



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE  
DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER  
L'AMBIENTE**

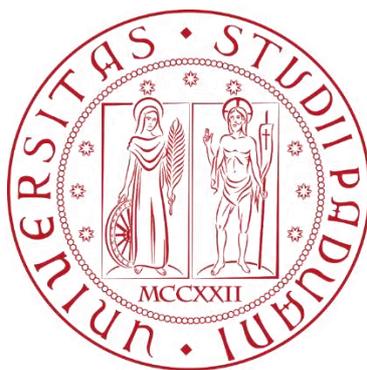
**CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE SERIE PLUVIOMETRICHE  
DELLE STAZIONI DI ASIAGO (VI), CORTINA D'AMPEZZO (BL) E  
SOAVE (VR)**

**RELATORE: PROF. PAOLO FABBRI**

**LAUREANDO: GABRIELE RINALDO  
MATRICOLA n° 1201836**

**ANNO ACCADEMICO 2023/2024**





**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE  
DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER  
L'AMBIENTE**

**CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE SERIE PLUVIOMETRICHE  
DELLE STAZIONI DI ASIAGO (VI), CORTINA D'AMPEZZO (BL) E  
SOAVE (VR)**

**RELATORE: PROF. PAOLO FABBRI**

**LAUREANDO: GABRIELE RINALDO  
MATRICOLA n° 1201836**

**ANNO ACCADEMICO 2023/2024**



## **RIASSUNTO**

Mediante questo elaborato si è studiato l'andamento delle piogge e le variazioni di temperature giornaliere in un lungo periodo (1920-2023). Questo è stato effettuato per poter analizzare la presenza di variazioni associabili ai cambiamenti climatici.

Indubbiamente è stato riscontrato un aumento delle temperature nelle stazioni di Asiago (VI) e Cortina d'Ampezzo (BL). Per quanto riguarda le precipitazioni si è notato un aumento di piogge anomale, ovvero precipitazioni abbondanti che si verificano in poco tempo, nelle tre stazioni di misura prese in considerazione nei periodi più recenti.

Si può affermare che questi fenomeni siano dovuti ad un cambiamento climatico in atto, che sta avvenendo in tutto il pianeta.



## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	9
<b>2. STRUMENTI E MATERIALI</b> .....	11
2.1 Pluviometri.....	11
2.2 Software RStudio.....	11
2.3 Tipologie di grafici utilizzati.....	11
<b>3. ANALISI ESPLORATIVA DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI</b> .....	13
<b>3.1 STAZIONE METEREologica DI ASIAGO (VI)</b> .....	13
3.1.1 Analisi pluviometriche annuali.....	14
3.1.2 Analisi pluviometriche mensili.....	15
3.1.3 Analisi pluviometriche stagionali.....	16
3.1.4 Analisi pluviometriche giornaliere.....	17
3.1.5 Analisi pluvio-termometrica.....	18
<b>3.2 STAZIONE METEREologica DI CORTINA D'AMPEZZO (BL)</b> .....	18
3.2.1 Analisi pluviometriche annuali.....	18
3.2.2 Analisi pluviometriche mensili.....	19
3.2.3 Analisi pluviometriche stagionali.....	20
3.2.4 Analisi pluviometriche giornaliere.....	21
3.2.5 Analisi pluvio-termometrica.....	22
<b>3.3 STAZIONE METEREologica DI SOAVE (VR)</b> .....	23
3.3.1 Analisi pluviometriche annuali.....	23
3.3.2 Analisi pluviometriche mensili.....	24
3.3.3 Analisi pluviometriche stagionali.....	25
3.3.4 Analisi pluviometriche giornaliere.....	26
<b>4. PERIODI A CONFRONTO</b> .....	27
4.1 Periodo a confronto per la stazione di Asiago (VI) 1920-1940 / 2002-2022.....	27
4.2 Periodo a confronto per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) 1921-1941 / 2003-2023.....	31
4.3 Periodo a confronto per la stazione di Soave (VR) 1955-1965 / 2002-2012.....	35
<b>5. CONFRONTO TRA CLIMOGRAMMI</b> .....	39
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	42
<b>7. SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA</b> .....	44
<b>8. RINGRAZIAMENTI</b> .....	46



## ***1. INTRODUZIONE***

Il clima si basa su osservazioni meteorologiche pluridecennali ed è condizionato da numerosi fattori quali temperature, precipitazioni, pressioni atmosferiche, venti, umidità. Il sistema clima è il risultato di un equilibrio tra diverse componenti le quali portano alla formazione del territorio circostante sia a livello di morfologia che di biodiversità.

Si sta discutendo molto in questi ultimi anni del clima, soprattutto per quanto riguarda i cambiamenti climatici dovuti all'impatto antropico come l'utilizzo di combustibili fossili e lo sfruttamento non sostenibile dei suoli. Questi sono solamente due esempi dell'impatto che ha l'uomo sull'ambiente il quale sta portando a gravi conseguenze, come:

- Il riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani
- La riduzione delle coperture di neve e ghiaccio
- L'innalzamento dei livelli dei mari

Il gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) è l'organismo delle Nazioni Unite, preposto alla valutazione della scienza relativa ai cambiamenti climatici, mediante il rapporto di sintesi pubblicato il 20/03/2023 dichiara che le attività umane, principalmente mediante le emissioni di gas serra, hanno inequivocabilmente causato il riscaldamento globale con l'aumento della temperatura superficiale ed è probabile che l'aumento di temperatura superi gli 1,5°C nel corso del 21° secolo. I rischi e gli impatti negativi previsti con le relative perdite e danni derivanti del cambiamento climatico aumentano con ogni incremento del riscaldamento globale.

Altre cause negative legate ai cambiamenti climatici sono gli eventi meteorologici estremi i quali sono sempre più frequenti, un esempio sono le abbondanti precipitazioni che si abbattano su limitati territori portando ad alluvioni.

Per precipitazioni si intendono tutti i fenomeni di trasferimento di acqua, allo stato liquido o solido, dall'atmosfera al suolo. Le precipitazioni non sono costanti durante l'arco temporale, infatti, esistono periodi più piovosi di altri, come potremmo vedere successivamente dai dati raccolti. Le precipitazioni sono fondamentali per l'ecosistema infatti possono essere la causa di inondazioni o siccità.

Per questo elaborato sono state analizzate tre diverse stazioni pluviometriche situate in Veneto. Il Veneto è una tra le più varie regioni italiane a livello morfologico, comprende zone alpine, collinari, pianeggianti e costiere. Per quanto riguarda il clima si passa da quello freddo delle Dolomiti a quello mediterraneo della costa adriatica, si può affermare che il Veneto riassume in una superficie di 18390 Km<sup>2</sup> tutte le temperature d'Europa.

Il clima del Veneto si può quindi definire del tipo sub-continentale, complessivamente temperato. Per quanto riguarda le precipitazioni durante l'anno si hanno piogge più abbondanti nelle zone alpine e collinari rispetto a quelle costiere.

La presente ricerca mira a verificare l'andamento delle precipitazioni avvenute in un lungo periodo di tempo in tre stazioni meteorologiche del Veneto, più precisamente le stazioni di:

- ASIAGO (VI) Comune della provincia di Vicenza situata ad una altitudine di 1001 m sul livello del mare al confine con la Provincia di Trento. Asiago si trova su un altopiano

circondato a nord e a sud da montagne. I dati pluviometrici giornalieri acquisiti dalla stazione vanno dal 01/07/1919 al 31/12/2022.

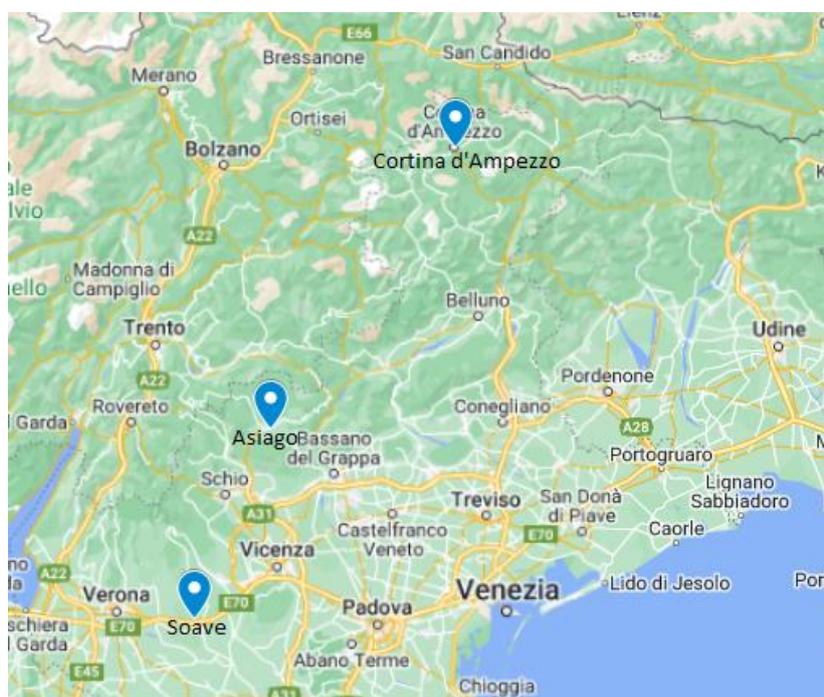
- CORTINA D'AMPEZZO (BL) Comune della provincia di Belluno situata ad una altitudine di 1224 m sul livello del mare, è circondata a 360° dalle Dolomiti Ampezzane. I dati pluviometrici giornalieri ricavati dalla stazione vanno dal 01/04/1919 al 31/12/2023.
- SOAVE (VR) Comune della provincia di Verona situata a 40 m sul livello del mare, territorio collinare/pianeggiante caratterizzato da pendii dolci ed altri più ripidi. I dati pluviometrici raccolti vanno dal 01/01/1924 al 31/12/2012

I dati acquisiti dalle stazioni corrispondono alla quantità di pioggia caduta in un giorno.

Mediante i seguenti dati è stata effettuata una analisi inizialmente annuale successivamente stagionale, mensile e per finire giornaliera.

I dati sono stati ricavati e successivamente digitalizzati dagli annali dell'ex Ufficio Idrografico di Venezia, dal sito della Regione Veneto e dall'ARPAV.

Non è stato possibile ricavare i dati relative alle precipitazioni per tutti gli anni presi in considerazione, questo dovuto al lungo periodo di tempo studiato. Per quanto riguarda la stazione di Soave (VR) i dati raccolti arrivano fino al 2012.



**Figura 1** - Ubicazione delle stazioni di Asiago (VI) Cortina d'Ampezzo (BL) e Soave (VR)

## **2. STRUMENTI E MATERIALI UTILIZZATI**

### **2.1 PLUVIOMETRI**

I dati sono stati rilevati da stazioni metereologiche dotate di pluviometri, strumenti utilizzati per misurare la quantità di pioggia caduta. L'unità di misura della pioggia caduta è il millimetro (mm).



**Figura 2** - Immagine rappresentante un pluviometro

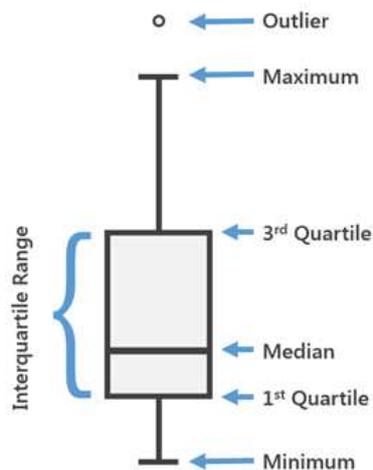
### **2.2 SOFTWARE “RStudio”**

Una volta ottenuti e digitalizzati i dati sono stati analizzati mediante il software R (R Core Team, 2024) ed in particolare RStudio (RStudio Team, 2023) si tratta di un applicativo open-source realizzato appositamente per analisi statistiche e rappresentazioni grafiche. Il software dispone di specifiche librerie e applicazioni dedicate, che consentono una elaborazione e rappresentazione grafica di dati pluviometrici e termometrici. Il package utilizzato per l'elaborazione dei dati è stato hydroTSM (Zambrano-Bigiarini, 2023).

### **2.3 TIPOLOGIE DI GRAFICI UTILIZZATI**

Come detto in precedenza sono state fatte analisi su dati annuali, stagionali mensili e giornalieri, per ognuna di queste analisi sono stati utilizzati grafici diversi del tipo lineari, istogrammi e a box-plot.

Per lo studio dell'andamento mensile delle piogge sono stati utilizzati grafici a scatola detti box-plot. Utilizzati per descrivere la distribuzione di un campione tramite semplici indici di dispersione e posizione, da cui si ricavano i dati significativi trascurando quelli non importanti.



**Figura 3** - Rappresentazione grafica di un box-plot

Come si può osservare dalla Figura 3 il box-plot è suddiviso nelle seguenti parti Primo quartile (1st Quartile) ovvero il minimo valore osservato tale che almeno il 25% dei dati sia minore o uguale ad esso. Mediana (Median) il minimo valore osservato tale che il 50% dei dati sia minore ad esso, la mediana corrisponde al valore rispetto al quale metà dei numeri sono superiori e l'altra metà inferiori ad esso. Terzo quartile (3rd Quartile) il minimo valore osservato tale che almeno il 75% dei dati sia minore o uguale ad esso.

Il valore Terzo quartile-Primo quartile è detta distanza interquartile e coincide con l'ampiezza dell'intervallo in cui si trovano almeno il 50% dei valori. Più ampio è questo intervallo più i dati sono diversi tra loro.

I valori che rimangono al di fuori dei limiti Maximum e Minimum sono definiti outliers e rappresentano valori anomali della serie.

