi tra 17.5 e 19°C) si registrano soprattutto nella penisola salentina e su Sardegna e Sicilia meridionale. È anche evidente l'omogeneità della media climatica su tutta la Pianura Padana.

I normali annuali della temperatura minima sono compresi tra il minimo di -3.3°C in prossimità della Cima Careser (in provincia di Trento ad una quota di 2600 m s.l.m.) e il massimo di 16.25° di Messina. I valori più bassi si riscontrano sull'intero arco alpino, con valori compresi fra -1.2°C e 0°C, mentre quelli più elevati si registrano principalmente in Puglia, Calabria, Sicilia e Sardegna con valori compresi fra 13°C e 15°C.

I normali annuali della temperatura massima sono compresi tra il valore minimo di 5.4°C sul gruppo montuoso della Paganella (in provincia di Trento) e il massimo di 25.8°C di Lentini (in provincia di Siracusa). I valori più bassi si registrano sull'arco alpino, mentre quelli più alti (superiori a 21°C) si registrano principalmente su Puglia, Calabria, Sardegna e Sicilia. Nella Pianura Padana si osserva un'area piuttosto estesa con temperatura compresa fra 18 e 20°C.

Le mappe dei normali mensili della temperatura media sono rappresentate nella figura 11. I normali più bassi si registrano nei mesi di gennaio e febbraio e sono compresi fra -4 e -5°C nelle zone alpine più fredde (con una punta di -6.6°C nella provincia di Bolzano a gennaio) e fra 10 e 13°C nelle zone più miti dell'Italia meridionale e insulare, mentre nella Pianura Padana sono compresi tra 3 e 6°C . I normali più elevati si registrano nei mesi di luglio e agosto, con valori al di sopra di 26°C in diverse aree del Sud e delle Isole e una punta di 28°C a Messina ad agosto.

Le mappe dei normali mensili della temperatura minima (figura 12) mostrano che i valori più bassi, registrati nei mesi di gennaio e febbraio, sono compresi fra -10°C e -6°C nelle zone alpine più fredde (con il minimo di -11.3°C in provincia di Bolzano alla quota di 1896 a gennaio) e fra 8 e 10°C in alcune zone del Sud e delle Isole, mentre variano fra -1 e 3°C nella Pianura Padana. Nei mesi di luglio e agosto si registrano i normali più elevati, con valori superiori a 21°C in alcune aree dell'Italia meridionale e insulare e una punta di 24.6°C a Punta Stilo (in provincia di Reggio Calabria) nel mese di agosto.

Le mappe dei normali mensili della temperatura massima (figura 13) nel periodo standard mostrano i valori più bassi nei mesi di gennaio e febbraio. Nelle zone alpine più fredde i normali sono compresi fra -1 e -2°C (con il minimo di -2.4°C della Paganella a febbraio), mentre in alcune zone del Lazio e dell'Italia meridionale e insulare variano fra 14 e 17°C (con un massimo di 17.5°C a Lentini a febbraio).

I valori più elevati, registrati nei mesi di luglio e agosto raggiungono punte al di sopra di 33°C in alcune località di Puglia, Sardegna e Sicilia.

Infine, nella figura 14 vengono presentate le mappe delle differenze tra i valori normali annuali del trentennio 1991-2020 rispetto ai tre periodi climatologici pregressi: 1961-1990, 1971-2000 e 1981-2010. Queste sono state realizzate utilizzando la stessa scala di colori e selezionando un set di stazioni con dati utili in tutti e quattro i periodi climatologici.

Sebbene le mappe vadano interpretate in termini qualitativi, perché ai valori rappresentati non è stata associata una misura di incertezza, emerge un chiaro segnale di riscaldamento dalla mappa delle differenze tra i trentenni 1991-2020 e 1961-1990 e si osserva un progressivo aumento della temperatura media da un trentennio al successivo.

Queste differenze sono in accordo con l'andamento della serie temporale della temperatura media in Italia, caratterizzato da un rateo di aumento più marcato a partire dagli anni '80, quando ha inizio il periodo contrassegnato dal riscaldamento più netto osservato nell'ultimo secolo (Toreti e Desiato, 2007).

Con riferimento agli altri indicatori di temperatura, nella Tabella 3 sono riportati gli indici statistici delle relative distribuzioni.

Tabella 3 – Indici delle distribuzioni statistiche degli indicatori di temperatura.

		Annuale	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
GIORNI CON Tmin < 0°C	MEDIANA	46.4	14.1	11.5	3.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.9	11.6	38.8	4.0	0.0	3.1
	25° PERC.	7.8	3.0	3.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	6.7	0.7	0.0	0.2
	75° PERC.	75.0	21.8	17.2	8.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	6.8	18.6	58.2	9.7	0.0	7.6
GIORNI CON Tmin > 20°C	MEDIANA	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	4.7	4.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.2
	25° PERC.	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
	75° PERC.	29.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.3	11.0	12.1	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	26.9	1.8
GIORNI CON Tmax > 25°C	MEDIANA	104.5	0.0	0.0	0.1	0.8	7.4	20.7	28.7	28.3	14.4	1.5	0.0	0.0	0.0	8.4	78.2	16.0
	25° PERC.	66.2	0.0	0.0	0.0	0.2	3.1	13.0	22.0	22.1	6.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.4	57.3	7.0
	75° PERC.	118.2	0.0	0.0	0.2	1.6	11.7	24.0	29.9	29.9	18.5	4.2	0.1	0.0	0.0	13.4	83.2	22.6
GIORNI CON Tmax > 30°C	MEDIANA	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.7	14.9	14.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	36.4	2.1
	25° PERC.	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5	5.5	6.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	13.8	0.4
	75° PERC.	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	10.3	19.4	19.4	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	48.8	3.9
GIORNI CON Tmax > 35°C	MEDIANA	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0
	25° PERC.	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
	75° PERC.	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.7	3.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.1
ESCURSIONE TERMICA GIORNALIERA	MEDIANA	9.5	7.3	8.9	9.8	10.1	10.5	10.9	11.5	11.4	10.3	8.9	7.2	6.9	7.8	10.1	11.3	9.0
	25° PERC.	8.0	6.2	7.0	7.7	8.3	8.9	9.3	9.7	9.6	8.6	7.4	6.2	5.9	6.4	8.3	9.5	7.4
	75° PERC.	10.7	8.8	10.0	11.1	11.3	11.8	12.3	13.1	13.0	11.9	10.0	8.4	8.1	8.9	11.4	12.7	10.0
GRADI GIORNO DI RAFFRESCAMENTO	MEDIANA	186.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	30.8	73.8	71.6	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	180.1	6.1
	25° PERC.	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.0	22.6	23.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	53.1	0.6
	75° PERC.	272.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	45.2	101.7	106.5	17.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.6	250.7	17.4
GRADI GIORNO DI RISCALDAMENTO	MEDIANA	2019.7	432.8	357.7	271.7	136.9	25.2	1.9	0.0	0.1	9.0	102.4	260.6	406.4	1202.0	430.3	2.1	373.7
	25° PERC.	1462.4	320.2	275.1	218.7	112.6	15.3	0.7	0.0	0.0	2.4	39.0	155.1	285.9	881.0	343.7	0.7	203.2
	75° PERC.	2429.5	484.8	392.2	326.1	206.9	80.9	14.6	0.9	1.2	34.0	162.3	322.7	463.4	1343.8	604.0	18.3	517.9

Figura 1: Distribuzione delle stazioni con valori normali di temperatura media (il colore più scuro è associato a stazioni con serie complete).

