

Studio statistico di dati meteoroclimatici delle stazioni di Frosinone

Emiliano Ceccarelli
Daniele Petrone

Fonti dei dati

Per la realizzazione di questo studio sono stati analizzati i dati presenti da 2 diversi dataset: dal primo, consultabile sul sito <http://www.scia.isprambiente.it>, sono stati estratti i valori medi mensili di temperatura media, minima (media) e massima (media) riferibili al periodo 1961-2015 e i valori di precipitazioni cumulate mensili riferibili al periodo 1964-2015. Il secondo set di dati è quello della stazione meteorologica di Frosinone e comprende i dati meteoroclimatici giornalieri riferibili al periodo 2008-2019. La differente collocazione delle stazioni meteorologiche (la seconda collocata ad una altitudine maggiore rispetto alla prima) e la loro differente struttura rendono impossibile un confronto.

Un'ulteriore fonte per questo studio è la relazione ISPRA “*Valori climatici normali di temperatura e precipitazione in Italia*”, AA. VV. del 2014.

1 Temperature medie

1.1 Analisi complessiva

Un'analisi delle temperature medie divise per mese e per periodo di riferimento può essere riassunta nella seguente tabella:

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
'61-'90	5.6	6.9	9.2	12.0	16.2	20.0	23.0	23.1	20.0	15.2	10.1	6.7	14.0
'71-'00	6.0	7.1	9.4	11.9	16.5	20.3	23.4	23.7	20.0	15.2	10.0	6.8	14.2
'81-'10	6.0	6.8	9.6	12.4	17.0	20.9	24.1	24.4	20.2	15.8	10.4	7.0	14.6
'91-'15	6.4	6.9	9.9	12.9	17.4	21.5	24.4	24.9	20.4	16.0	11.0	7.0	14.9

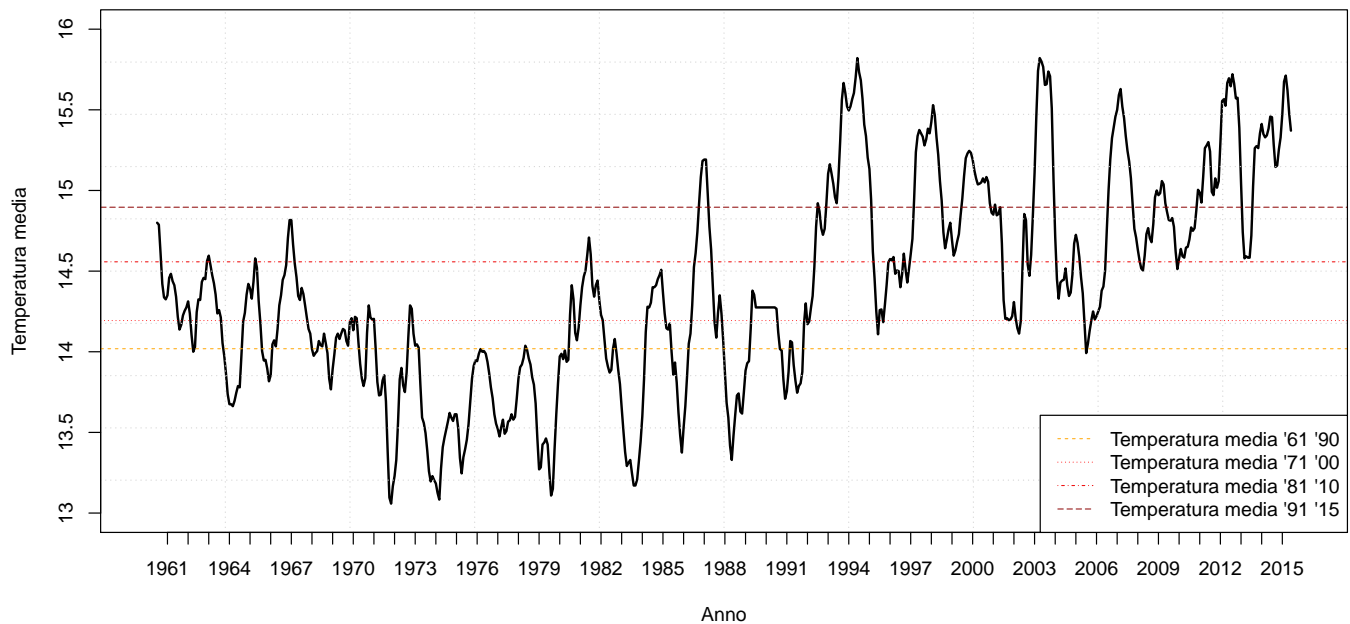
Tab. 1: *temperature medie per mese e periodo.*

I valori mostrano un aumento delle temperature medie per ogni anno: +0.2 dal '61-'90 al '71-'00, +0.4 dal '71-'00 al '81-'10 e +0.3 dal '81-'10 al '91-'15. Complessivamente parliamo di un aumento del valore nominale pari a 0.9 tra il 1961 ed il 2015. Una seconda conclusione che si può trarre dai valori in *Tab. 1* è la crescita delle temperature più marcata nei mesi estivi rispetto a quelli invernali: ad esempio dal primo al quarto periodo l'aumento del valore nominale delle temperature è pari a 1.5 per giugno, 1.4 per luglio e 1.8 per agosto.