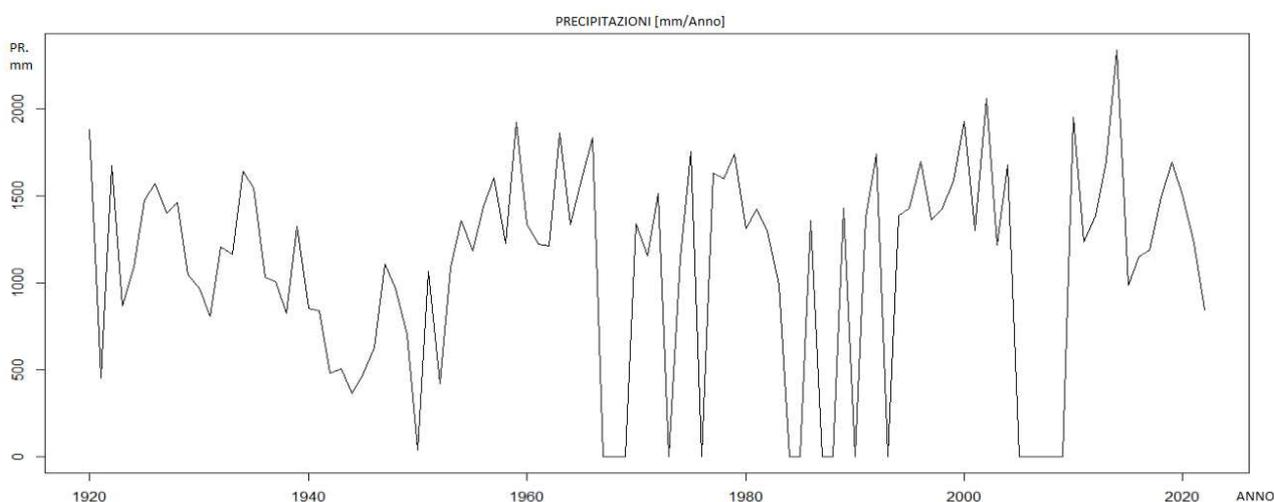
### 3. ANALISI ESPLORATIVA DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI

Si passa ora all'analisi dei dati raccolti, analizzando per ogni stazione il regime pluviometrico annuale, mensile, stagionale e giornaliero. Per le stazioni di Asiago (VI) e Cortina d'Ampezzo (BL) è stato possibile effettuare anche un'analisi pluvio-termometrica.

#### 3.1 STAZIONE METEOROLOGICA DI ASIAGO (VI)

Per tutti i grafici a seguire il periodo preso in esame va dal 01/01/1920 al 31/12/2022.

##### 3.1.1 Analisi pluviometriche annuali

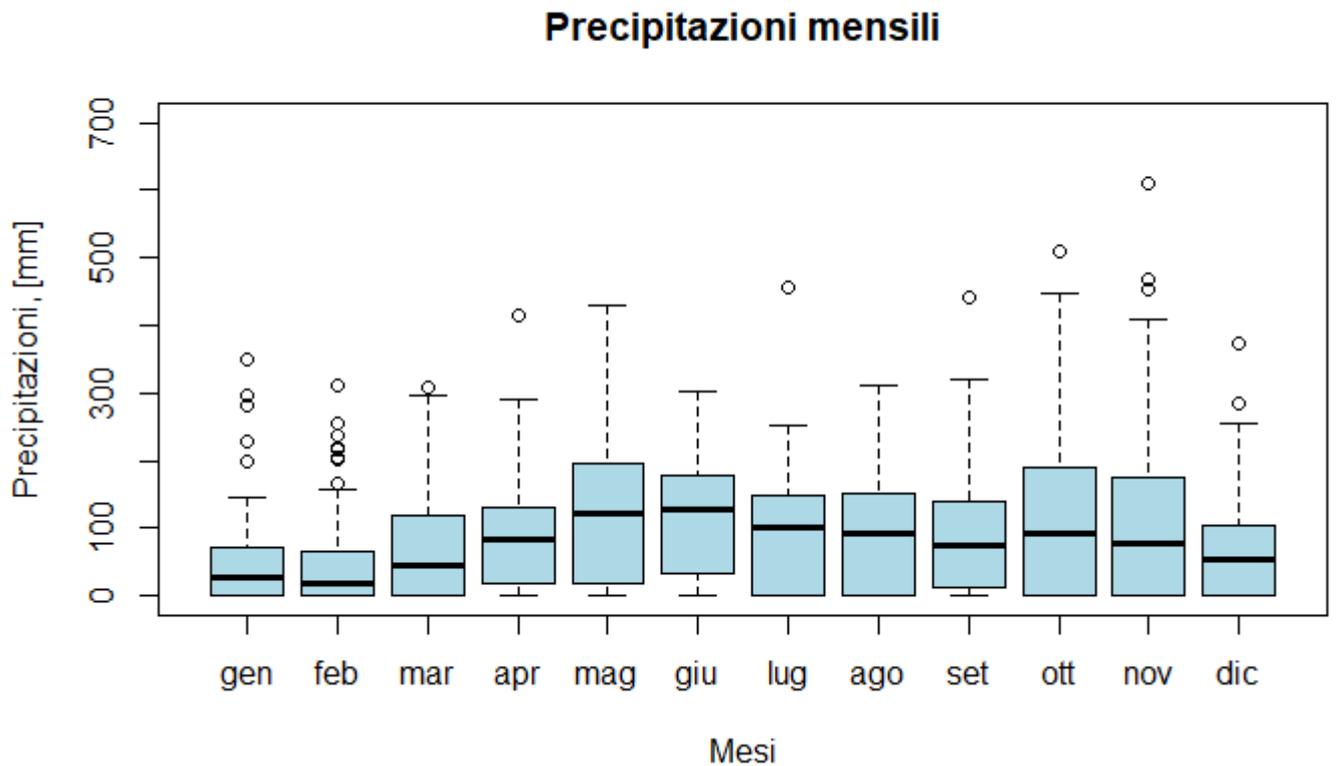


**Figura 4** - Grafico rappresentante il regime pluviometrico annuale nella stazione di Asiago (VI)

Le precipitazioni inferiori ai 500 millimetri derivano dall'assenza parziale o totale dei dati.

Dal grafico si può evidenziare come non sia costante l'andamento delle precipitazioni di anno in anno però si può notare come con il passare degli anni il valore della pioggia caduta sia aumentata di quantità. Facendo una classifica degli anni con maggiori precipitazioni abbiamo il 2014 con 2342 mm di pioggia, seguito dal 2002 con 2063,6 dal 2010 con 1955,8 mm, dal 1920 con 1886 mm e dal 2019 con 1695,4 mm.

### 3.1.2 Analisi pluviometriche mensili



**Figura 5** - Regime pluviometrico mensile della stazione di Asiago (VI)

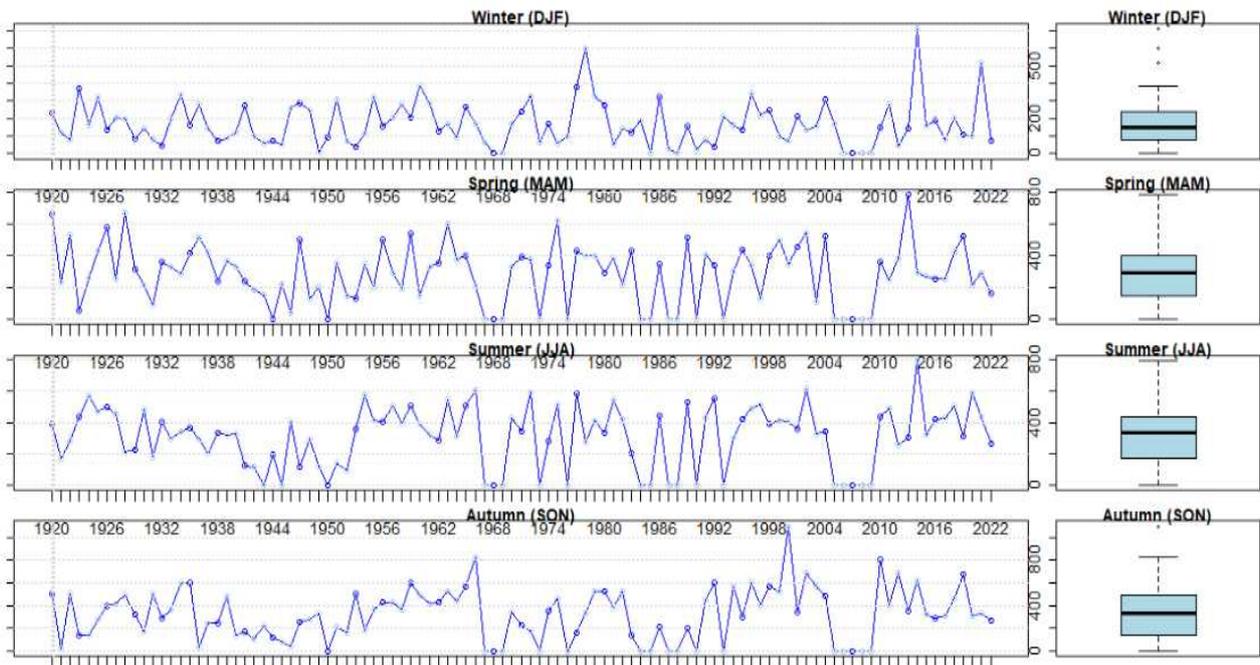
Il grafico in figura 5 rappresenta l'andamento pluviometrico di un anno tipo, costruendo un box-plot per ogni mese, costituito da tutti i mesi degli anni presi in considerazione per il periodo analizzato, permettendo un'analisi del regime.

Non si evidenziano particolari anomalie legate alla variabilità anche se nei mesi di maggio, ottobre e novembre i valori raccolti si diversificano maggiormente tra di loro.

Emerge inoltre un valore anomalo molto elevato nel mese di novembre.

### 3.1.3 Analisi pluviometriche stagionali

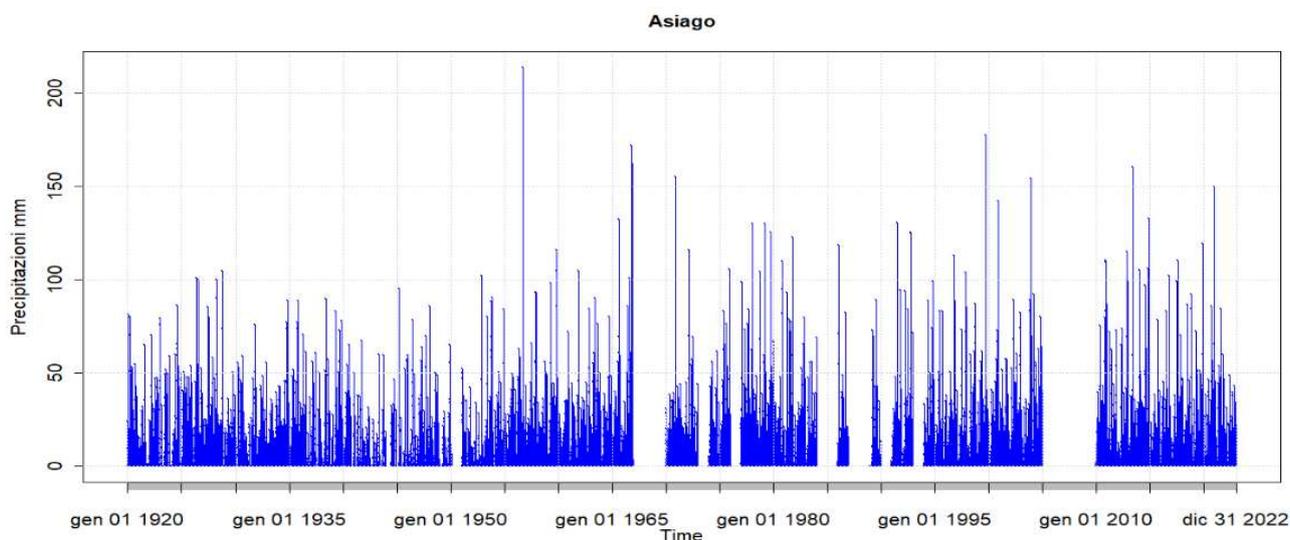
Lo scopo è di analizzare l'andamento stagionale nel lungo periodo. I dati pluviometrici sono suddivisi in trimestri, in relazione alle stagioni. Per l'inverno vengono sommati i mesi di dicembre-gennaio-febbraio (DJF), per primavera marzo-aprile-maggio (MAM), per l'estate giugno-luglio-agosto (JJA) e per l'autunno settembre-ottobre-novembre (SON).



**Figura 6** - Regime pluviometrico stagionale della stazione di Asiago (VI)

Dal grafico possiamo vedere come le precipitazioni sono relativamente costanti in inverno e in estate. In inverno possiamo notare tre picchi che discordano molto dal resto dei dati raccolti.

### 3.1.4 Analisi pluviometriche giornaliere



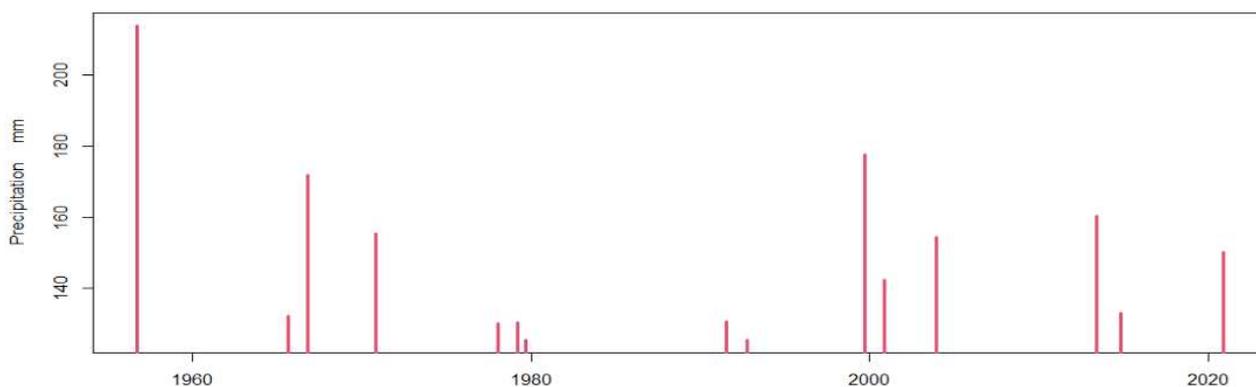
**Figura 7** - Regime pluviometrico giornaliero della stazione di Asiago (VI)

In Figura 7 si riportano gli andamenti giornalieri delle precipitazioni nel periodo studiato.