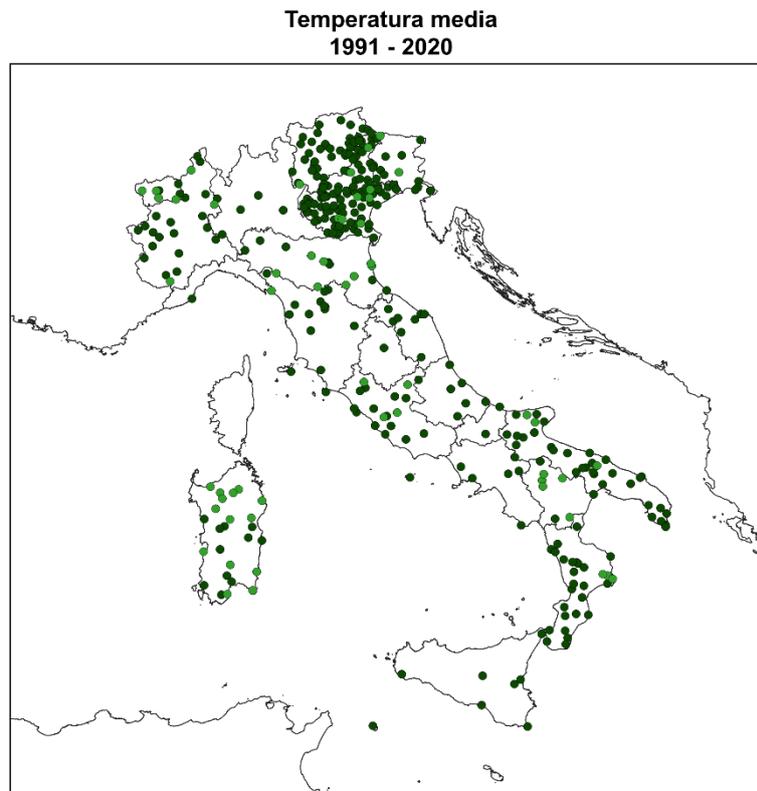


Figura 2: Box plot dei valori normali stagionali e annuali di temperatura media.

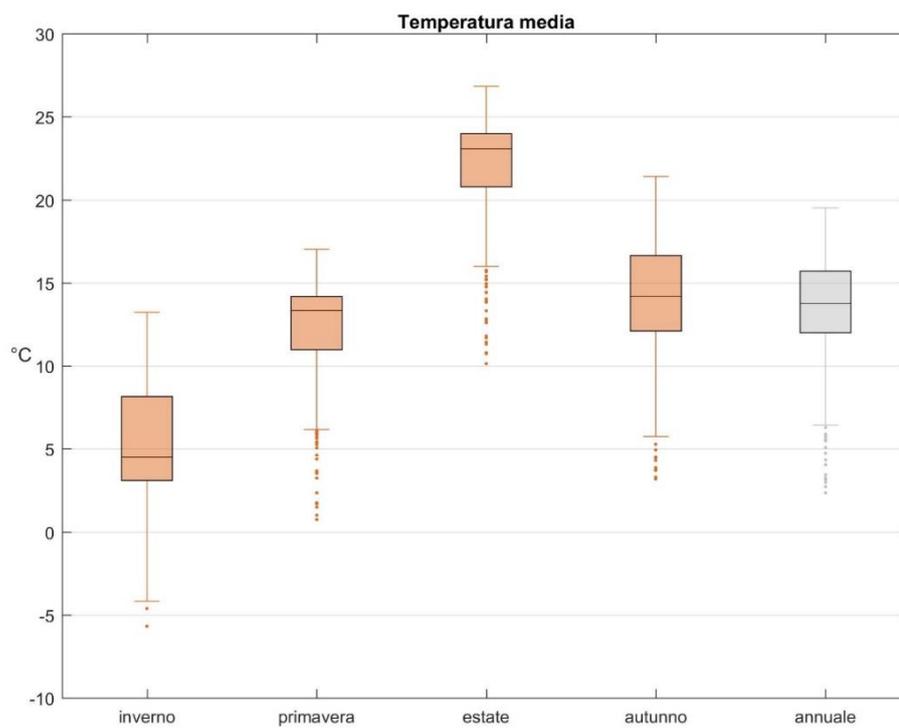


Figura 3: Box plot dei valori normali mensili di temperatura media.

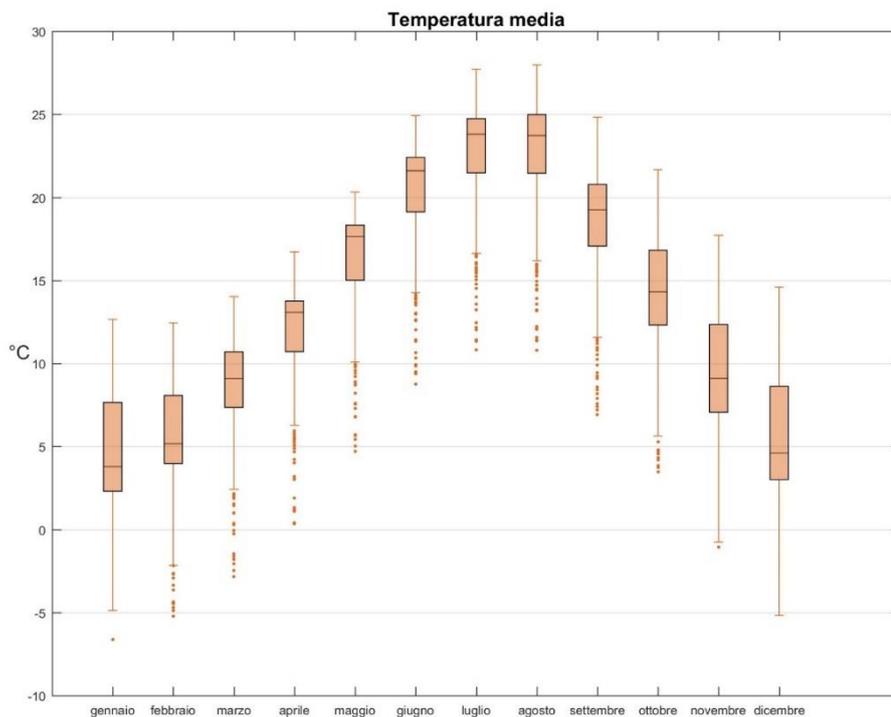


Figura 4: Distribuzione delle stazioni con valori normali di temperatura minima (il colore più scuro è associato a stazioni con serie complete).

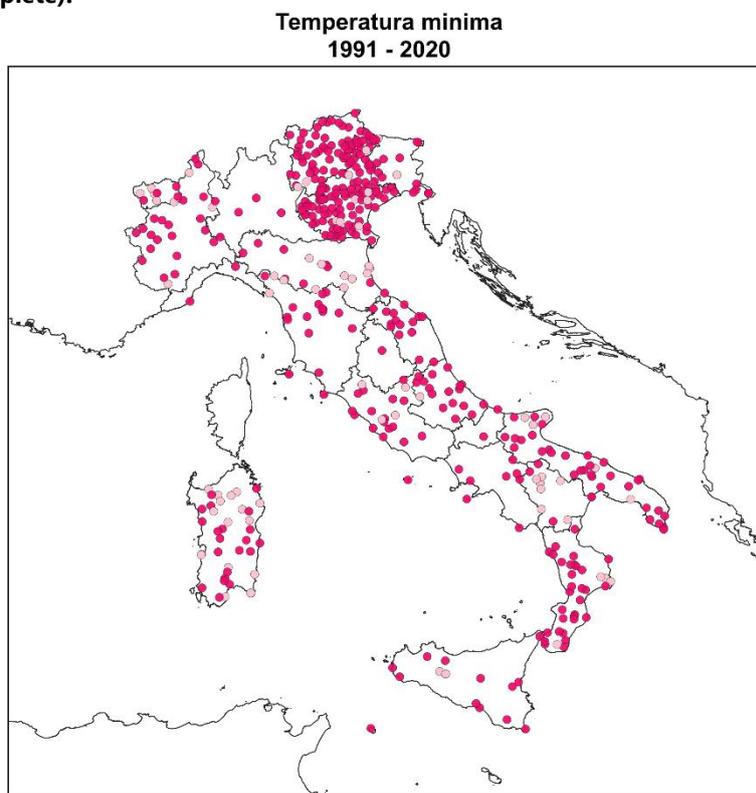


Figura 5: Box plot dei valori normali stagionali e annuali di temperatura minima.