Le prime tre righe della tabella precedente, cioè i dati relativi ai trentenni '61-'90, '71-'00 e '81-'10 sono stati presi dalla relazione ISPRA, mentre le medie del periodo '91-'15 sono state calcolate dal data set presente su <http://www.scia.isprambiente.it>.

Il seguente grafico mostra l'andamento del trend della temperatura media in tutto il periodo esaminato, cioè dal 1961 al 2015.

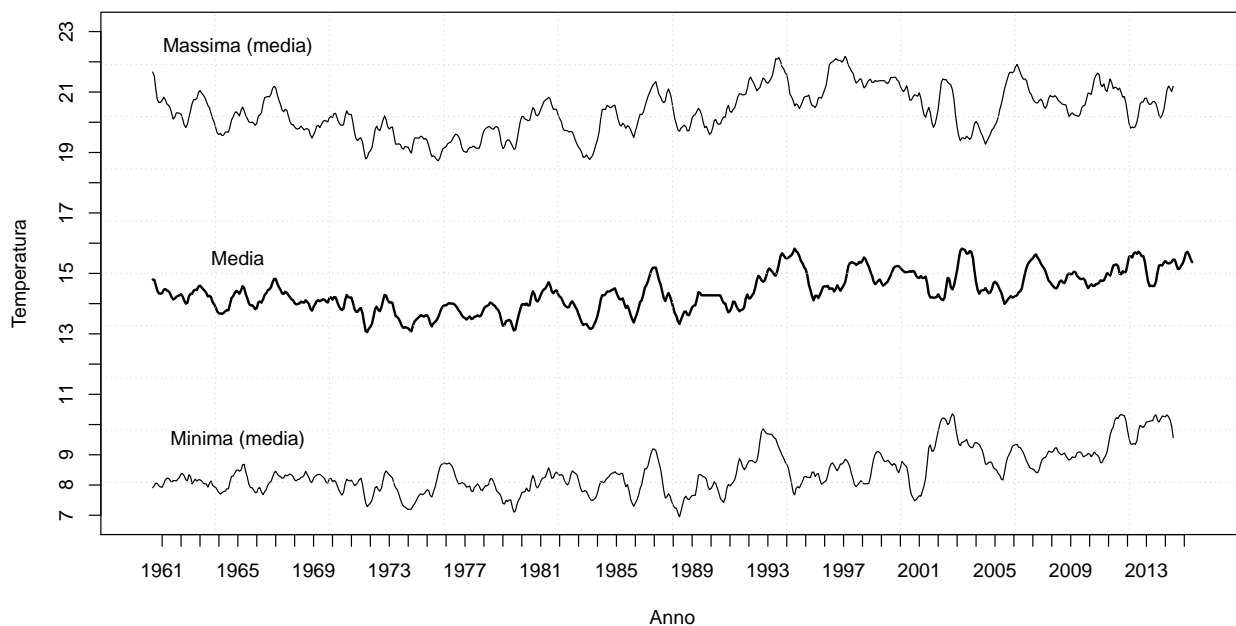
Trend temperatura media 1961–2015



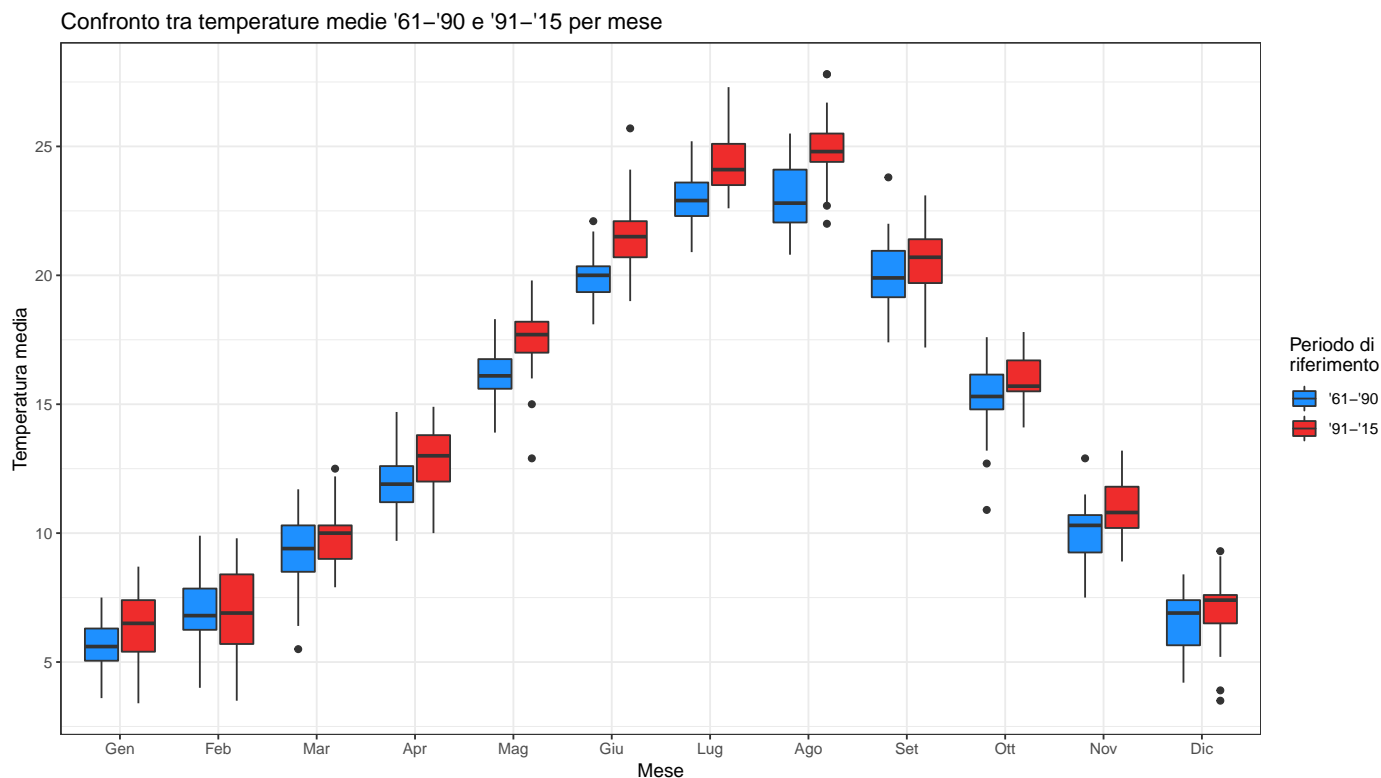
Dopo una leggera depressione nel periodo '70-'80, è evidente un aumento lineare della temperatura media, con picchi negli anni 1994 e 2003 in cui la temperatura media registrata è stata pari a circa 15.8°C . Al grafico sono state sovrapposte le temperature medie dei quattro periodi presi in esame (*Tab. 1*).