La data con la più abbondante precipitazione è stata il 26/09/1956 con 214 mm di pioggia caduta. A seguire troviamo il 21/09/1999 con 177,6 mm, il 04/11/1966 con 172 mm e il 16/05/2013 con 160,4 mm.

È stata inoltre effettuata un'analisi sulle piogge anomale, che corrispondono ai giorni particolarmente piovosi, sono stati selezionati i giorni con piovosità  $>$  di 50 mm che risultano in numero di 301 su 37621 dati giornalieri. In questo campione di 301 valori è stato individuato il valore di pioggia corrispondente al 95 percentile, che è di 125,5 mm.

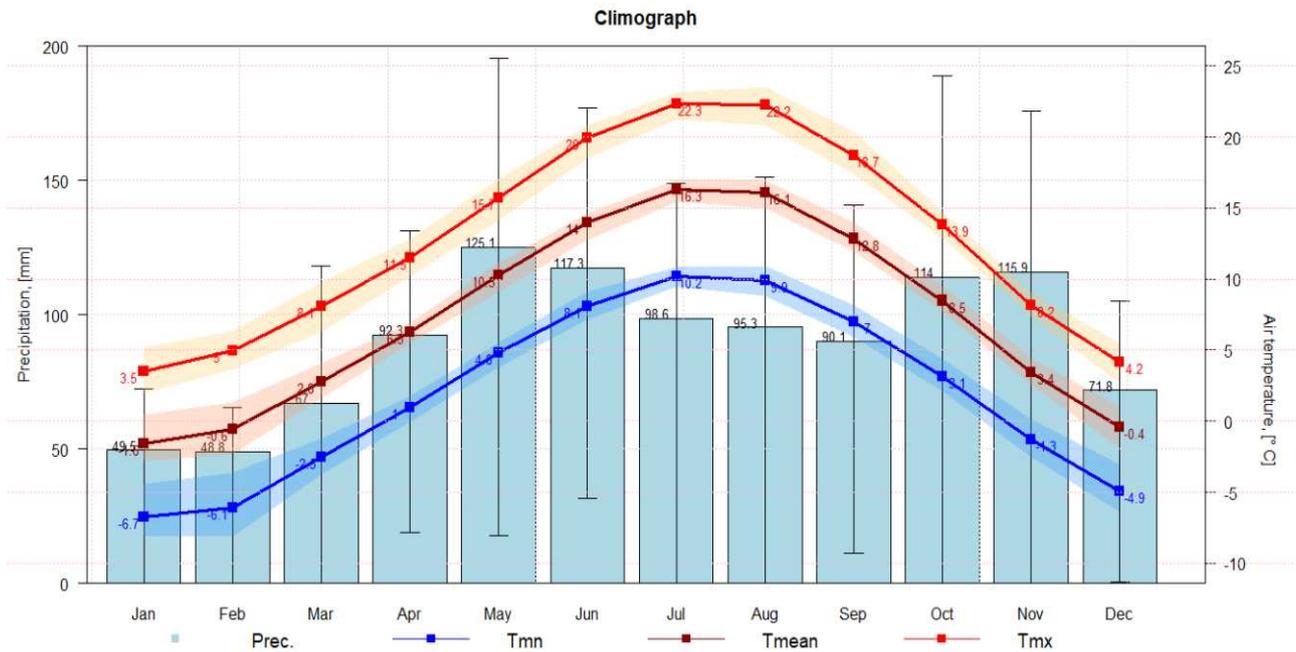
In figura 8 si mettono in evidenza i giorni in cui le precipitazioni hanno superato il 95 percentile, 125,5 mm. Si può notare come gli eventi anomali dopo il 1990 hanno una entità maggiore rispetto a quello degli anni precedenti a parte uno precedente al 1960.



**Figura 8** - Precipitazioni giornaliere superiori a 125,5 mm nella stazione di Asiago (VI)

### 3.1.5 Analisi pluvio-termometrica

Il grafico in figura 9 mette in correlazione precipitazioni e temperature. Nei primi 6 mesi dell'anno c'è una correlazione positiva tra aumento delle temperature e aumento delle precipitazioni. Nel mese di luglio, agosto e settembre una riduzione delle temperature corrisponde ad una diminuzione delle precipitazioni, per ottobre e novembre la correlazione è inversa.

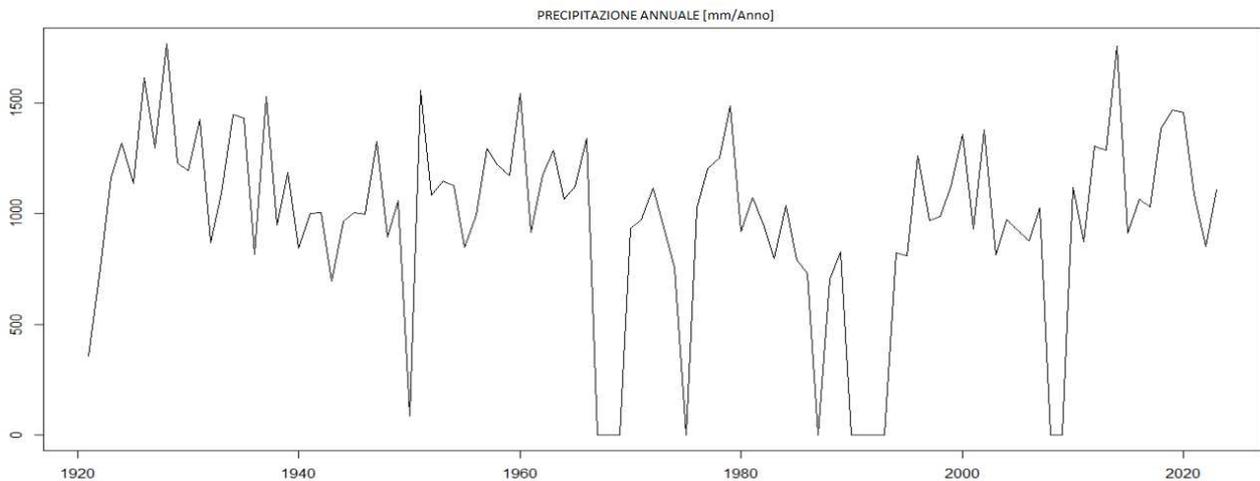


**Figura 9 - Climatogramma ricavato dalla stazione di Asiago (VI)**

### 3.2 STAZIONE METEREologica DI CORTINA D'AMPEZZO (BL)

Per i grafici presi in esame il periodo analizzato va dal 01/01/1921 al 31/12/2023, anche in questo caso non si hanno la totalità dei dati.

#### 3.2.1 Analisi pluviometriche annuali

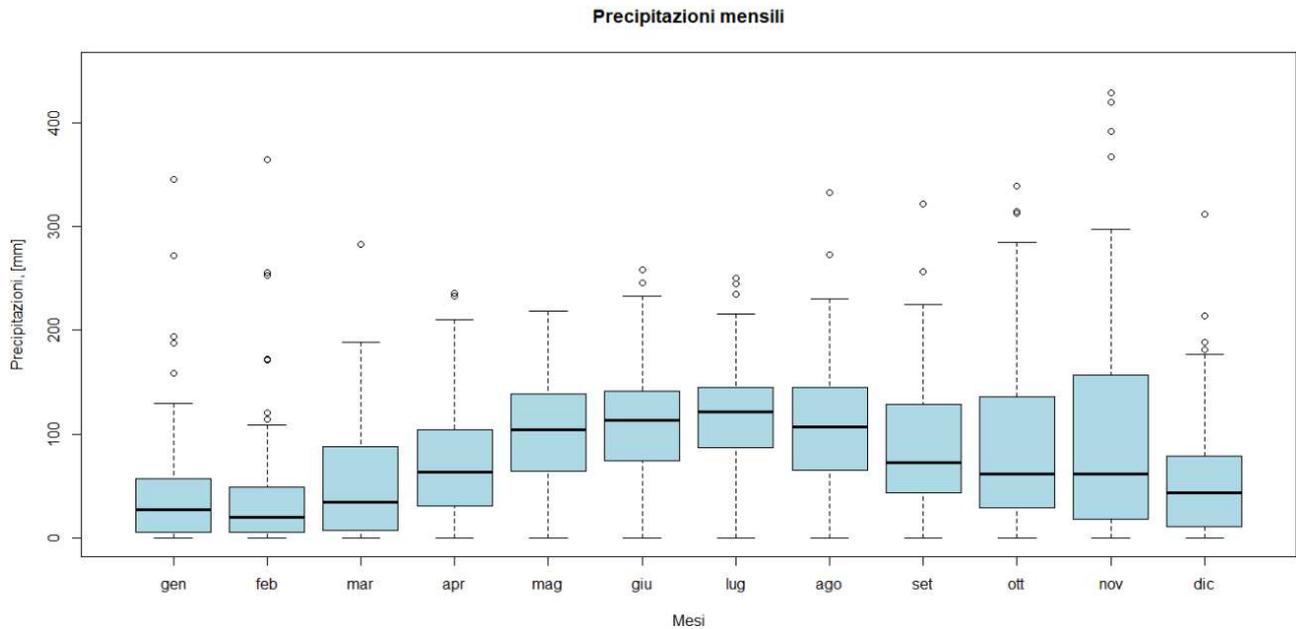


**Figura 10** – Regime pluviometrico annuale della stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

Le precipitazioni inferiori ai 500 millimetri derivano dall'assenza parziale o totale dei dati.

Dal grafico in Figura 10 possiamo notare che gli anni con le precipitazioni più abbondanti sono il 1928 con 1767,2 mm e il 2014 con 1756 mm.

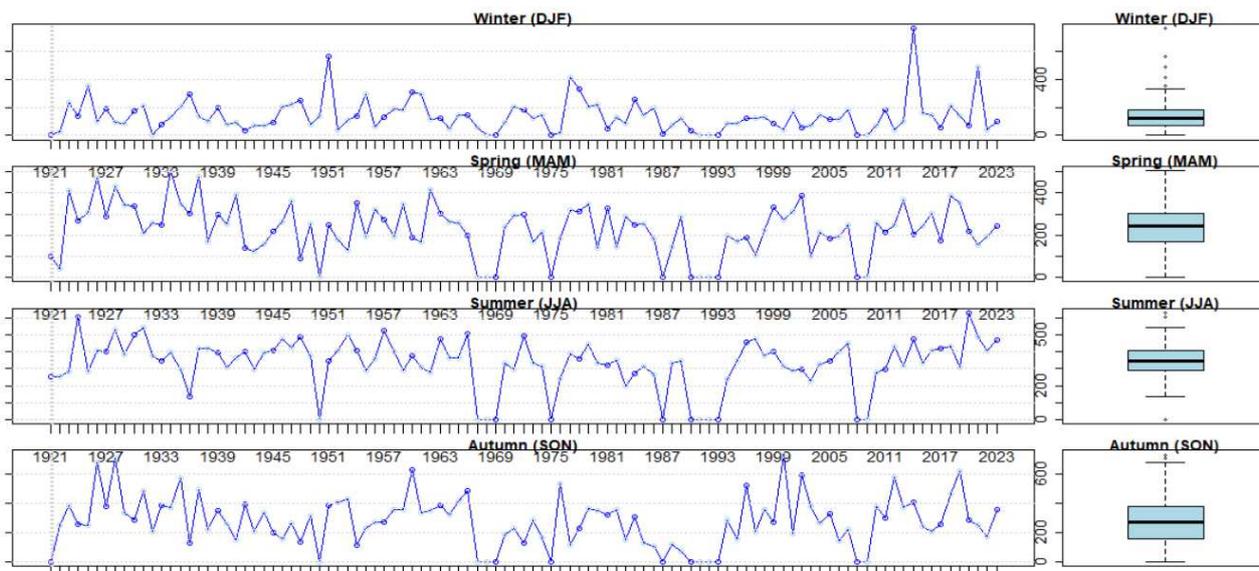
### 3.2.2 Analisi pluviometriche mensili



**Figura 11** – Regime pluviometrico mensile della stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

In figura 11 vengono rappresentati i box-plot per ogni mese. Ogni box-plot è costruito con la somma di un determinato mese per ogni anno del periodo considerato, ad esempio il box-plot di gennaio rappresenta la pioggia di tutti i mesi di gennaio dal 1921 al 2023. Dal grafico si può vedere come i valori dei mesi di ottobre e novembre siano i più variabili, questo significa che le precipitazioni in quei mesi sono state diverse nei diversi anni analizzati.