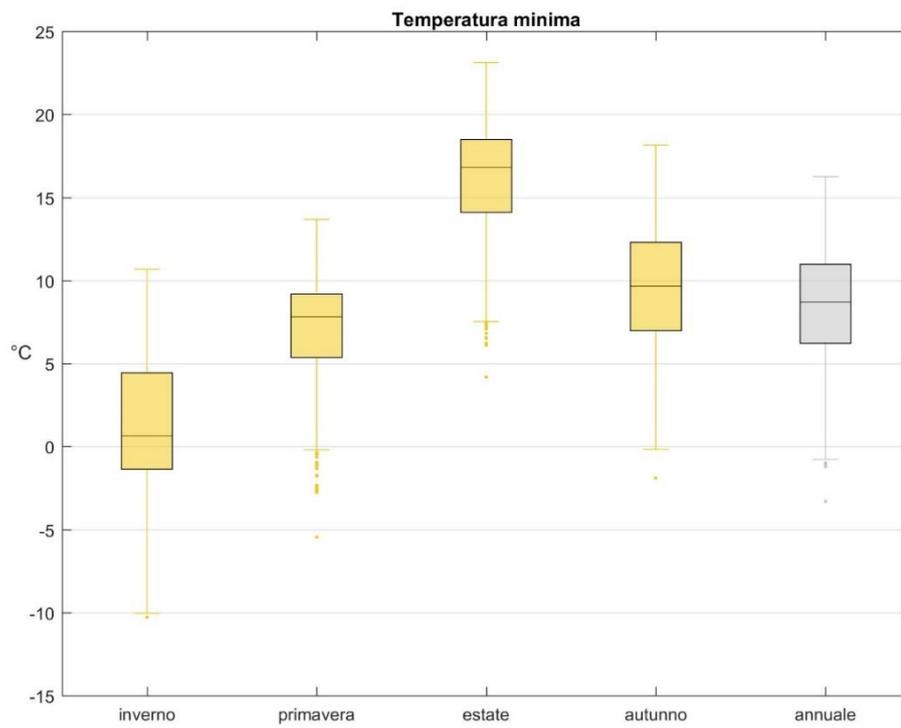


Figura 6: Box plot dei valori normali mensili di temperatura minima.

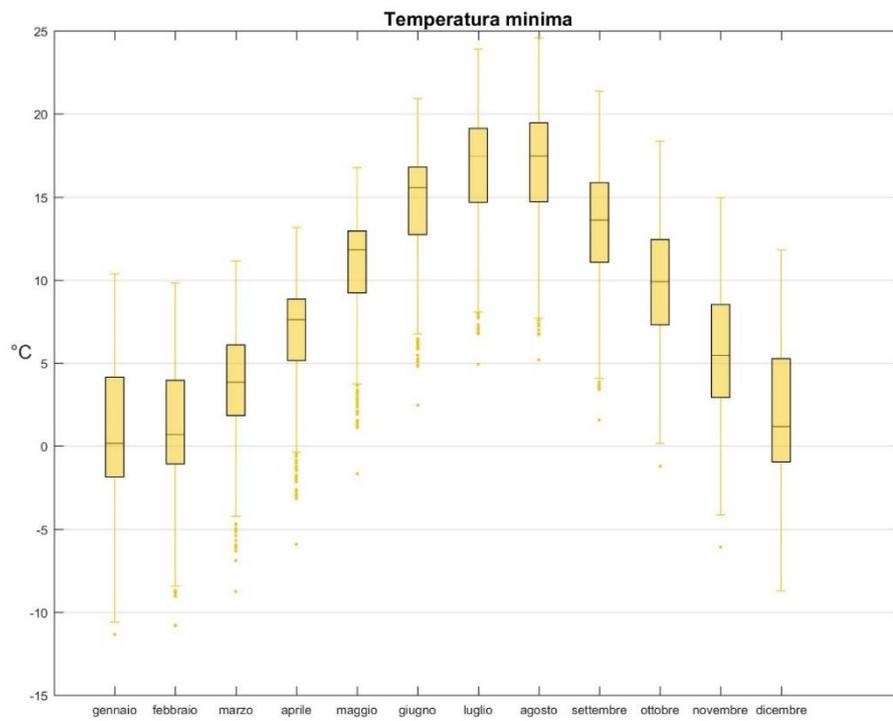


Figura 7: Distribuzione delle stazioni con valori normali di temperatura massima (il colore più scuro è associato a stazioni con serie complete).

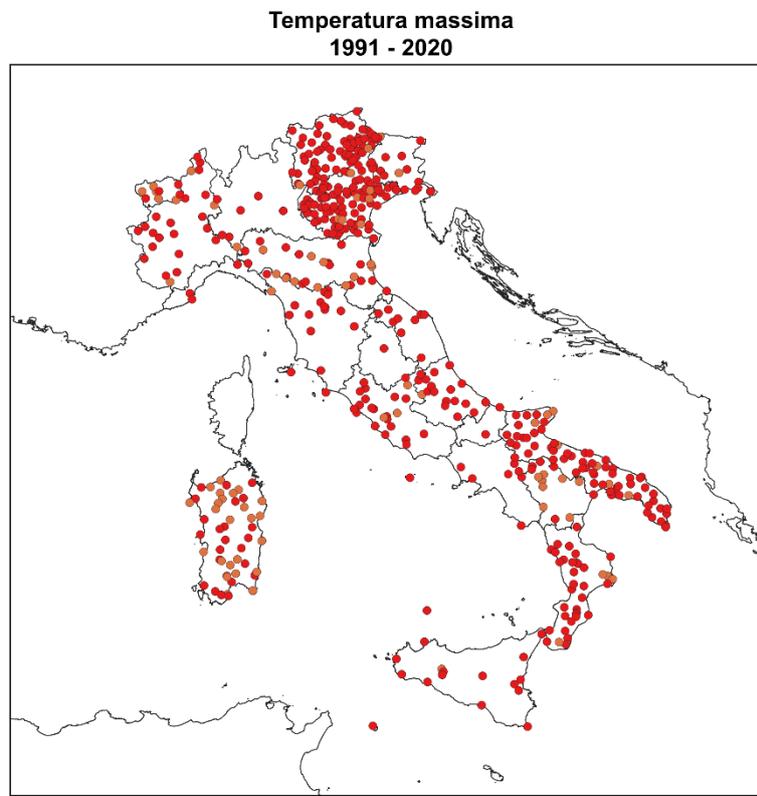


Figura 8: Box plot dei valori normali stagionali e annuali di temperatura massima.