Nel seguente grafico invece vengono riportati, oltre al trend della temperatura media, anche i trend della temperatura massima (media) e minima (media). Anche in questo caso si può notare una crescita dei trend, soprattutto nel caso della temperatura minima (media), risultato in linea con gli studi sul clima globale.

Trend temperatura media, minima e massima 1961–2015



Nel seguente grafico sono esaminate le temperature medie mensili confrontando i due intervalli temporali estremi, ossia '61-'90 e '91-'15, tramite l'utilizzo di *boxplot*. In statistica il boxplot è una rappresentazione grafica utilizzata per descrivere la distribuzione di un campione tramite semplici indici di dispersione e di posizione. E' facilmente osservabile che in ogni mese, soprattutto in quelli estivi, le temperature medie del secondo periodo sono superiori a quelle del primo. Nel secondo periodo sono presenti molti più valori anomali, o outliers e, un'ulteriore osservazione che può essere fatta grazie a questo grafico, è che le temperature medie nei mesi dal 1991 al 2015 sono molto più variabili di quelle registrate dal 1961 al 1990, ulteriore sintomo dell'instabilità del clima.

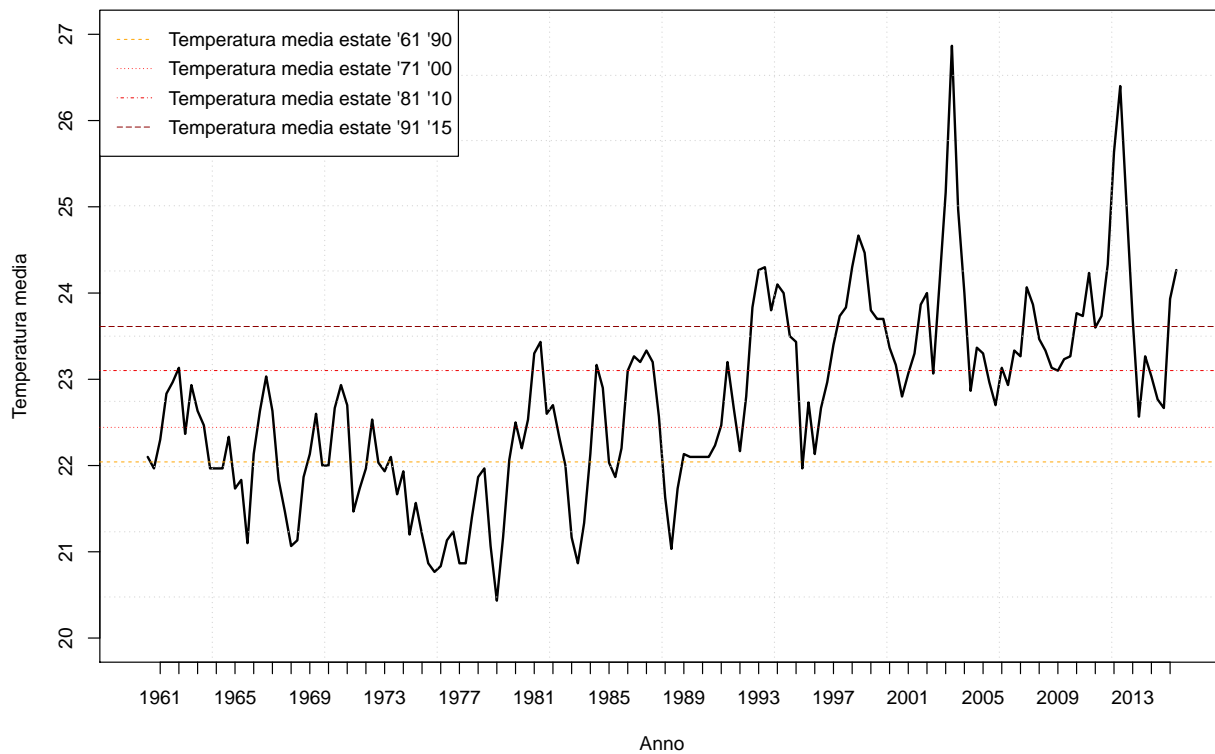


1.2 Analisi mesi estivi

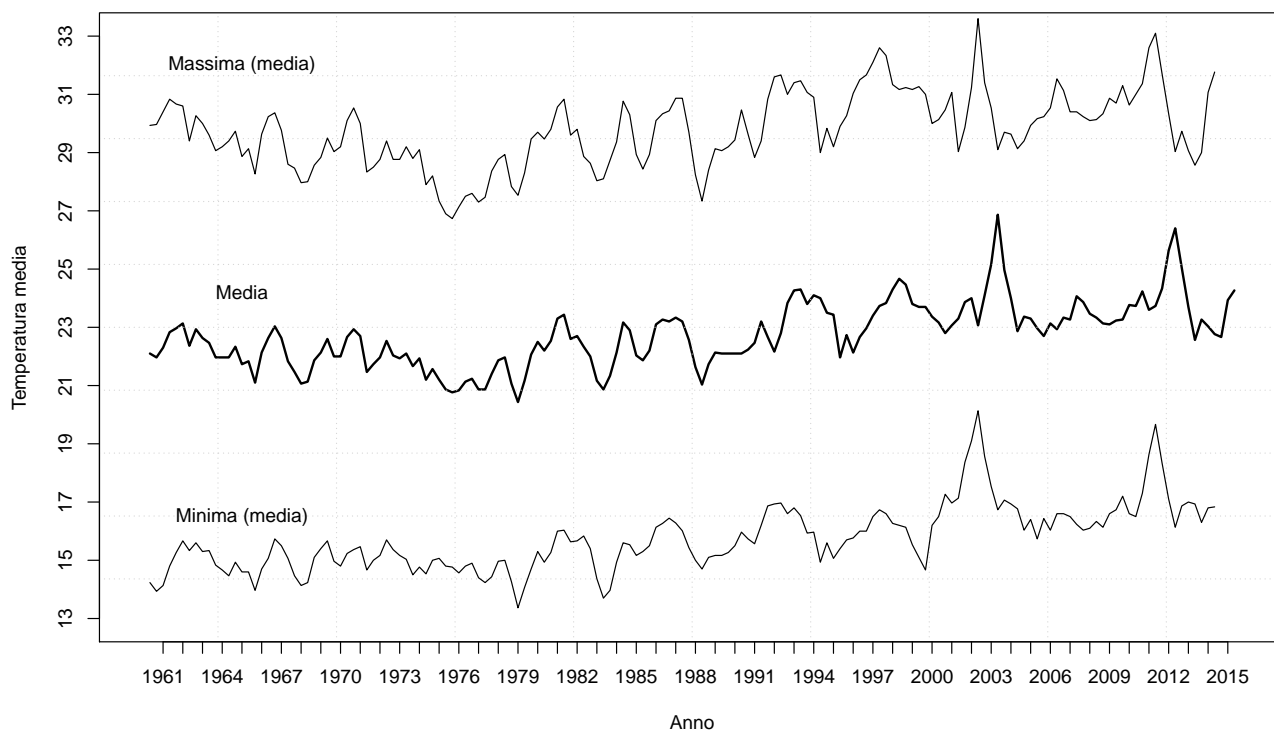
Restringendo l'analisi delle temperature medie ai soli mesi estivi è possibile individuare due evidenti innalzamenti di temperatura: il primo nel 2003 ed il secondo nel 2012. In entrambi gli anni il mese mediamente più caldo è stato agosto, con una temperatura media registrata pari a $27.8^{\circ}C$. Avendo più dati a disposizione per l'anno 2012, è possibile affermare in quale giorno dell'anno è stata registrata la più alta temperatura massima: il 7 agosto del 2012 la centralina situata nella parte inferiore della città ha registrato una temperatura di $37.3^{\circ}C$.

Questi risultati sono rappresentati nei grafici sottostanti: il primo mostra l'andamento del trend della temperatura media per i soli mesi di giugno, luglio ed agosto dal 1961 al 2012, il secondo oltre alla temperatura media anche quella massima (media) e minima (media).