### 3.2.3 Analisi pluviometriche stagionali

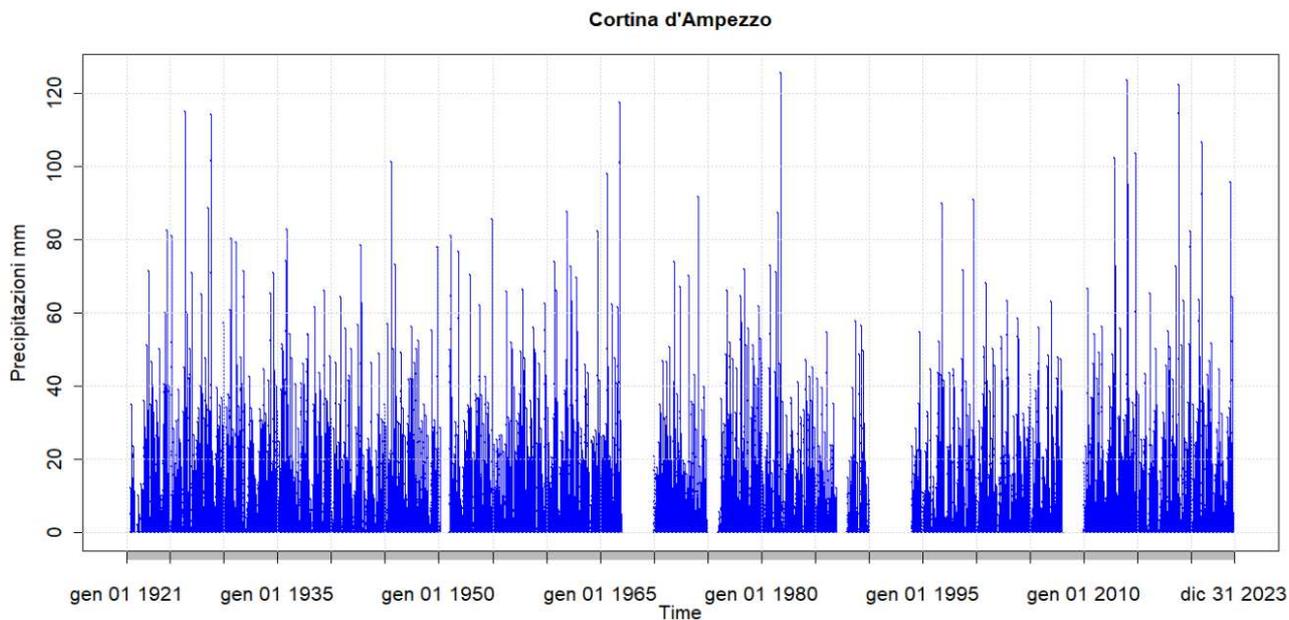


**Figura 12** - Regime pluviometrico stagionale della stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

Anche per la stazione di Cortina d'Ampezzo è stato analizzato l'andamento stagionale, per l'inverno vengono sommati i mesi di dicembre-gennaio-febbraio (DJF), per primavera marzo-aprile-maggio (MAM), per l'estate giugno-luglio-agosto (JJA) e per l'autunno settembre-ottobre-novembre (SON).

Si può notare come le precipitazioni in inverno siano relativamente costanti con tre picchi anomali. Anche in estate abbiamo una certa costanza nei dati raccolti.

### 3.2.4 Analisi pluviometriche giornaliere

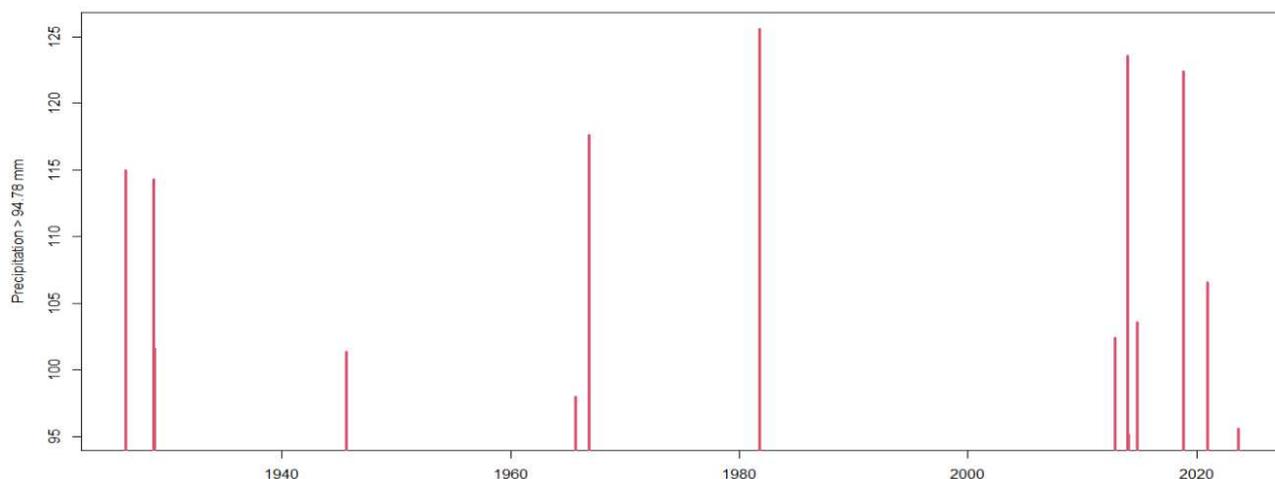


**Figura 13** - Regime pluviometrico giornaliero della stazione di Cortina d'Ampezzo

Dall'analisi giornaliera possiamo vedere come nel periodo più recente si ha una frequenza più elevata di abbondanti precipitazioni.

Il giorno più piovoso è stato il 27/10/1981 con 125,6 mm seguito dal 26/12/2013 con 123,6 mm e dal 28/10/2018 con 122,4 mm.

Dall'analisi è stato rilevato che nei giorni 04/11/1966 e il 05/11/1966 ha piovuto rispettivamente 101 mm e 117,6 mm per un totale nei due giorni di 218,6 mm.

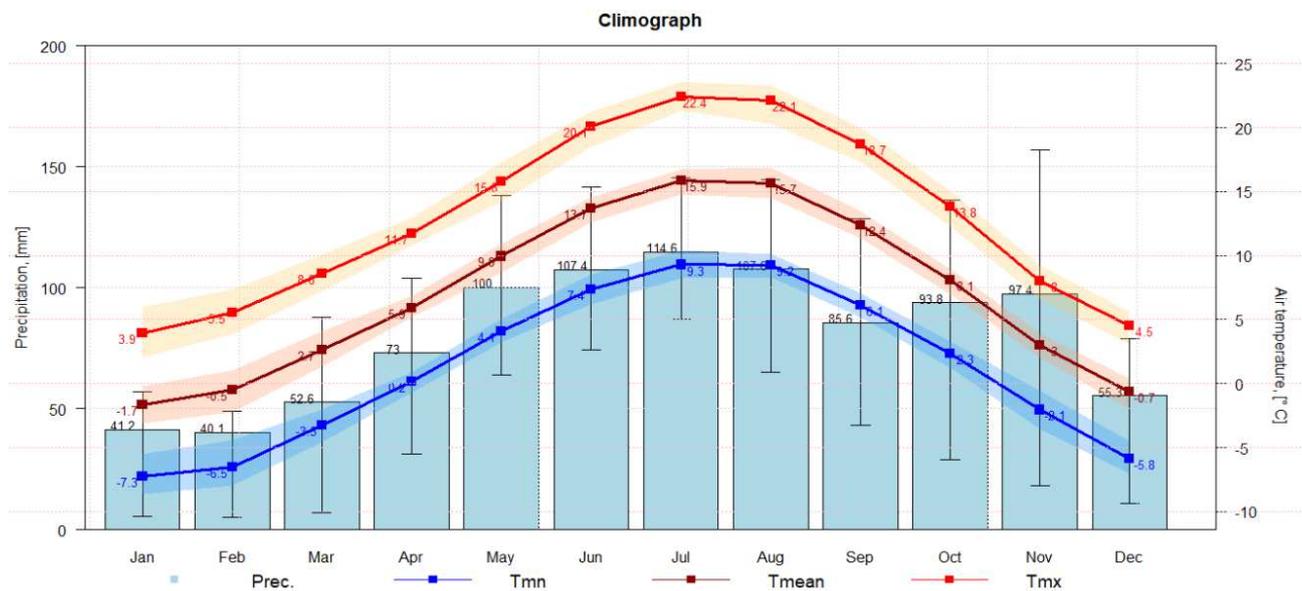


**Figura 14** - Precipitazioni giornaliere superiori a 94,78 mm nella stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

Anche per la stazione di Cortina sono state studiate le precipitazioni anomale calcolando il 95 percentile. Sono stati trovati 304 giorni in cui vengono superati i 40 mm di pioggia e di questi il 95 percentile è rappresentato da 94,78 mm.

In figura 14 vediamo che sono quattordici i giorni che superano 94,78 mm la maggior parte dei quali sono compresi tra il 2010 e il 2023.

### 3.2.5 Analisi pluvio-termometrica



**Figura 15** - Climatogramma ricavato dalla stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

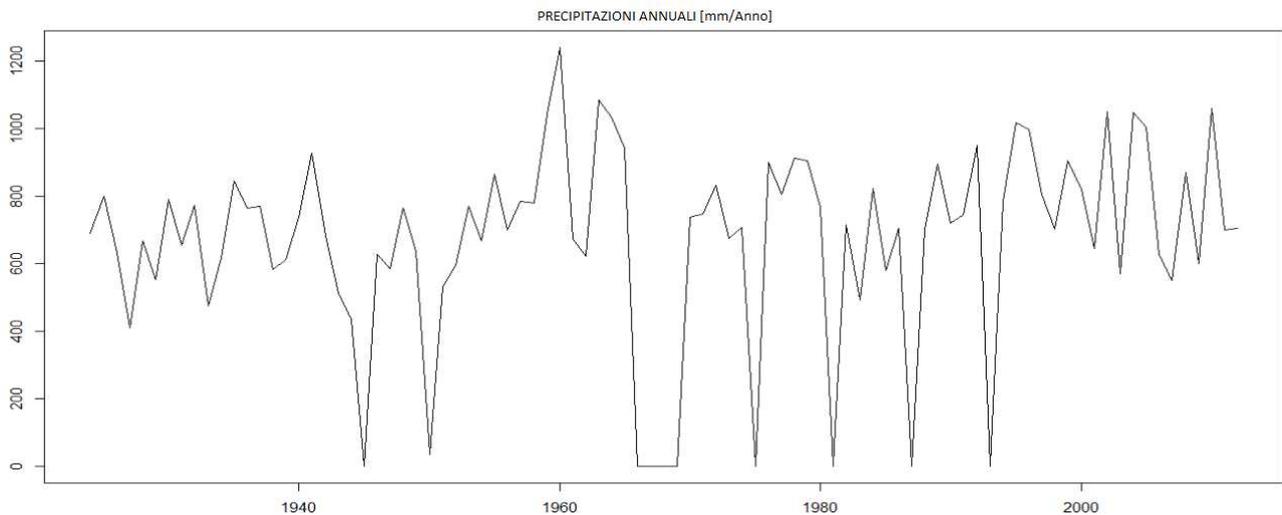
E' stato sviluppato il climatogramma, dove si può osservare la correlazione diretta tra la temperatura e le precipitazioni, con l'aumento della temperatura abbiamo anche l'aumento delle precipitazioni e viceversa.

### 3.3 STAZIONE METERELOGICA DI SOAVE (VR)

Per la stazione di Soave (VR) il periodo analizzato inizia con il 1924 e si conclude nel 2012, per interruzione della stazione di misura. Per questa stazione non sono stati trovati dati più recenti.

#### 3.3.1 Analisi pluviometriche annuali

In Figura 16 possiamo vedere l'andamento annuale per il periodo preso in esame.



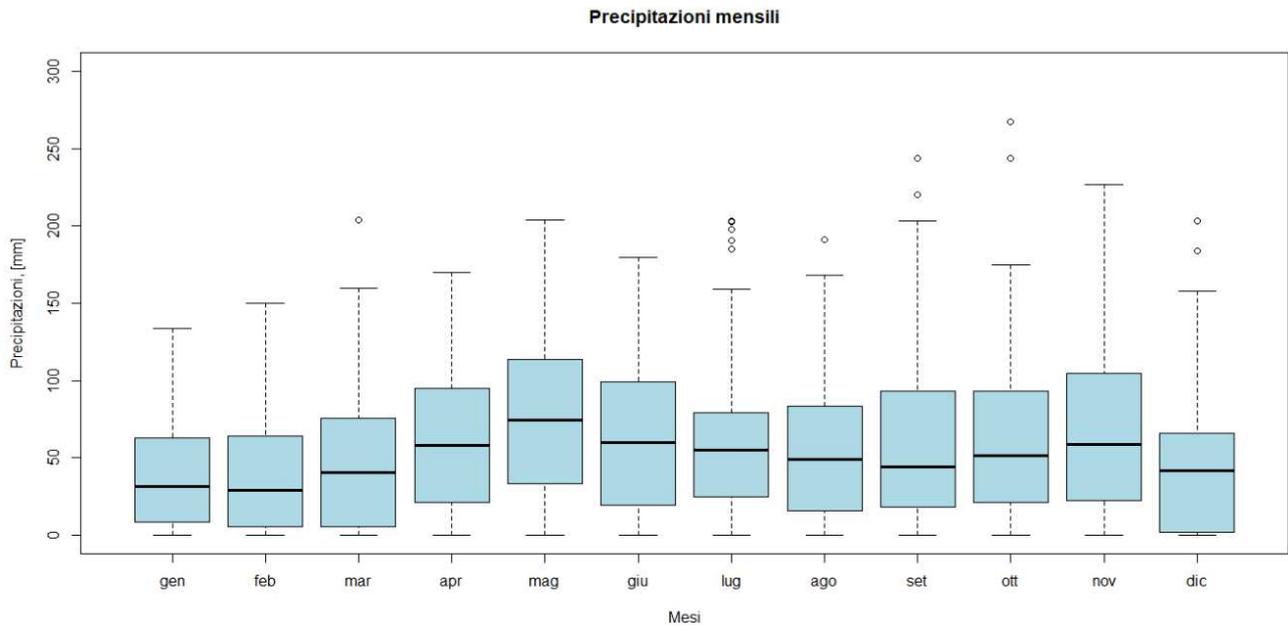
**Figura 16** - Analisi pluviometrica annuale per la stazione di Soave (VR)

Le precipitazioni inferiori ai 500 millimetri derivano dall'assenza parziale o totale dei dati.

L'anno con maggiori precipitazioni è il 1960 con 1238,7 mm di pioggia segue il 1963 con 1083,2 mm. Si può vedere però come i valori nella fascia destra del grafico siano maggiori rispetto a quelli relativi al periodo di sinistra. Infatti, gli anni nei quali si superano i 1000 mm di pioggia caduta si trovano in maggiore concentrazione nel periodo più vicino ai giorni nostri.

### 3.3.2 Analisi pluviometriche mensili

Come per le altre stazioni è stato analizzato l'andamento pluviometrico di un anno "tipo", costruendo i relativi box-plot.