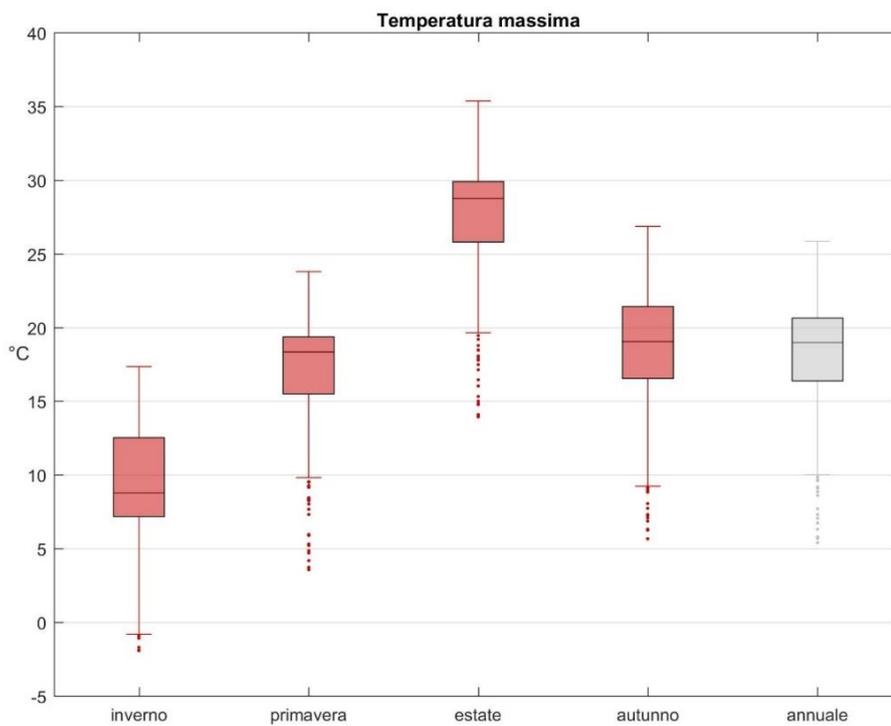


Figura 9: Box plot dei valori normali mensili di temperatura massima.

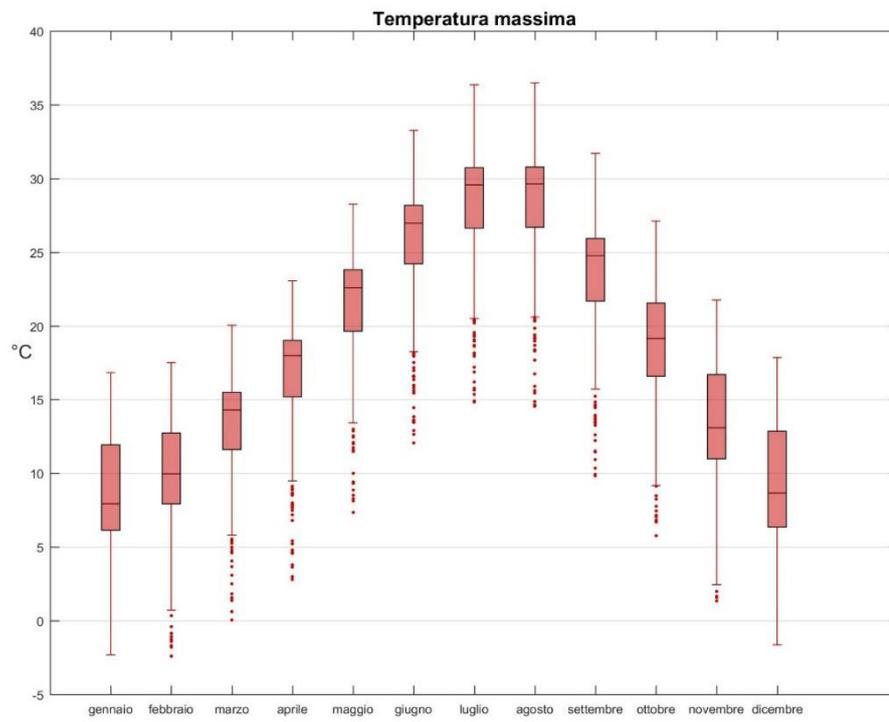


Figura 10: Mappe dei valori normali annuali di temperatura media, minima e massima.

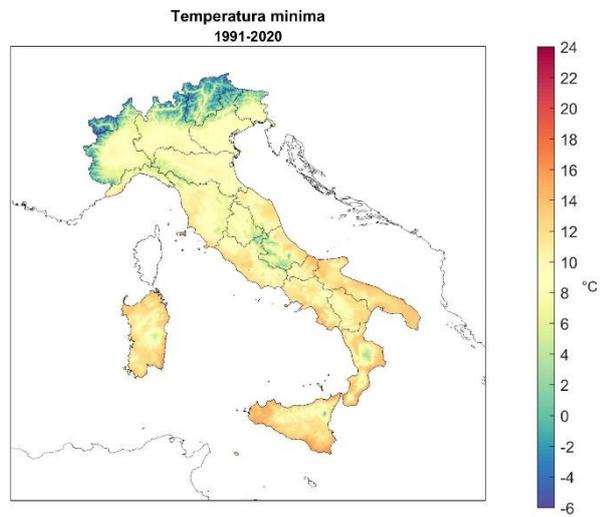
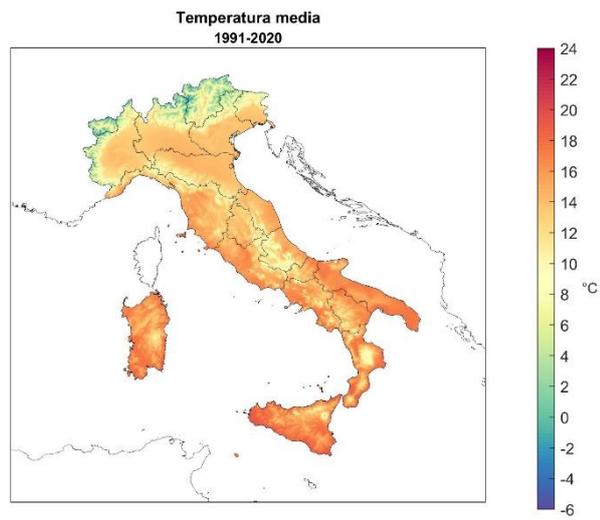
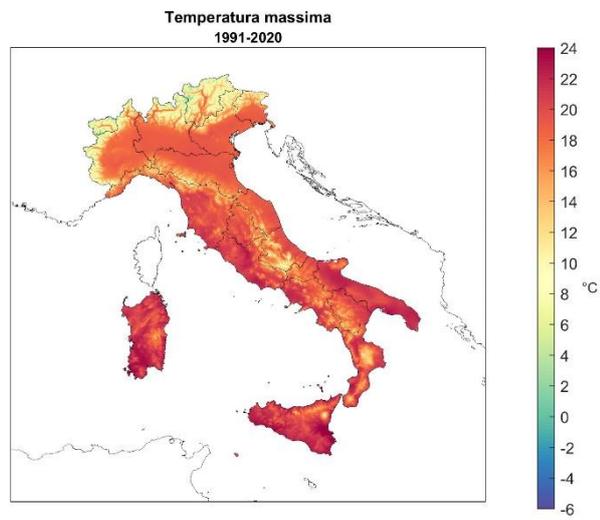


Figura 11: Mappe dei valori normali mensili di temperatura media nel periodo 1991-2020.