Trend temperatura media per mesi estivi 1961–2015



Trend temperatura media, minima e massima per mesi estivi 1961–2015



1.3 Massime e minime

Una analisi delle temperature minime e massime (medie), già introdotte in precedenza, è riassunta nelle seguenti tabelle. Esse riportano il valore nominale medio di massima e minima suddivisa per mese e periodo di riferimento.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
'61-'90	10.6	12.1	14.7	17.9	22.6	26.7	30.3	30.3	26.5	21.2	15.3	11.5	20.0
'71-'00	11.2	12.5	15.2	17.7	22.9	27.1	30.6	31.0	26.5	21.0	15.2	11.9	20.2
'81-'10	11.2	12.3	15.4	18.4	23.6	27.7	31.2	31.7	26.7	21.6	15.4	11.8	20.6
'91-'15	11.4	12.4	15.6	18.9	24.0	28.3	31.4	32.2	26.8	21.7	15.9	11.9	20.9

Tab. 2: *temperature massime (medie) per mese e periodo.*

I valori mostrano un aumento delle temperature per ogni periodo: +0.2 dal '61-'90 al '71-'00, +0.4 dal '71-'00 al '81-'10 e +0.3 dal '81-'10 al '91-'15 con una crescita complessiva di quasi 1 grado centigrado tra i 4 periodi.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
'61-'90	0.6	1.7	3.7	6.1	9.8	13.3	15.8	16.0	13.4	9.2	4.9	1.8	8.0
'71-'00	0.9	1.6	3.7	6.0	10.0	13.5	16.1	16.5	13.5	9.4	4.7	1.8	8.1
'81-'10	0.7	1.3	3.9	6.3	10.4	14.1	17.0	17.1	13.7	10.0	5.4	2.1	8.5
'91-'15	1.4	1.4	4.2	6.8	10.9	14.7	17.4	17.7	14.1	10.4	6.1	2.1	8.9

Tab. 3: *temperature minime (medie) per mese e periodo.*

I valori mostrano un aumento delle temperature per ogni periodo: +0.1 dal '61-'90 al '71-'00, +0.4 dal '71-'00 al '81-'10 e +0.1 dal '81-'10 al '91-'15. Anche qui crescita complessiva di quasi 1 grado centigrado tra i 4 periodi.

2 Temperature estreme

Per il periodo '08-'19 non è stato possibile condurre un'analisi come fatto in precedenza poiché l'intervallo temporale è troppo piccolo per poter registrare la presenza di un trend, e non è stato neanche possibile unire i due dataset a nostra disposizione a causa della diversa collocazione delle stazioni. Per questo motivo, l'analisi è stata concentrata sui fenomeni "estremi" registrati.

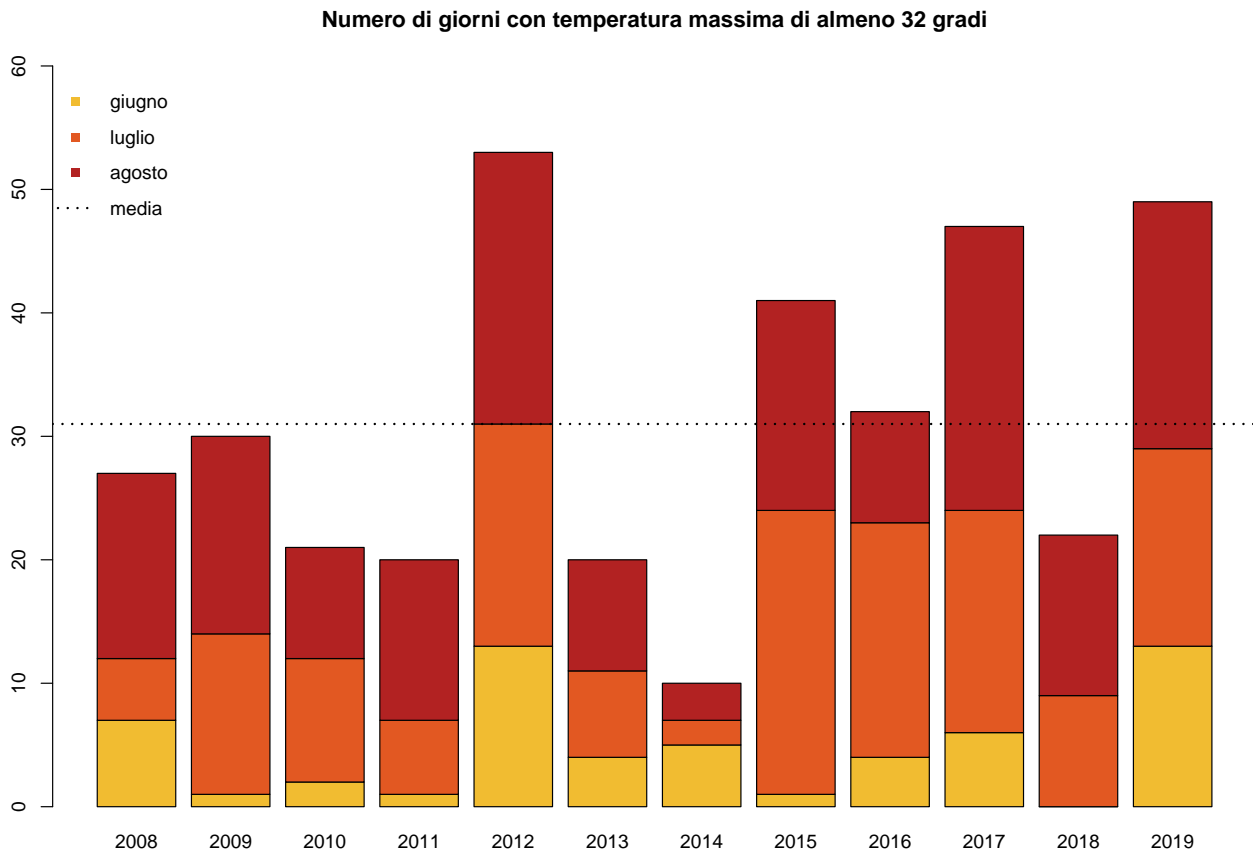
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
GIU	7	1	2	1	13	4	5	1	4	6	0	13
LUG	5	13	10	6	18	7	2	23	19	18	9	16
AGO	15	16	9	13	22	9	3	17	9	23	13	20
TOTALE	27	30	21	20	53	20	10	41	32	47	22	49