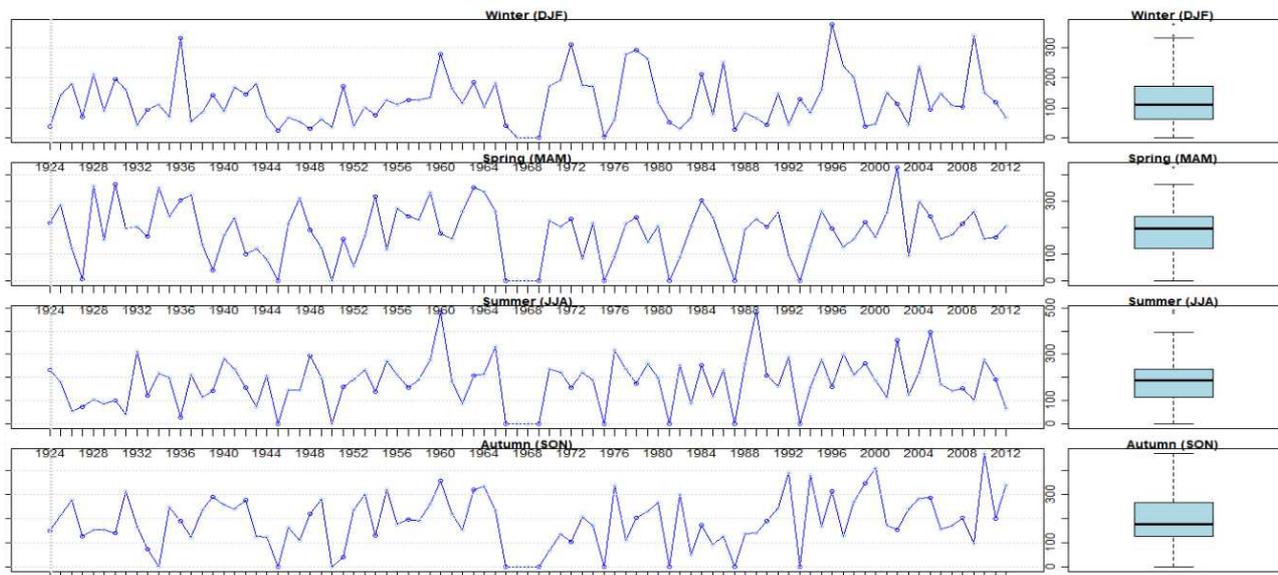


**Figura 17** - Analisi pluviometrica mensile per la stazione di Soave (VR)

Non si evidenziano particolari anomalie legate alla variabilità nei dati raccolti, i box-plot hanno tutti un'ampiezza simile.

### 3.3.3 Analisi pluviometriche stagionali

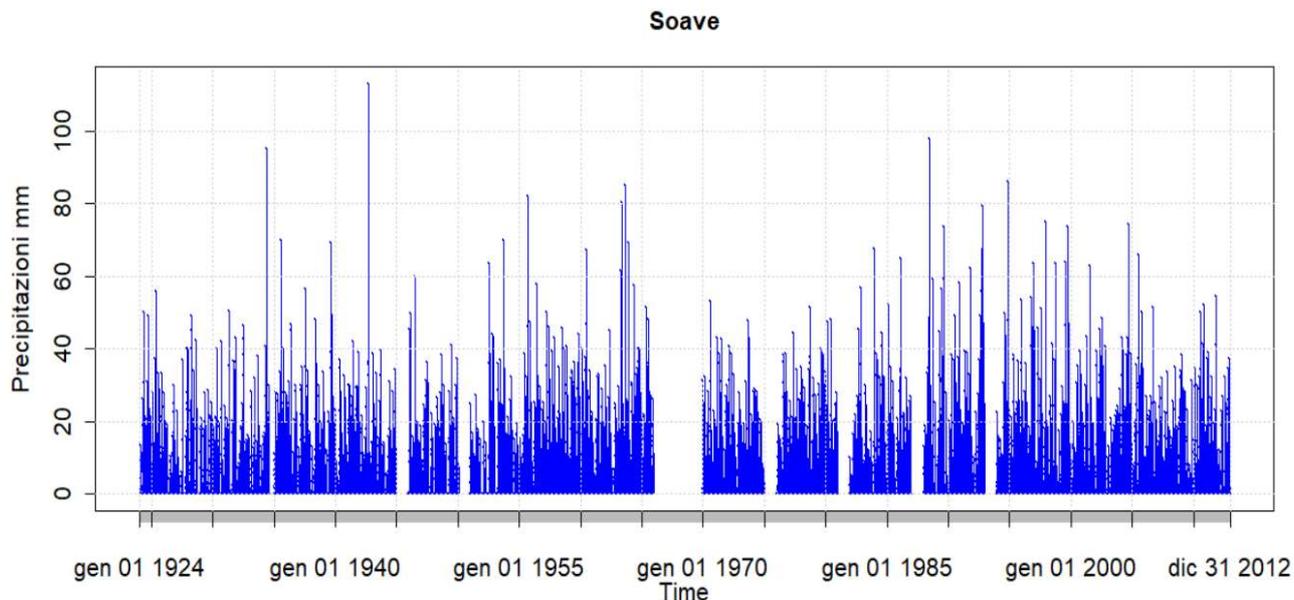
In figura 18 possiamo vedere il grafico relativo agli andamenti stagionali. Per l'inverno vengono sommati i mesi di dicembre-gennaio-febbraio (DJF), per primavera marzo-aprile-maggio (MAM), per l'estate giugno-luglio-agosto (JJA) e per l'autunno settembre-ottobre-novembre (SON).



**Figura 18** - Analisi pluviometrica stagionale per la stazione di Soave (VR)

Possiamo vedere come per la stazione di Soave (VR) l'andamento stagionale sia molto variabile.

### 3.3.4 Analisi pluviometriche giornaliere



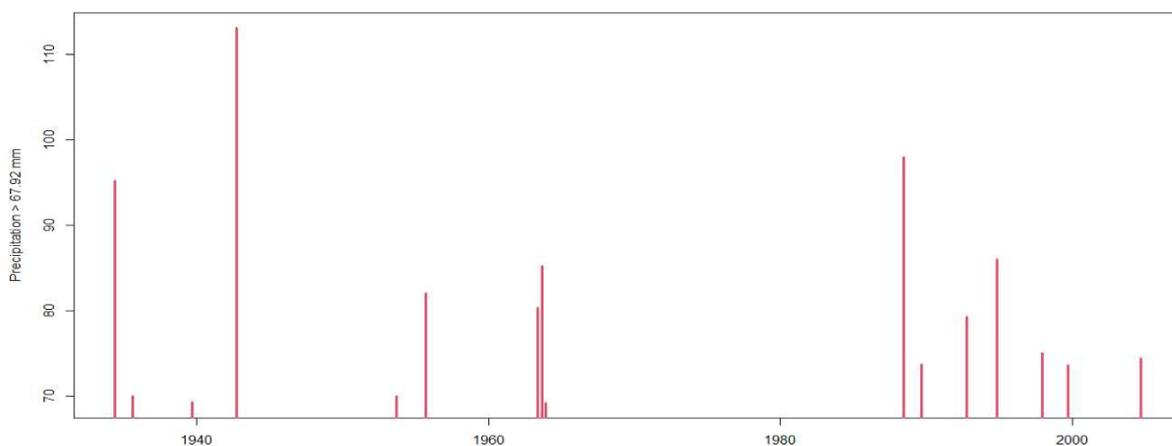
**Figura 19** - Analisi pluviometrica giornaliera per la stazione di Soave (VR)

L'analisi giornaliera oltre a visualizzare l'andamento delle piogge ci permette di ricavare i giorni con maggiore piovosità, in questo caso le date sono:

- 27/09/1942 con 113,1 mm
- 06/06/1988 con 98 mm
- 27/05/1934 con 95,2 mm

Possiamo dire che i giorni più piovosi appartengono ai primi anni analizzati.

Come per le stazioni precedenti sono state ricercate le precipitazioni anomale, su 32508 dati raccolti 318 sono maggiori di 30 mm (limite scelto) di questi 318 valori il 95% sono minori di 67,92 mm. Come possiamo vedere dal grafico in figura 20 sono sedici i valori che superano il 95percentile ovvero il valore di 67,92 mm.



**Figura 20** - Precipitazioni giornaliere superiori a 67,92 mm nella stazione di Soave (VR)

#### 4. PERIODI A CONFRONTO

##### 4.1 Periodo a confronto per la stazione di Asiago (VI) 1920-1940 / 2002-2022

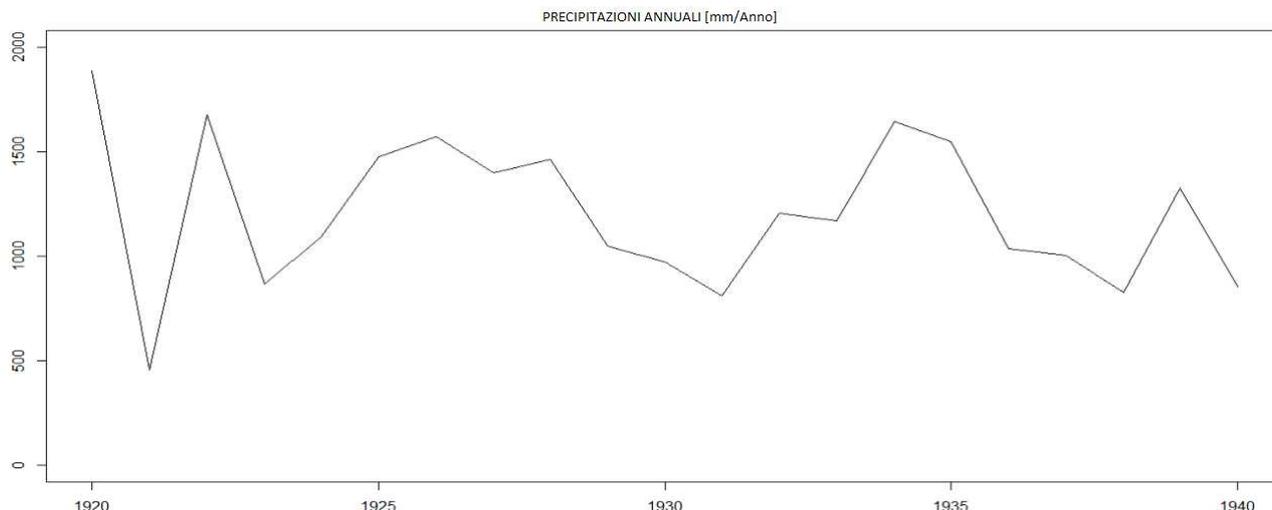
Sono stati considerati due periodi distanti tra loro e confrontati, il periodo più vecchio va dal 01/01/1920 al 31/12/1940. Di questo periodo non è stato possibile ottenere la totalità dei dati, in tabella 1 è possibile osservare i dati mancanti per alcuni mesi, rappresentati dallo 0.

Anno	Giorni in cui i valori delle precipitazioni sono presenti											
	<i>Gennaio</i>	<i>Febbraio</i>	<i>Marzo</i>	<i>Aprile</i>	<i>Maggio</i>	<i>Giugno</i>	<i>Luglio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Settembre</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Novembre</i>	<i>Dicembre</i>
<b>1920</b>	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>1921</b>	31	0	31	0	31	30	31	0	30	31	0	31
<b>1922</b>	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31
<b>1923</b>	31	28	31	0	0	30	31	31	30	0	0	31
<b>1924</b>	0	29	0	30	31	30	31	31	30	0	30	31
<b>1925</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>1926</b>	31	0	31	30	31	30	31	31	30	0	30	31
<b>1927</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>1928</b>	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0
<b>1929</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>1930</b>	31	0	0	30	0	30	31	31	30	31	0	31
<b>1931</b>	31	0	0	30	0	0	31	31	30	31	30	31
<b>1932</b>	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>1933</b>	31	28	31	30	31	30	31	0	30	31	30	31
<b>1934</b>	31	28	31	30	0	30	31	31	0	31	30	31
<b>1935</b>	0	0	31	30	31	30	31	31	0	31	30	31
<b>1936</b>	0	29	31	30	31	30	31	0	0	31	0	31
<b>1937</b>	0	28	31	30	0	30	0	0	0	31	0	31
<b>1938</b>	31	0	31	30	31	30	0	31	30	31	0	0
<b>1939</b>	31	0	0	30	31	30	0	31	30	31	30	31
<b>1940</b>	31	29	31	30	31	30	0	31	30	0	30	0

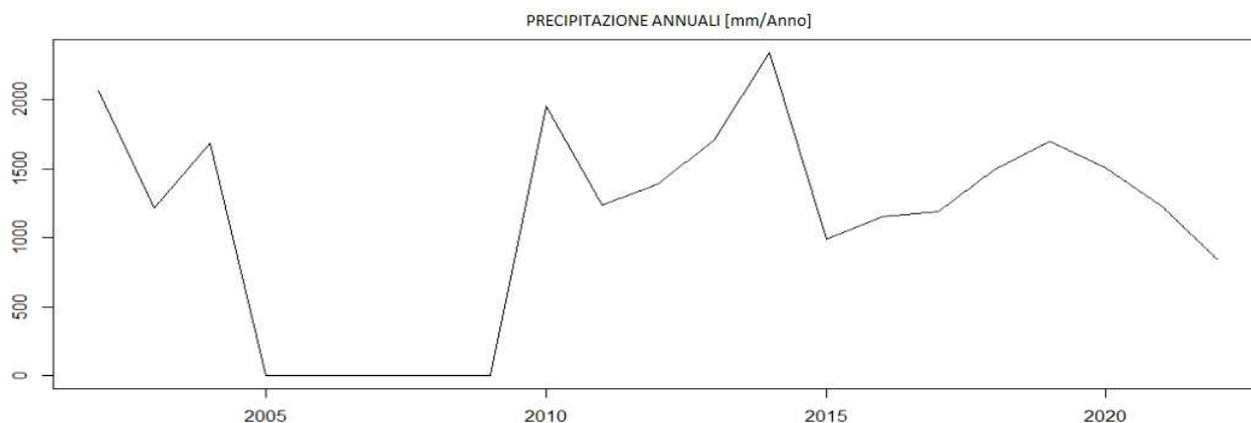
**Tabella 1** - Dati mancanti nel periodo 1920/1940 per la stazione di Asiago (VI)

Il secondo periodo preso in considerazione va dal 01/01/2002 al 31/12/2022. I dati mancanti in questo range sono quelli rispettivi agli anni dal 2005 al 2009.