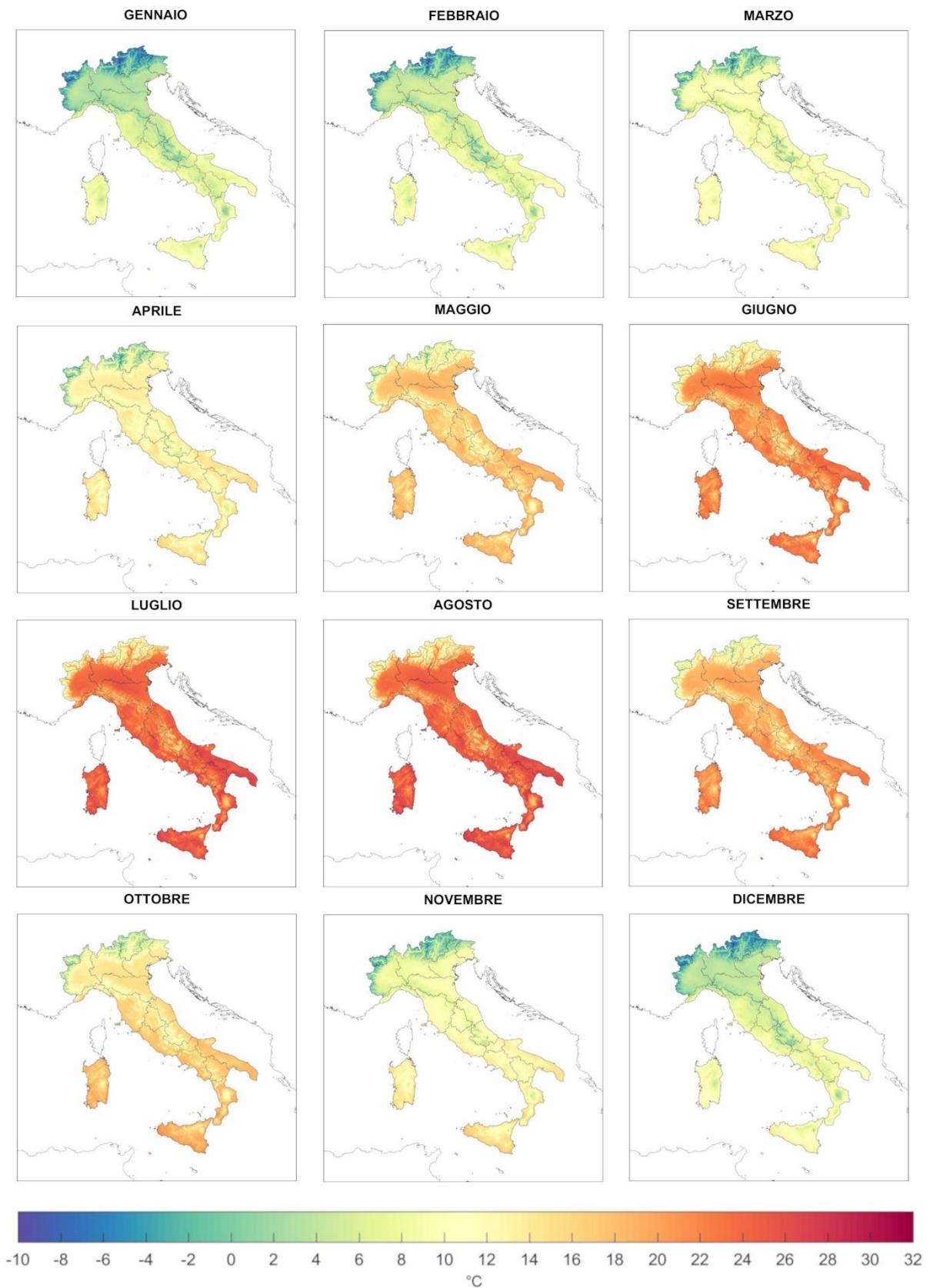


Figura 12: Mappe dei valori normali mensili di temperatura minima nel periodo 1991-2020.

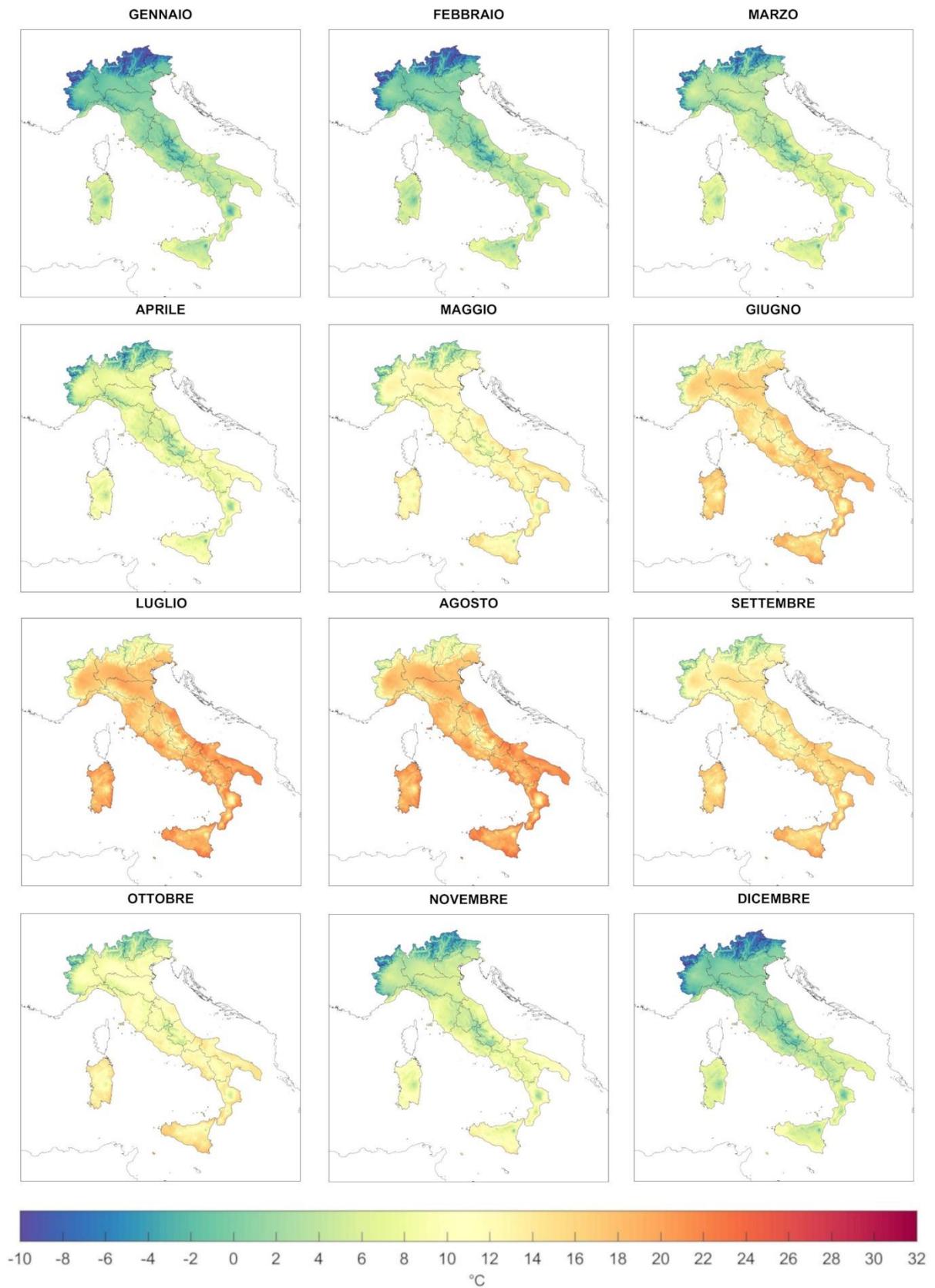


Figura 13: Mappe dei valori normali mensili di temperatura massima nel periodo 1991-2020.