Tab. 4: *numero giorni con temperatura ≥ 32 gradi.*

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
GEN	-	1	3	1	4	1	0	2	2	10	0	6
FEB	3	7	4	2	13	2	0	0	0	0	5	0
NOV	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
DIC	0	2	4	0	3	0	2	0	2	5	0	-
TOTALE	3	10	11	3	20	4	2	2	4	15	5	6

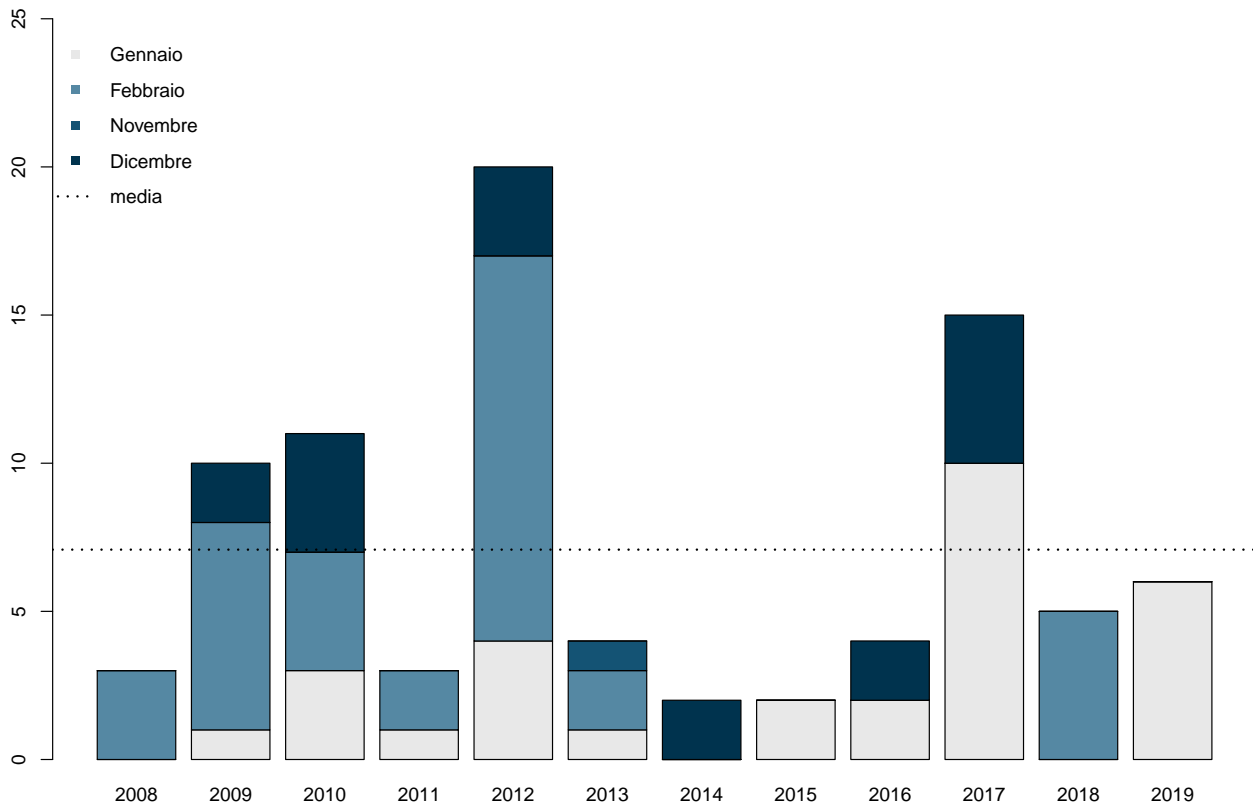
Tab. 5: numero giorni con temperatura ≤ 0 gradi.

In Tab. 4 e Tab. 5 sono riportati per ogni mese, dal 2008 al 2019, il numero di giorni in cui la temperatura massima ha superato o eguagliato i $32^{\circ}C$ e il numero di giorni in cui la temperatura minima registrata è stata inferiore o uguale a $0^{\circ}C$ (il valore di gennaio 2008 è assente a causa dell'incompletezza dei dati). Essendo poco chiara la lettura dei dati in forma tabellare, sono stati utilizzati dei diagrammi a barre per una migliore comprensione.



Grazie a questa rappresentazione è possibile notare un sensibile aumento del numero di giorni con temperature “estreme”, e quindi pericolosi per la salute della popolazione, nel tempo. Fino al 2014, fatta eccezione per l’anno 2012, il numero di giorni con temperature maggiori a $32^{\circ}C$ è minore della media del periodo analizzato, pari a 31 giorni. Dal 2015 al 2019 invece le barre verticali sono nettamente più alte del valore medio, ad eccezione dell’anno 2018, anno particolarmente afoso e quindi con temperatura percepita piuttosto alta.