Dai grafici rappresentanti le precipitazioni annuali si può osservare come nel periodo più recente si hanno una maggior concentrazione di anni con precipitazioni maggiori di 1500 mm.



**Figura 21** - Analisi delle precipitazioni annuali dal 1920 al 1940 della stazione di Asiago (VI)

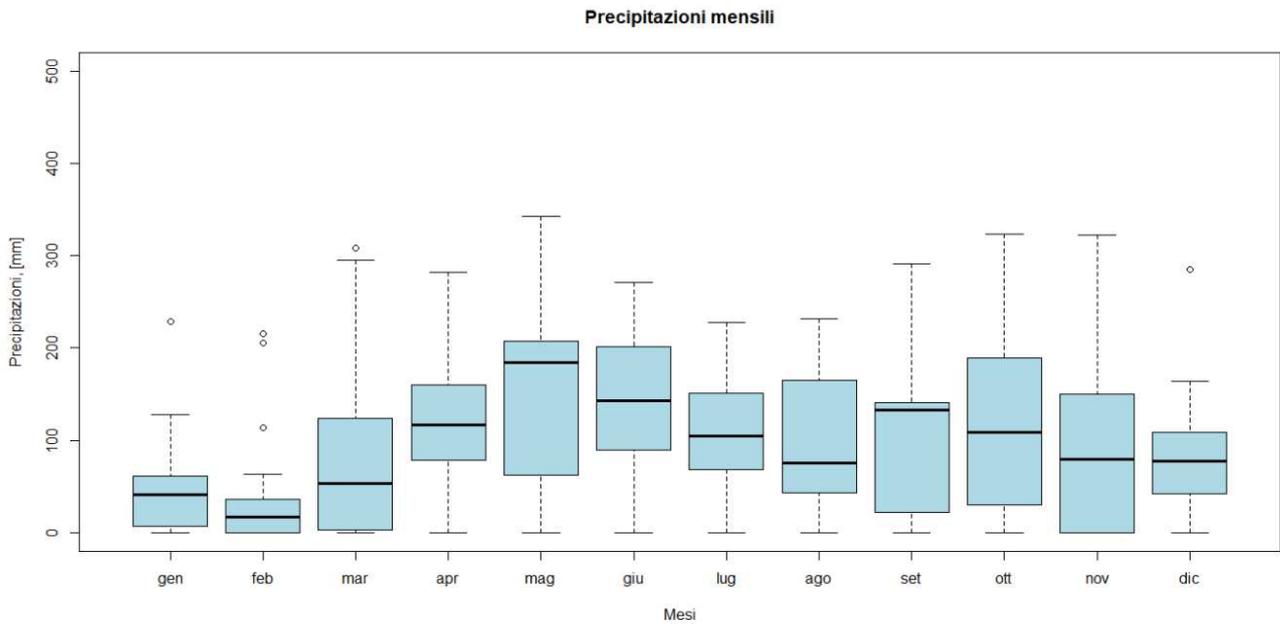


**Figura 22** - Analisi delle precipitazioni annuali dal 2002 al 2022 della stazione di Asiago (VI)

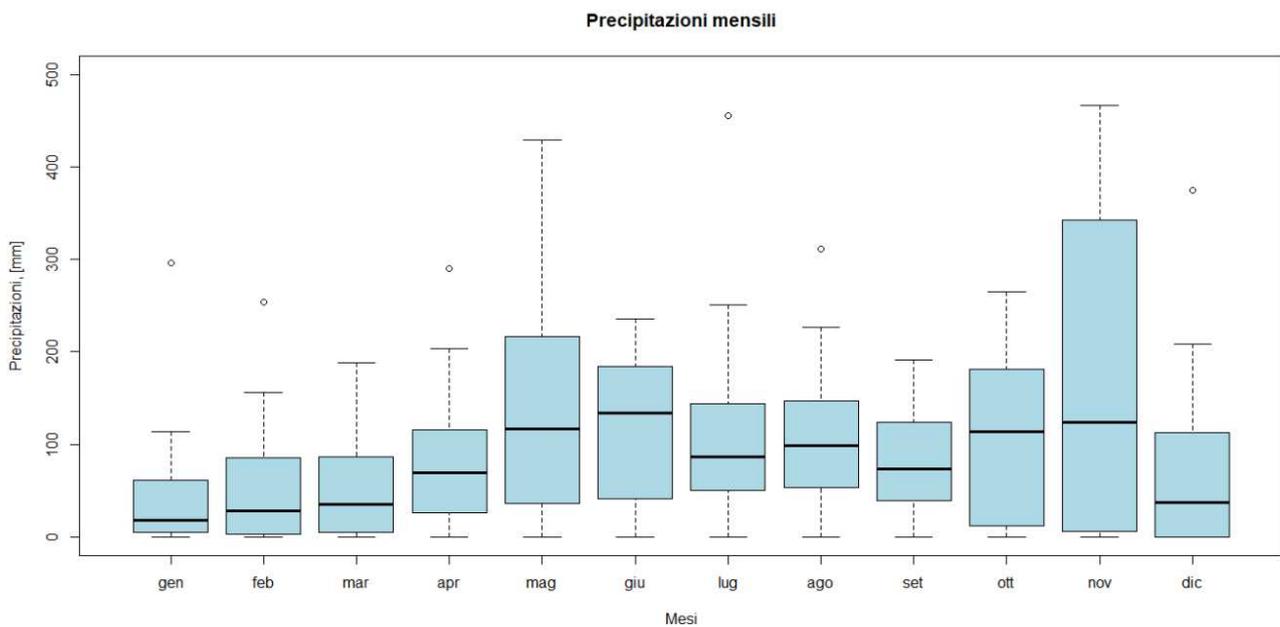
Considerando gli anni analizzati è stata calcolata la pioggia media in entrambi i periodi, per il periodo 1920/1940 la media è di 1206,23 mm per il periodo 2002/2022 abbiamo 1127,92 mm, considerando che in questo periodo mancano 5 anni si può dire che il periodo 2002/2022 è stato più piovoso.

Le quantità medie tra il primo e il secondo periodo non discordano di molto.

Confrontando le figure 23-24 è evidente una diversa distribuzione di frequenza considerando gli stessi mesi nei due periodi. Nel periodo 2002/2022 vediamo una grande variabilità di precipitazioni nel mese di novembre.

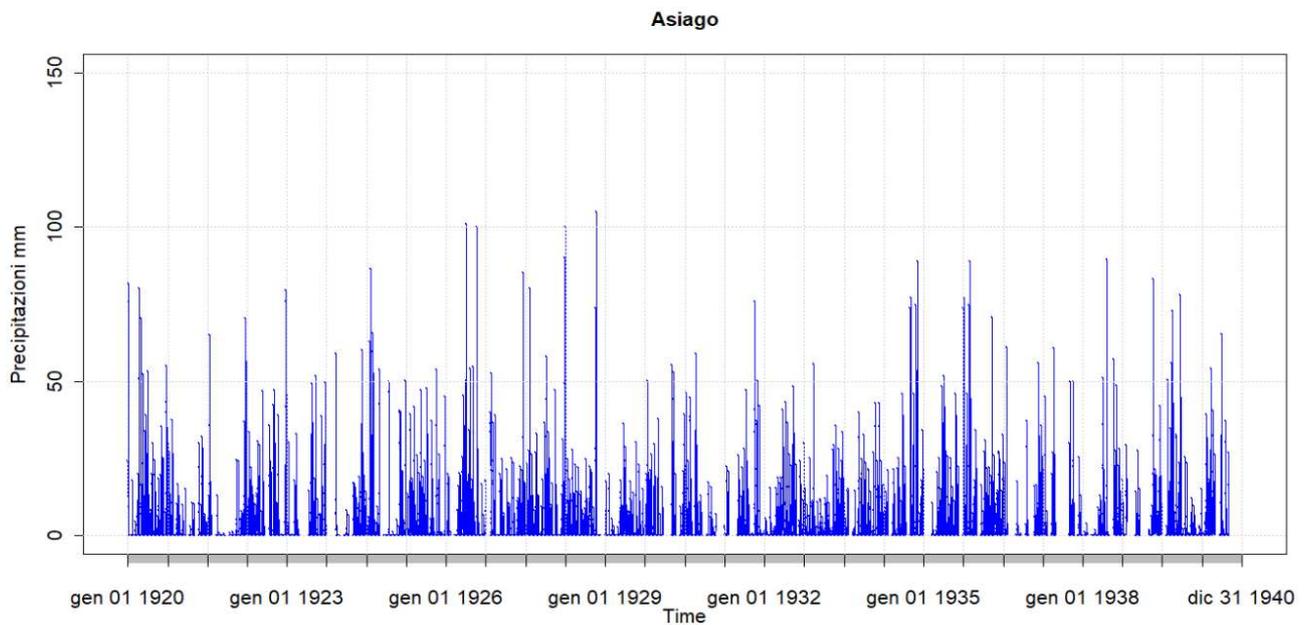


**Figura 23** - Analisi delle precipitazioni mensili dal 1920 al 1940 della stazione di Asiago (VI)

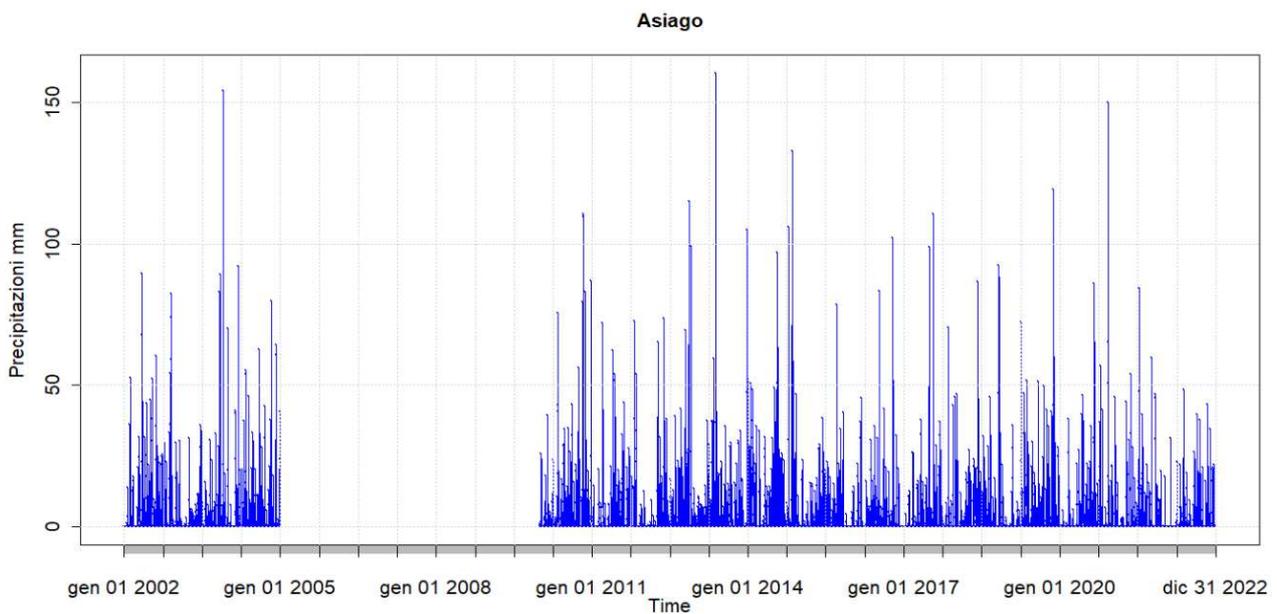


**Figura 24** - Analisi delle precipitazioni mensili dal 2002 al 2022 della stazione di Asiago (VI)

Osservando i grafici nelle figure 25 e 26 si può evidenziare come nel periodo recente (2002/2022) si hanno molti più giorni dove le piogge cadute superano i 100 mm.



**Figura 25** - Analisi delle precipitazioni giornaliere dal 1920 al 1940 della stazione di Asiago (VI)



**Figura 26** - Analisi delle precipitazioni giornaliere dal 2002 al 2022 della stazione di Asiago (VI)

#### 4.2 Periodo a confronto per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) 1921-1941 / 2003-2023

Per la stazione di Cortina d'Ampezzo sono stati messi a confronto gli anni che vanno dal 1921 al 1941 con il periodo compreso dal 2003 al 2023.

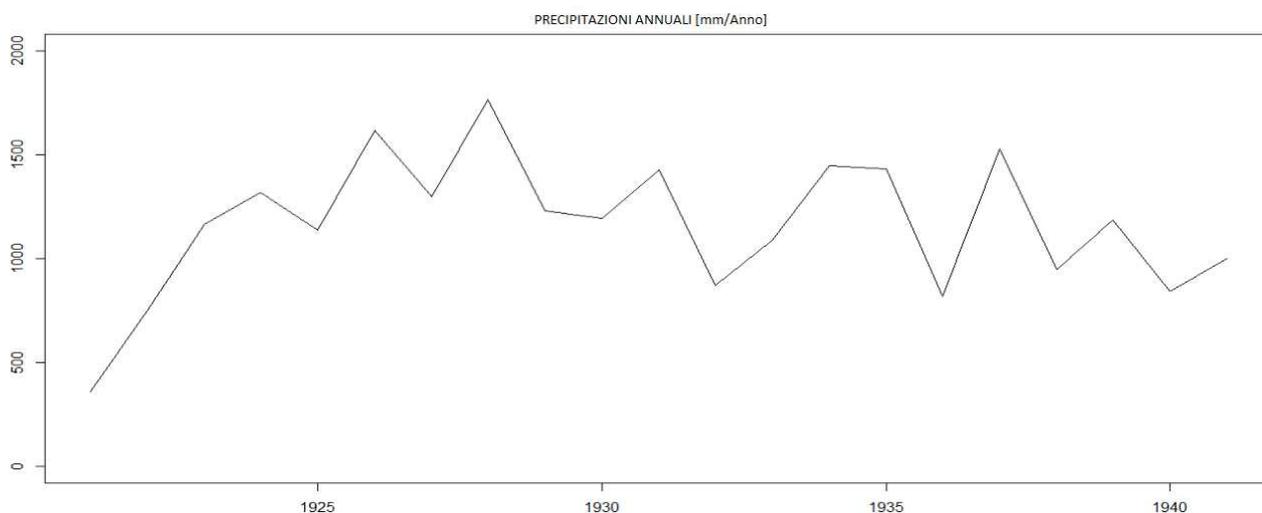
In tabella 2 si possono vedere i giorni dell'anno in cui sono stati registrati i dati delle precipitazioni per il periodo 1921-1941, l'anno con meno dati è il 1921.