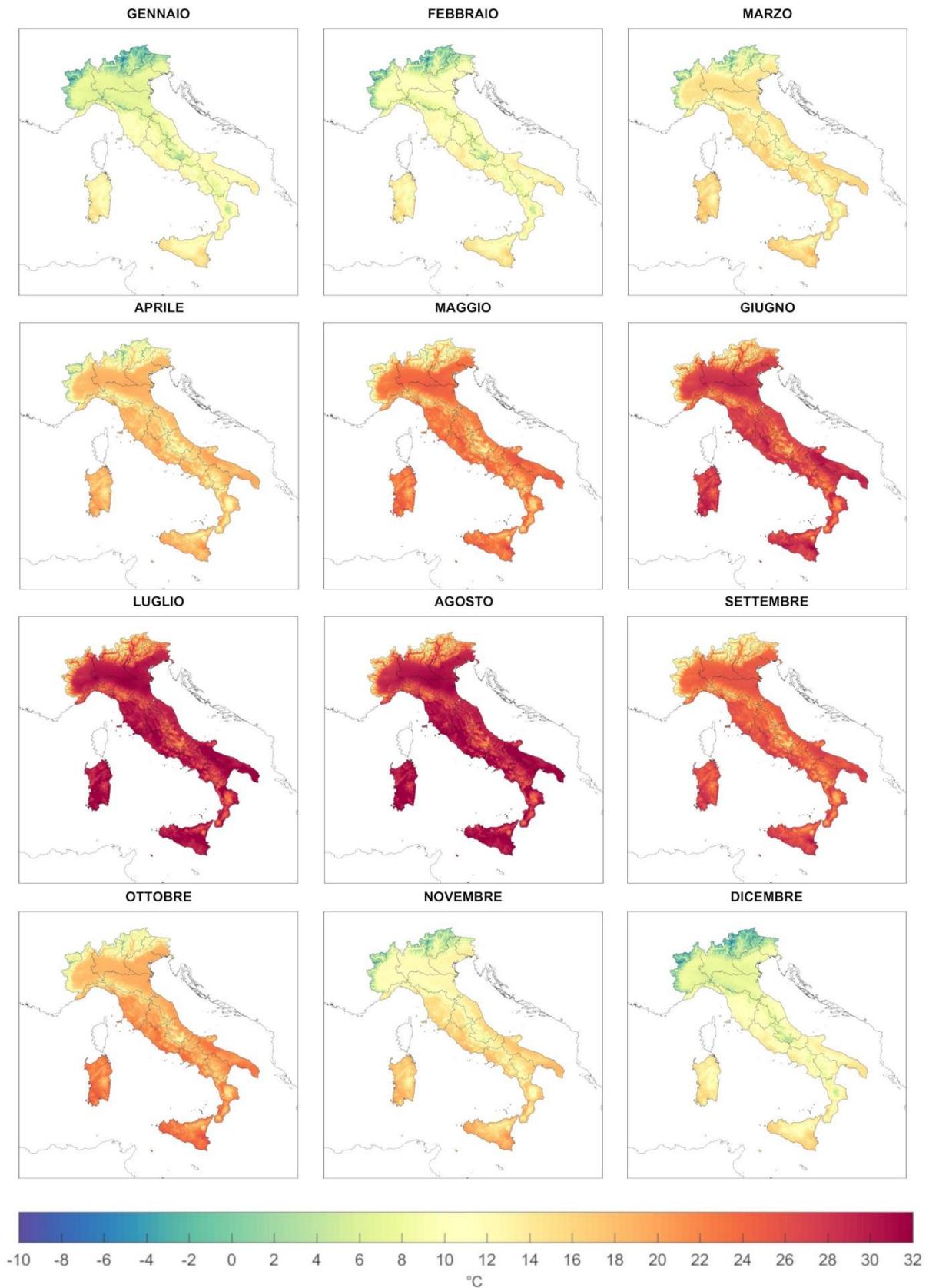
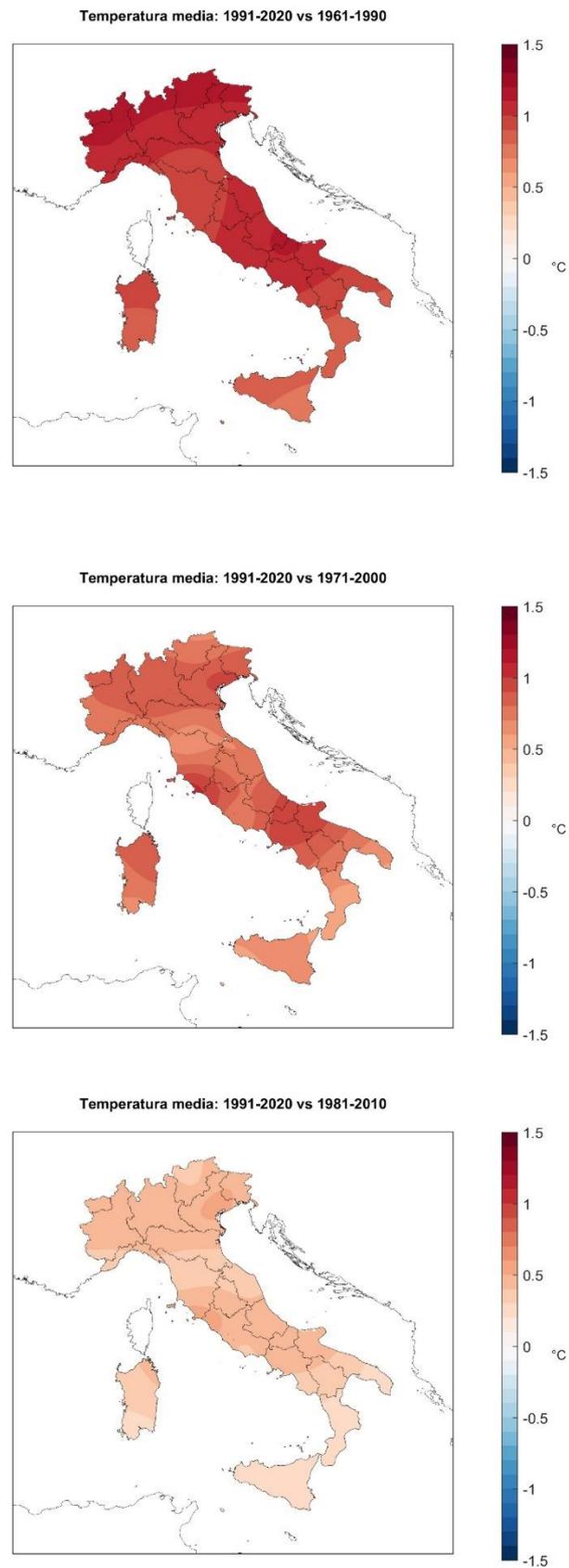


Figura 14: Mappe delle differenze tra i valori normali annuali di temperatura media.



3.2 Precipitazione

La distribuzione delle stazioni per le quali è stato possibile calcolare i valori normali per la precipitazione (584 stazioni) è mostrata in figura 15.

Nella figura 16 è rappresentata tramite box plot la distribuzione statistica dei normali annuali e stagionali di precipitazione cumulata; nella figura 17 è invece mostrata la distribuzione dei valori normali mensili.

La mediana dei normali annuali di questo set è 831.2 mm e il 50% dei valori è compreso fra 669.7 e 1090 mm.

A livello stagionale, le precipitazioni si distribuiscono intorno a 217.7 mm in inverno, a 203.2 mm in primavera, a 123.9 mm in estate e a 278 mm in autunno.

Mensilmente i valori si distribuiscono intorno al valore di 33.4 mm a luglio e di 114.7 mm a novembre. Quest'ultimo è il mese più piovoso quasi ovunque, con cumulate mensili medie nel trentennio ben oltre i 200 mm su diverse località del Veneto, del Friuli-Venezia Giulia, della Liguria e della Toscana nord-occidentale, con punte di circa 400 mm in stazioni dell'Appennino tosco-emiliano.

Il mese meno piovoso è luglio, ad eccezione dell'arco alpino e prealpino, maggiormente interessato da precipitazioni estive per lo più di origine convettiva.

Nella figura 18 vengono presentati su mappa i valori normali annuali di precipitazione, per ciascuna stazione. Viene messa in evidenza l'elevata variabilità delle precipitazioni cumulate sul territorio italiano, dovuta alla varietà e complessità dell'orografia del nostro territorio e alla diversa influenza che esercitano sulle diverse aree meteo-climatiche della penisola, in termini di precipitazioni, i regimi di circolazione più frequenti.