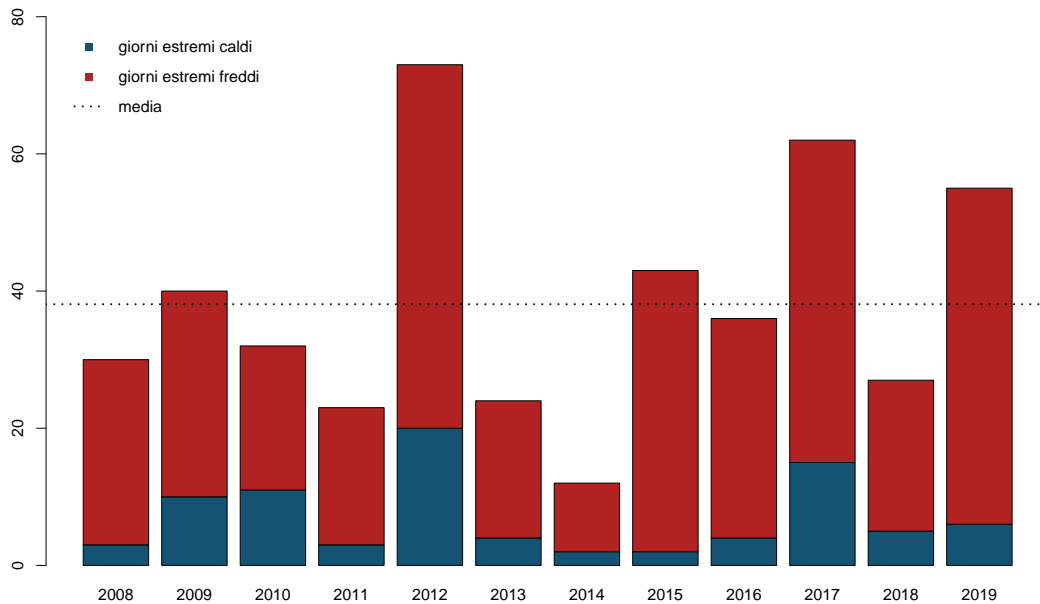
Numero di giorni con temperatura minima al di sotto di 0 gradi



In questo secondo diagramma, raffigurante il numero di giorni con temperature minime “estreme”, può essere fatta un’osservazione simile, ma opposta, a quanto detto nel precedente grafico. Il numero di giorni con temperature minime al di sotto di $0^{\circ}C$ tende infatti a diminuire anno dopo anno, ad eccezione dell’anno 2012 e 2017.

Nel grafico successivo, che rappresenta congiuntamente i due precedenti, si può osservare invece che il 2012 è stato l’anno con più temperature “estreme” registrate.