<b>Anno</b>	<b>Giorni in cui i valori delle precipitazioni sono presenti</b>
1921	154
1922	304
1923	365
1924	366
1925	365
1926	337
1927	365
1928	366
1929	365
1930	365
1931	303
1932	366
1933	365
1934	365
1935	365
1936	336
1937	365
1938	365
1939	337
1940	335
1941	365

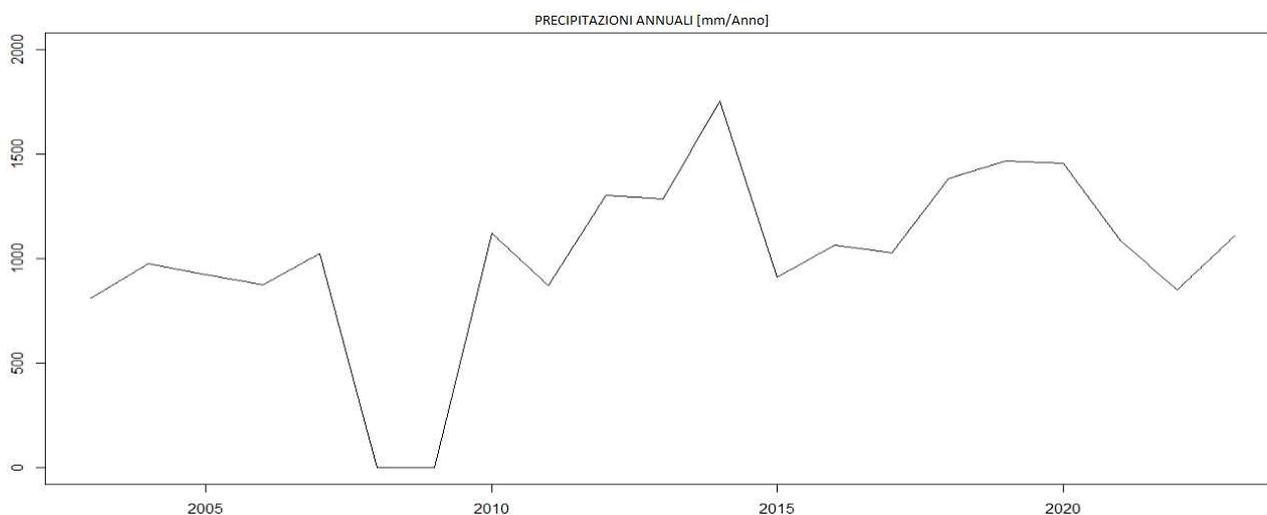
**Tabella 2** - Giorni dell'anno dei quali si hanno i valori delle precipitazioni per il periodo 1921-1941

Per il periodo 2003-2023 non si hanno i dati relativi al 2008 e al 2009.

Confrontando i grafici relativi alle precipitazioni annuali possiamo vedere che nel periodo 1921-1941 complessivamente i valori delle precipitazioni sono più elevate.



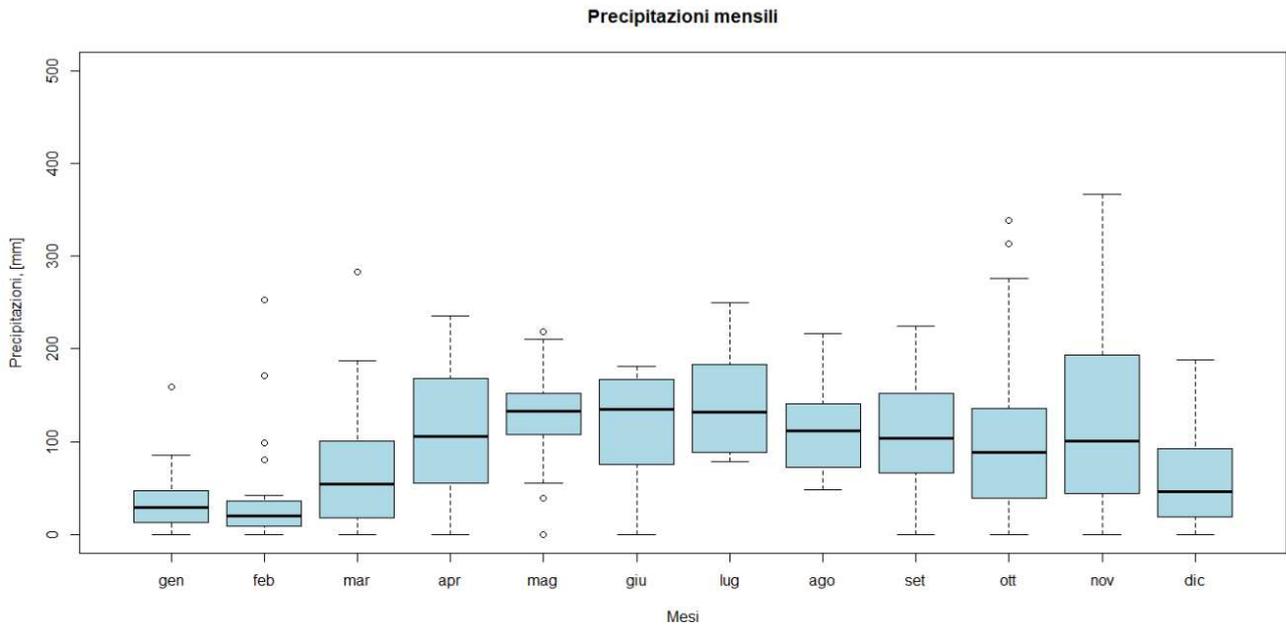
**Figura 27** - Precipitazioni annuali dal 1921 al 1941 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)



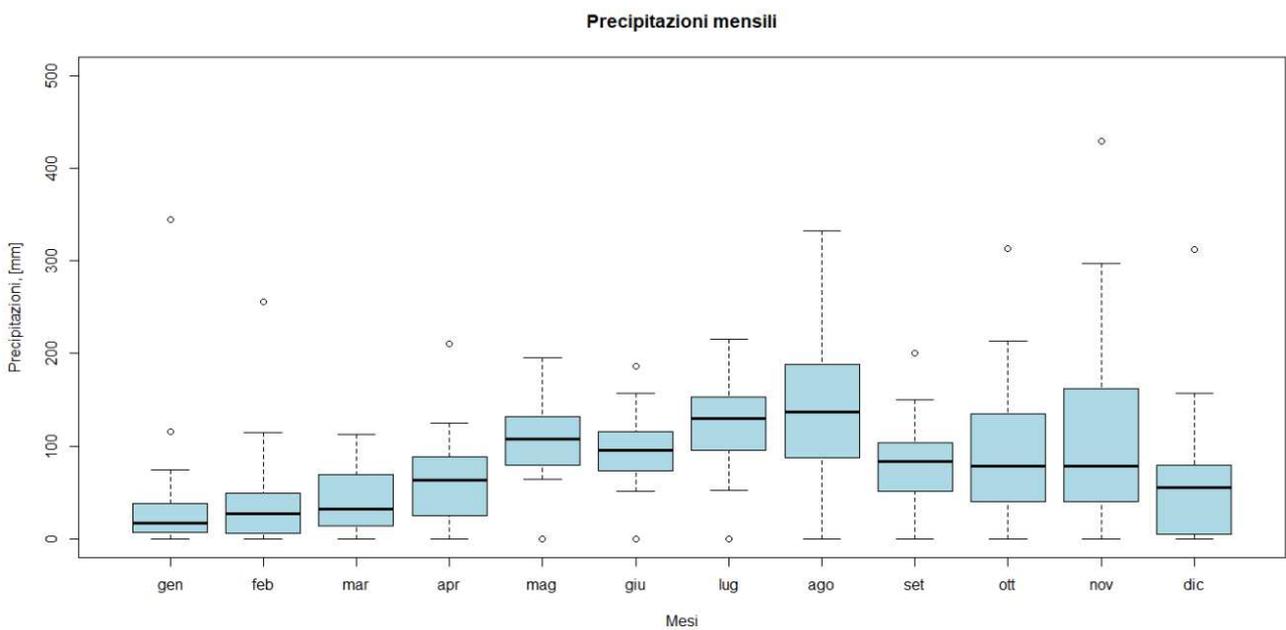
**Figura 28** - Precipitazioni annuali dal 2003 al 2023 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

È stata calcolata la precipitazione media per entrambi i periodi, 1921/1941 la precipitazione calcolata corrisponde a 1167,76 mm mentre per il periodo 2002/2023 è di 1014,22 mm. Anche in questo caso i valori non si differenziano di molto.

Confrontando i due grafici relativi alle precipitazioni mensili possiamo vedere un andamento simile, senza cambio di regime.

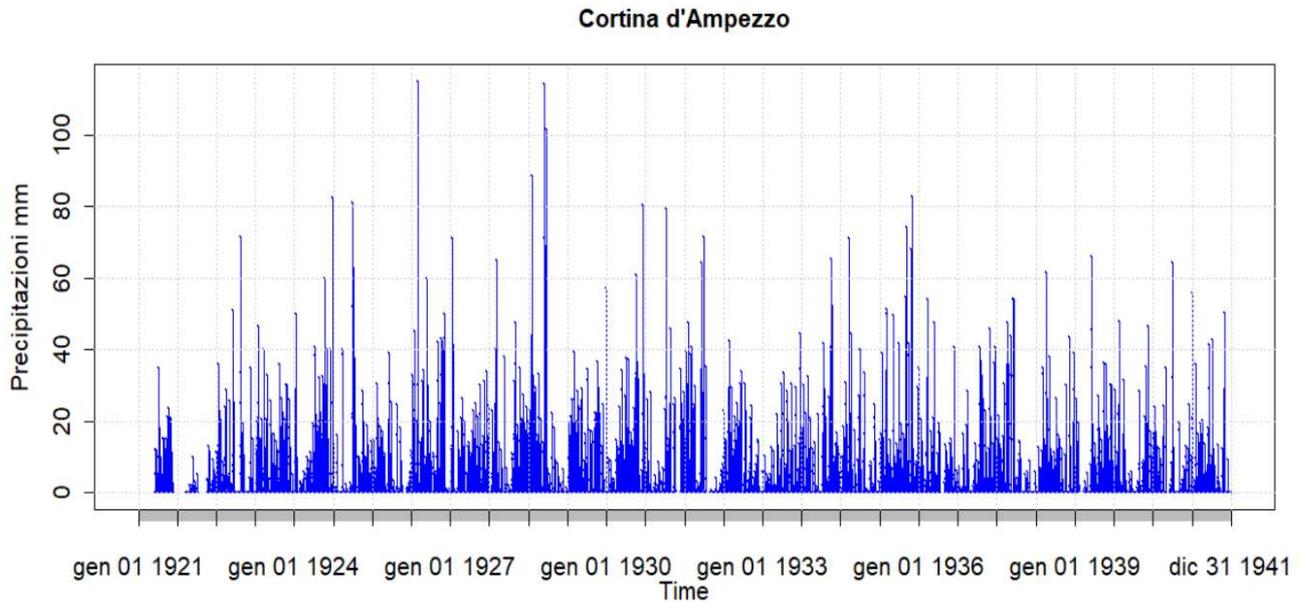


**Figura 29** - Precipitazioni mensili dal 1921 al 1941 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

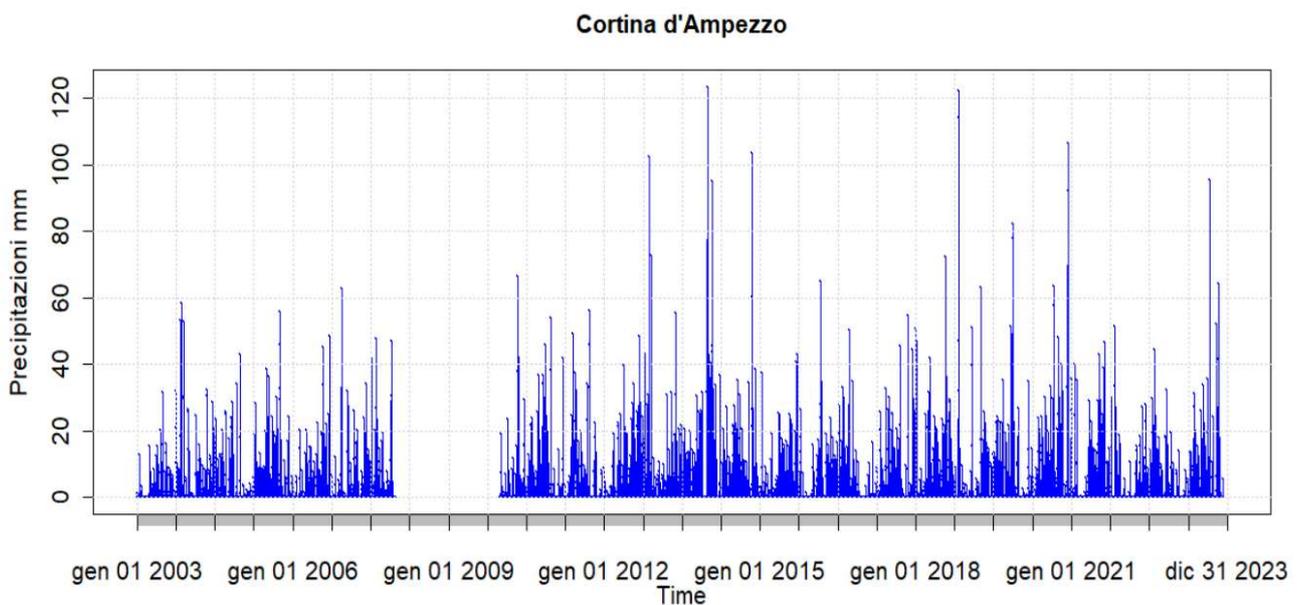


**Figura 30** - Precipitazioni mensili dal 2003 al 2023 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

Per quanto riguarda l'analisi delle piogge giornaliere possiamo vedere che nel range 1921-1941 abbiamo solamente tre giorni dove le precipitazioni superano i 100 mm, mentre nel periodo 2003-2023 sono cinque, oltre a questo non ci sono grandi differenze tra i due periodi.