Le aree con precipitazione più elevata, con cumulate medie annue superiori a 2000 mm/anno, sono quelle alpine e prealpine di Veneto e Friuli-Venezia Giulia, l'Appennino tosco-emiliano, la Liguria orientale e le Alpi Apuane.

Le aree con precipitazioni più scarse, con cumulate medie annue comprese tra 400 e 600 mm, sono localizzate principalmente nella Sicilia meridionale, in Puglia e nella Sardegna meridionale.

Nella Tabella 4 sono riportati infine gli indici statistici relativi alle distribuzioni degli altri indicatori di precipitazione.

Tabella 4 – Indici delle distribuzioni statistiche degli indicatori di precipitazione.

		Annuale	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
GIORNI CON PREC>1 mm	MEDIANA	83.4	7.6	7.3	7.2	8.2	7.3	5.0	3.6	4.0	6.6	7.6	9.4	8.9	23.9	22.7	12.6	23.5
	25° PERC.	73.0	6.0	5.8	6.4	7.2	5.5	3.0	1.7	2.2	5.5	6.7	8.4	7.3	19.1	19.9	7.0	21.1
	75° PERC.	95.1	8.7	8.4	8.1	9.3	9.2	7.0	5.3	5.7	7.7	8.6	10.5	10.2	27.0	26.2	17.8	26.1
GIORNI CON PREC>5 mm	MEDIANA	46.4	3.8	3.6	3.8	4.4	3.9	2.7	1.8	2.2	4.0	4.6	5.7	4.9	12.2	12.2	6.8	14.1
	25° PERC.	38.0	3.1	3.1	3.2	3.6	2.6	1.4	0.8	1.2	3.1	3.7	4.9	4.0	10.2	9.9	3.4	12.0
	75° PERC.	55.7	4.6	4.5	4.5	5.2	5.1	4.0	2.9	3.3	4.7	5.4	6.7	5.9	14.9	14.8	10.1	16.6
GIORNI CON PREC>10mm	MEDIANA	27.2	2.1	2.0	2.2	2.4	2.2	1.6	1.1	1.3	2.5	2.8	3.7	2.9	6.9	6.8	4.1	9.0
	25° PERC.	21.2	1.6	1.6	1.7	1.8	1.4	0.8	0.5	0.7	1.9	2.3	2.9	2.2	5.5	5.2	1.9	7.3
	75° PERC.	34.8	2.8	2.6	2.7	3.0	3.0	2.5	1.8	2.1	3.1	3.7	4.6	3.6	9.0	8.7	6.2	11.2
GIORNI CON PREC>20 mm	MEDIANA	10.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.4	0.6	1.1	1.3	1.7	1.1	2.6	2.4	1.6	4.1
	25° PERC.	8.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.8	1.0	1.2	0.8	1.8	1.7	0.8	3.2
	75° PERC.	15.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.0	0.8	0.9	1.6	1.9	2.4	1.6	3.8	3.4	2.7	5.7
GIORNI CON PREC>50 mm	MEDIANA	1.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6
	25° PERC.	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3
	75° PERC.	2.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.4	1.1

Figura 15: Distribuzione delle stazioni con valori normali di precipitazione (il colore più scuro è associato a stazioni con serie complete).

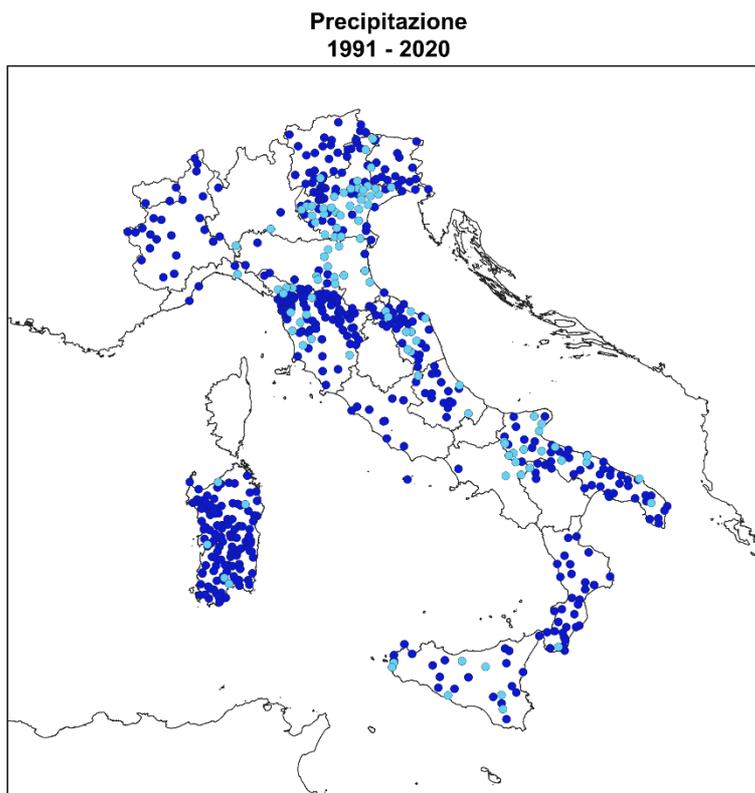


Figura 16: Box plot dei valori normali stagionali e annuali di precipitazione cumulata.

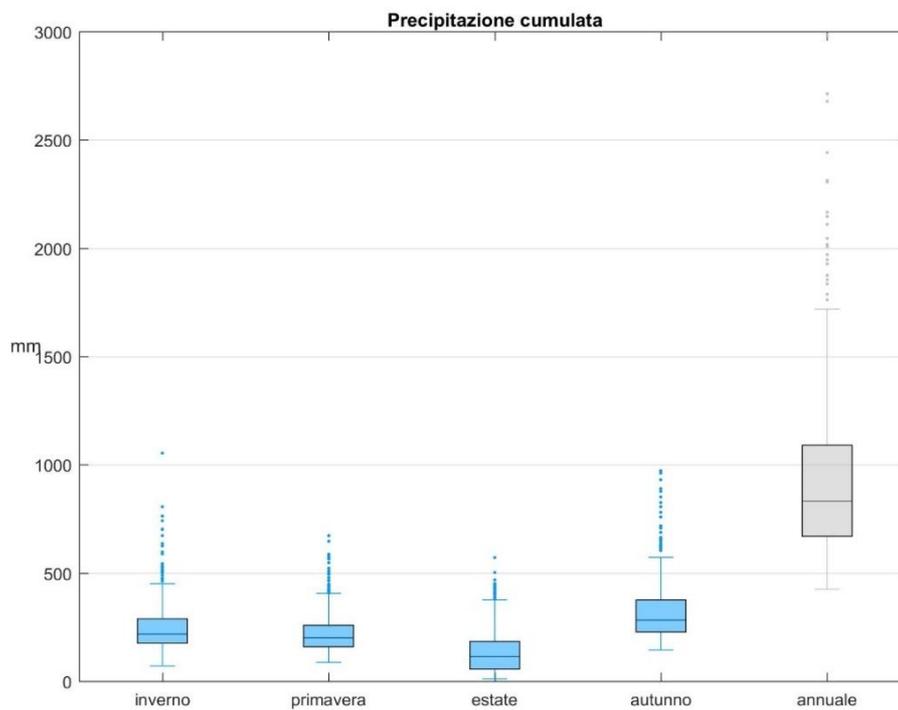


Figura 17: Box plot dei valori normali mensili di precipitazione cumulata.