Numero di giorni totali con temperatura estreme

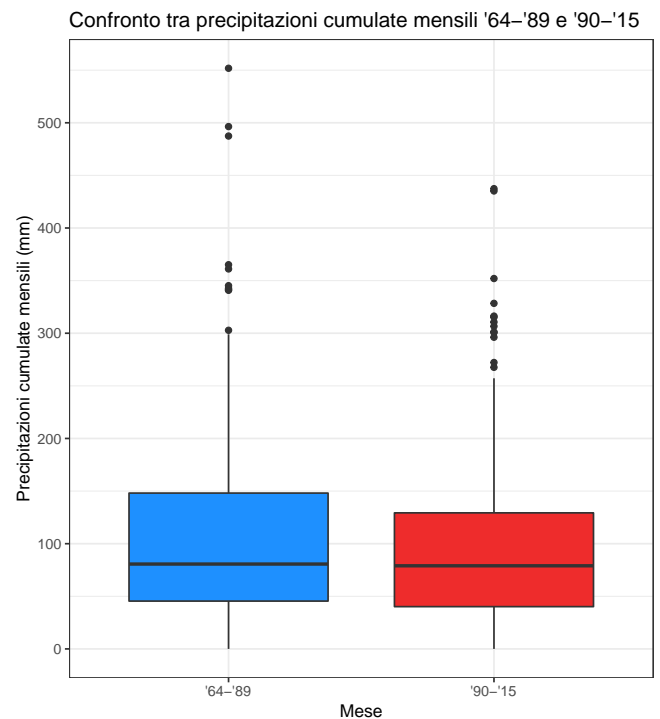


3 Precipitazioni

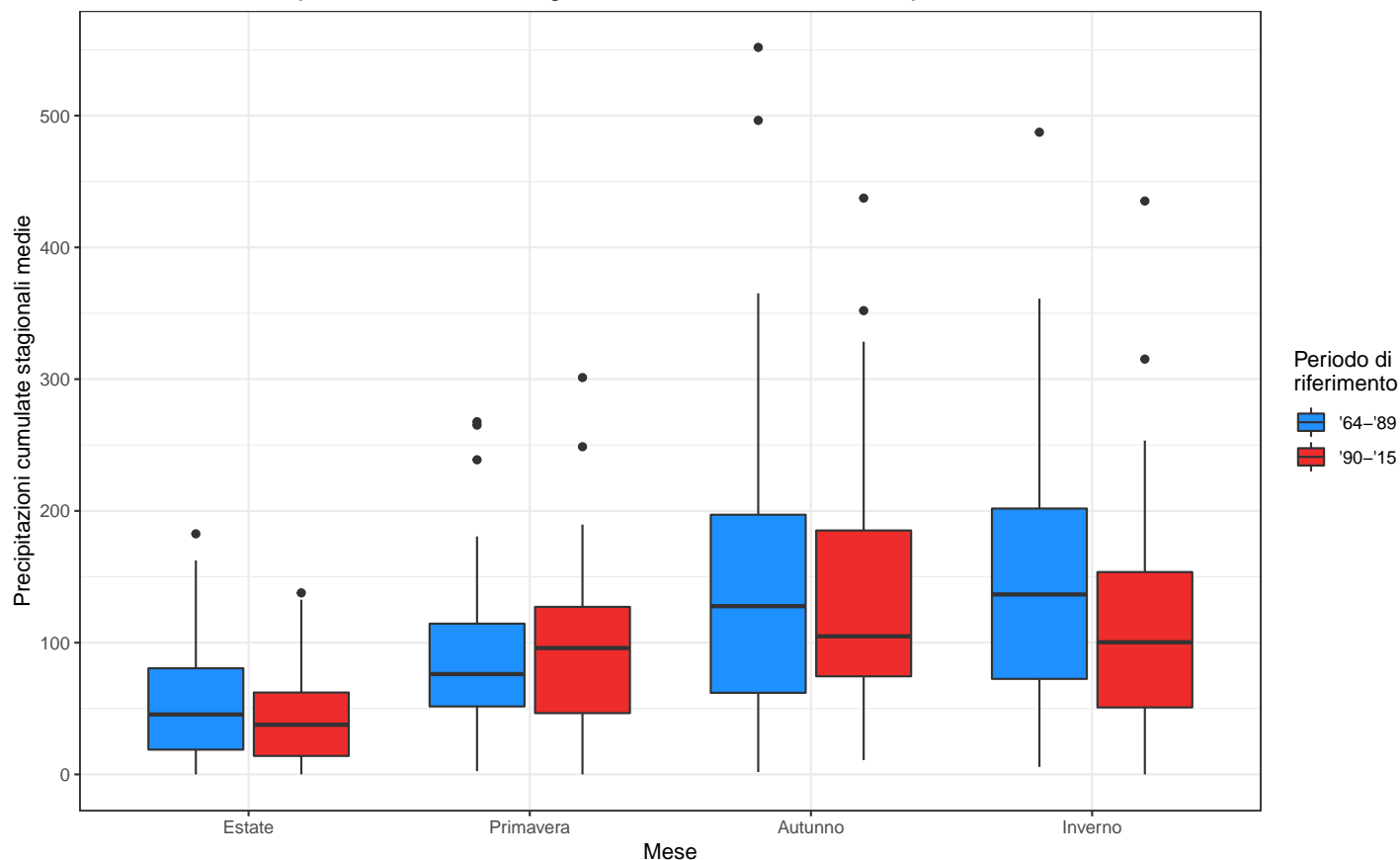
L'analisi sulle precipitazioni è stata condotta studiando i millimetri totali di pioggia caduta in ogni mese dal 1964 al 2015 (i dati precedenti al 1964 non sono disponibili dal sito ISPRA).

Il grafico mostra la distribuzione delle precipitazioni cumulate mensili confrontando i periodi '64-'89 e '90-'15. Confrontando i boxplot si può notare una diminuzione della distribuzione delle precipitazioni cumulate nel periodo '91-'15 rispetto al periodo '64-'89, infatti il valore del terzo quartile del periodo più recente è inferiore a quello del periodo più lontano. Inoltre si può notare che nel periodo '64-'89 la distribuzione delle precipitazioni è asimmetrica a sinistra, cioè solo in pochi mesi sono registrate grandi quantità di pioggia; nel periodo '91-'15 invece questa asimmetria tende a sparire, segno di una maggiore omogeneità di mm di pioggia mensili. A tale omogeneità però è anche associato, paradossalmente, un maggior numero di outliers.

Attraverso il grafico successivo è possibile notare che in autunno ed estate, ma soprattutto in inverno, le precipitazioni sono nettamente diminuite, mentre in primavera se ne osserva un aumento, seppur minimo.



Confronto tra Precipitazioni cumulate stagionali medie '64-'89 e '90-'15 per mese



Conclusioni

Lo studio condotto mostra in maniera evidente che gli effetti del surriscaldamento globale sono visibili anche nelle piccole realtà come Frosinone. L'aumento delle temperature medie è in linea con quello globale e destinato ad aumentare se non si agisce subito. L'aumento del numero di giorni con temperature estreme è un pericolo per la salute della popolazione ma non solo. La diminuzione delle precipitazioni può danneggiare gravemente l'agricoltura e la vita di tutti i cittadini. L'analisi sulle temperature estreme inoltre porta a pensare ad un aumento più marcato delle temperature negli ultimi anni che, per mancanza di dati, non è stato possibile analizzare.

Recapiti

Emiliano Ceccarelli: emiliano.ceccarelli16@gmail.com

Daniele Petrone: dpetrone11@gmail.com

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Facoltà di Ingegneria dell'Informazione, Informatica e Statistica

Dipartimento Scienze Statistiche