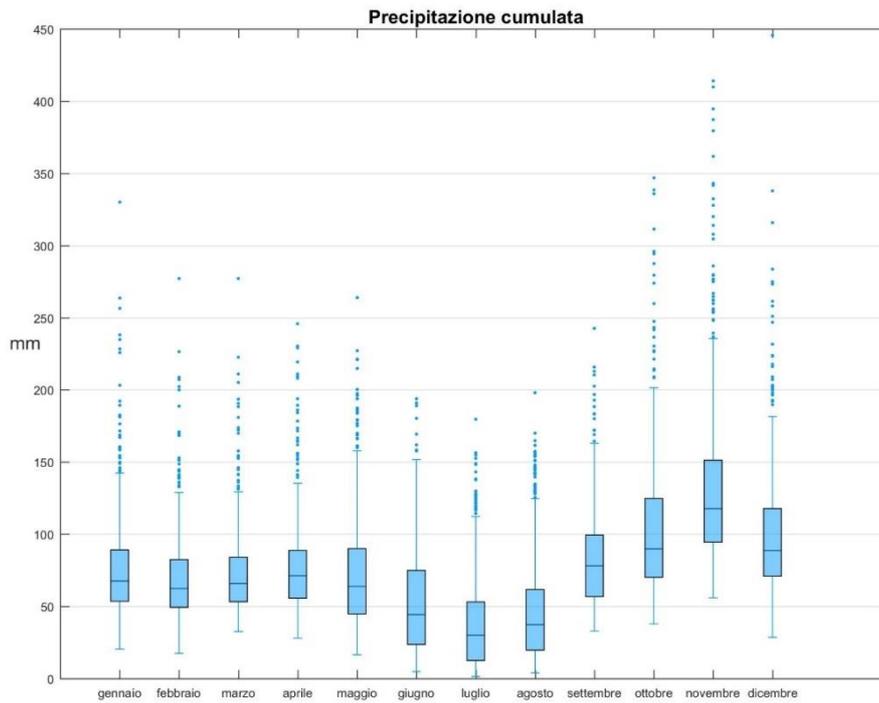
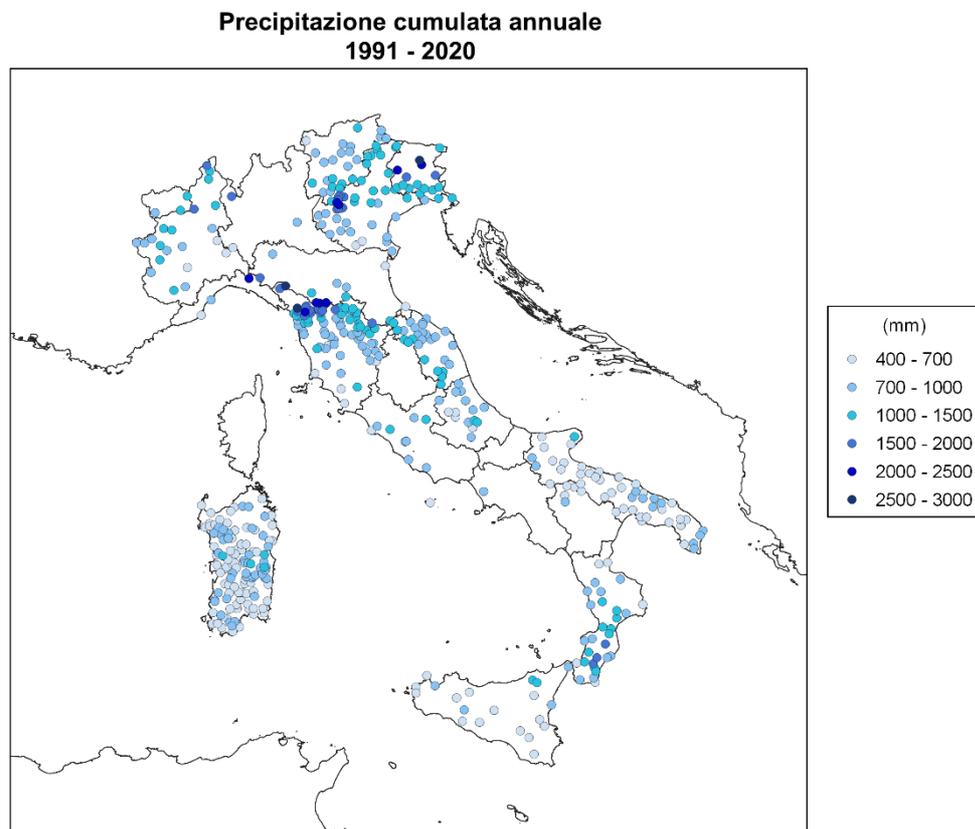


Figura 18: Mappa dei valori normali annuali di precipitazione cumulata.



Bibliografia

- Arguez A., Vose R.S., 2011. The definition of the standard WMO climate normal: The key to deriving alternative climate normals. *Bulletin of the American Meteorological Society* 92, 699-704. doi: 10.1175/2010BAMS2955.1.
- Desiato F., 2007. SCIA, un sistema nazionale unico per i dati climatologici. *ARPA Rivista* N. 1, gennaio-febbraio 2007.
- Desiato F., Lena F., Toreti A., 2006. Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. *Sapere*, Anno 72, n. 2, 62-69.
- Desiato F., Lena F., 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.
- Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Toreti A., 2011. Climate indicators for Italy: calculation and dissemination". *Advances in Science and Research*, 6, 147-150.
- Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., 2014. Valori climatici normali di temperatura e precipitazione in Italia. *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* 55/2014.
- Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., e Desiato F., 2016. Controlli di qualità delle serie di temperatura e precipitazione, *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* 66/2016.
- Fioravanti G. e Piervitali E., 2018. Variazioni della temperatura in Italia: estensione della base dati e aggiornamento della metodologia di calcolo, *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* 81/2018.
- Guijarro J., 2018. *Climatol*, Version 3.1.2, <https://CRAN.R-project.org/package=climatol> and <http://www.climatol.eu/>.
- Hengl T., Heuvelink, G.B.M., Stein A., 2003. Comparison of kriging with external drift and regression-kriging. Technical report, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, pp. 18.
- Hengl T., Heuvelink, G.B.M., Rossiter, D.G., 2007. About regression-kriging: From equations to case studies. *Computer and Geosciences*, 33, 1301-1315.
- IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Kocsis T., Kovács-Székely I., Anda A., 2020. Homogeneity tests and non-parametric analyses of tendencies in precipitation time series in Keszthely, Western Hungary. *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 849–859.
- Krakauer N.Y., Devineni N., 2015. Up-to-date probabilistic temperature climatologies. *Environmental Research Letters*, 10, doi: 10.1088/1748-9326/10/2/024014.
- Livezey, R. E., Vinnikov K. Y., Timofeyeva M. M., Tinker R. and van den Dool H. M., 2007. Estimation and extrapolation of climate normals and climatic trends. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46, 1759-1776. doi: 10.1175/2007JAMC1666.1.
- Menne M.J., Williams C.N. Jr. and Palecki M.A., 2010. On the reliability of the U.S. surface temperature record. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 115, D11, doi: 10.1029/2009JD013094.

-
- Pettitt A.N., 1979: A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*. 28, No. 2, pp.126–135.
- Rigal A., Azaïs J-M, Ribes A., 2019. Estimating daily climatological normals in a changing climate. *Climate Dynamics* 53. doi: 10.1007/s00382-018-4584-6.
- Scherrer S.C., Appenzeller C., Liniger M.A., 2006. Temperature trends in Switzerland and Europe: Implications for climate normals. *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.1270.
- Vincent L.A. et al., 2009. Bias in minimum temperature introduced by a redefinition of the climatological day at the Canadian Synoptic stations. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48, pp. 2160–2168. doi: 10.1175/2009JAMC2191.1.
- WMO, 2007. *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*, WMO/TD-No. 1377). Geneva.
- WMO, 2015. *Seventeenth World Meteorological Congress* (WMO-No. 1157). Geneva.
- WMO, 2017. *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals*, WMO-No. 1203, Geneva.
- WMO, 2018. *Guide to Climatological Practices*. WMO-No. 100, Geneva.
- WMO, 2020. *Guidelines on Homogenization* WMO-No. 1245, Geneva.