**Figura 31** - Precipitazioni giornaliere dal 1921 al 1941 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)



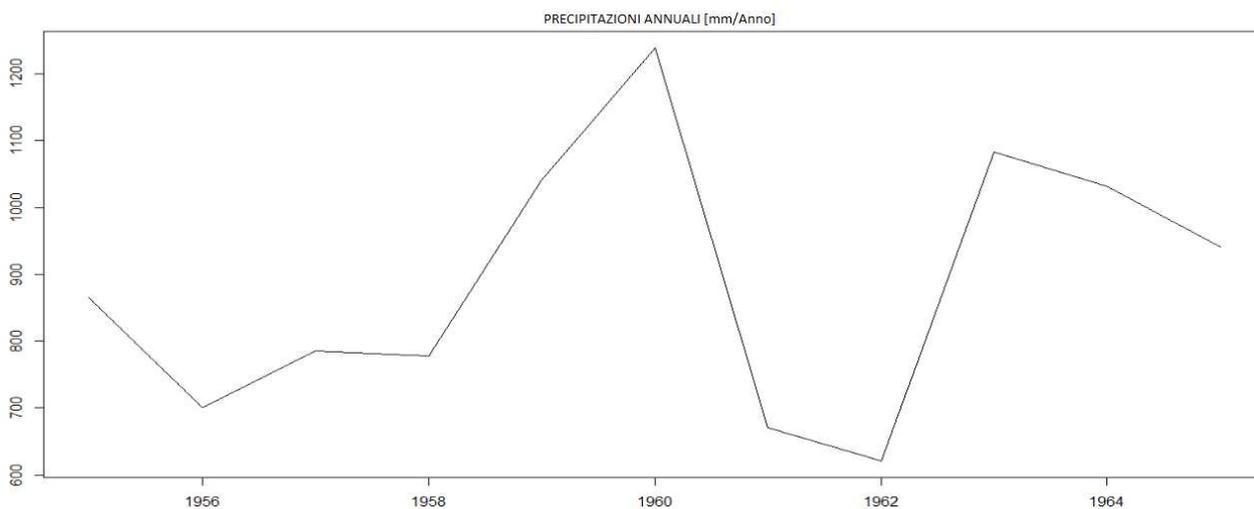
**Figura 32** - Precipitazioni giornaliere dal 2003 al 2023 per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

### 4.3 Periodo a confronto per la stazione di Soave (VR) 1955-1965 / 2002-2012

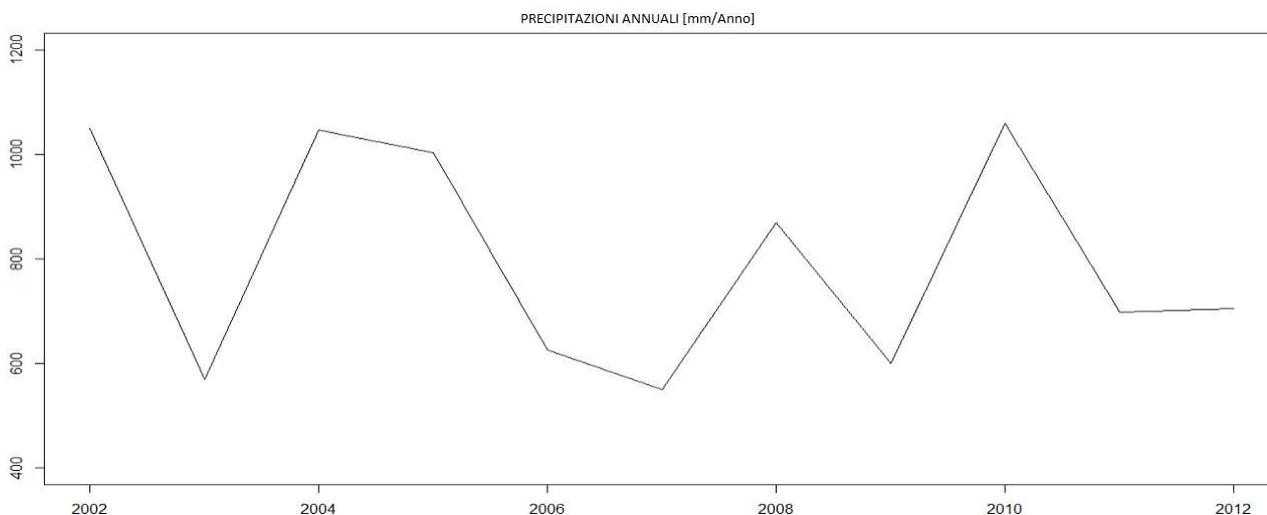
Per la stazione di Soave sono stati confrontati i periodi 1955-1965 con il 2002-2012. Non ci sono dati mancanti in questo studio.

Analizzando i grafici relativi alle precipitazioni annuali vediamo come nel periodo 2002-2012 le precipitazioni non sono costanti, sono state calcolate le precipitazioni medie in questi 11 anni per entrambi i periodi:

Periodo 1955-1965 la precipitazione media calcolata è di 886,88 mm mentre per il 2002-2012 è stato calcolato un valore medio pari a 797,78 mm.

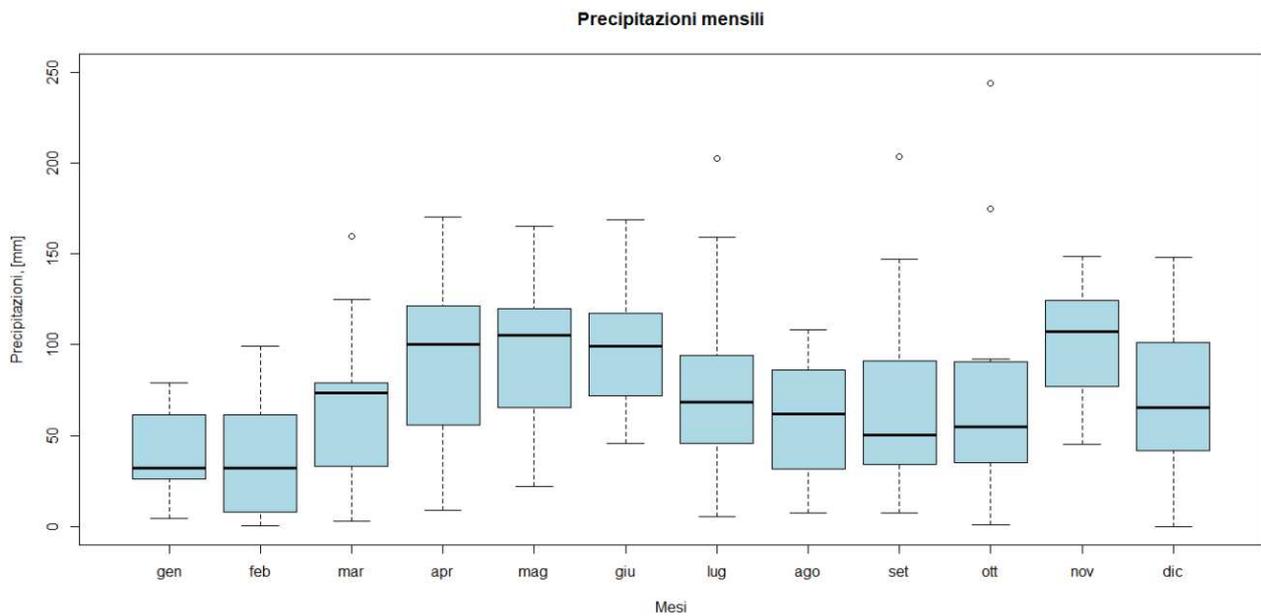


**Figura 33** - Precipitazioni annuali dal 1955 al 1965 per la stazione di Soave (VR)

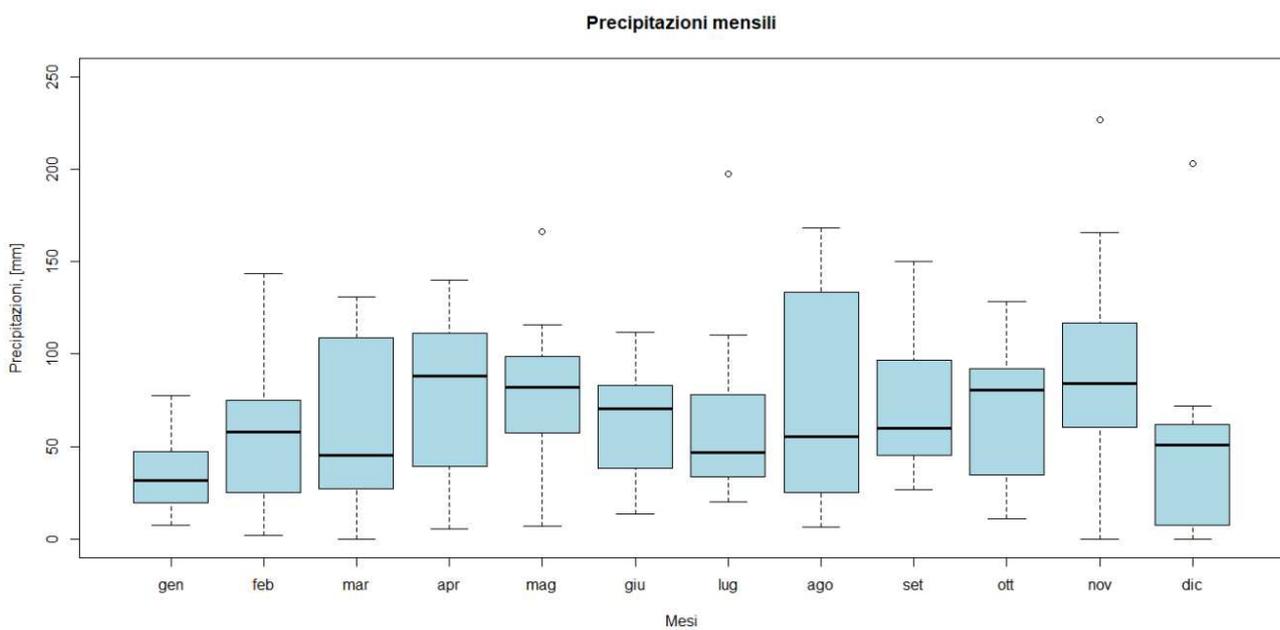


**Figura 34** - Precipitazioni annuali dal 2002 al 2012 per la stazione di Soave (VR)

Per quanto riguarda le precipitazioni mensili possiamo vedere come i valori delle precipitazioni, descritte dai box-plot, siano molto variabili in entrambi i periodi, ma molto evidente è la differenza di agosto nel periodo 2002-2012.

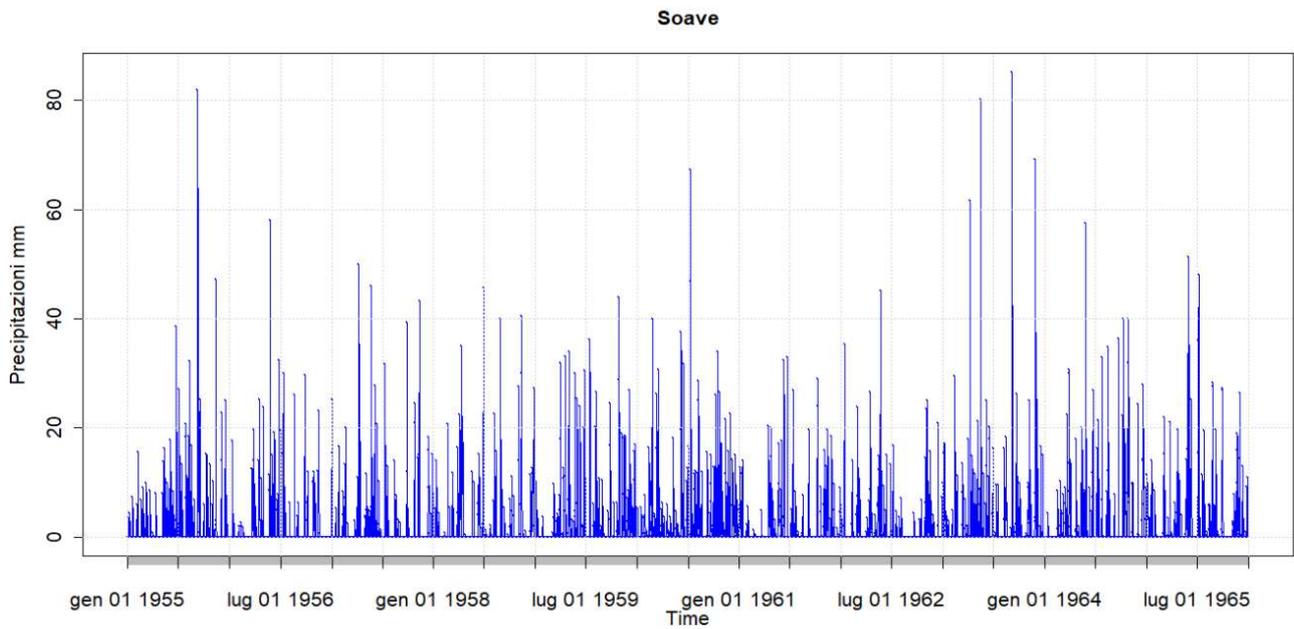


**Figura 35** - Precipitazioni mensili dal 1955 al 1965 per la stazione di Soave (VR)

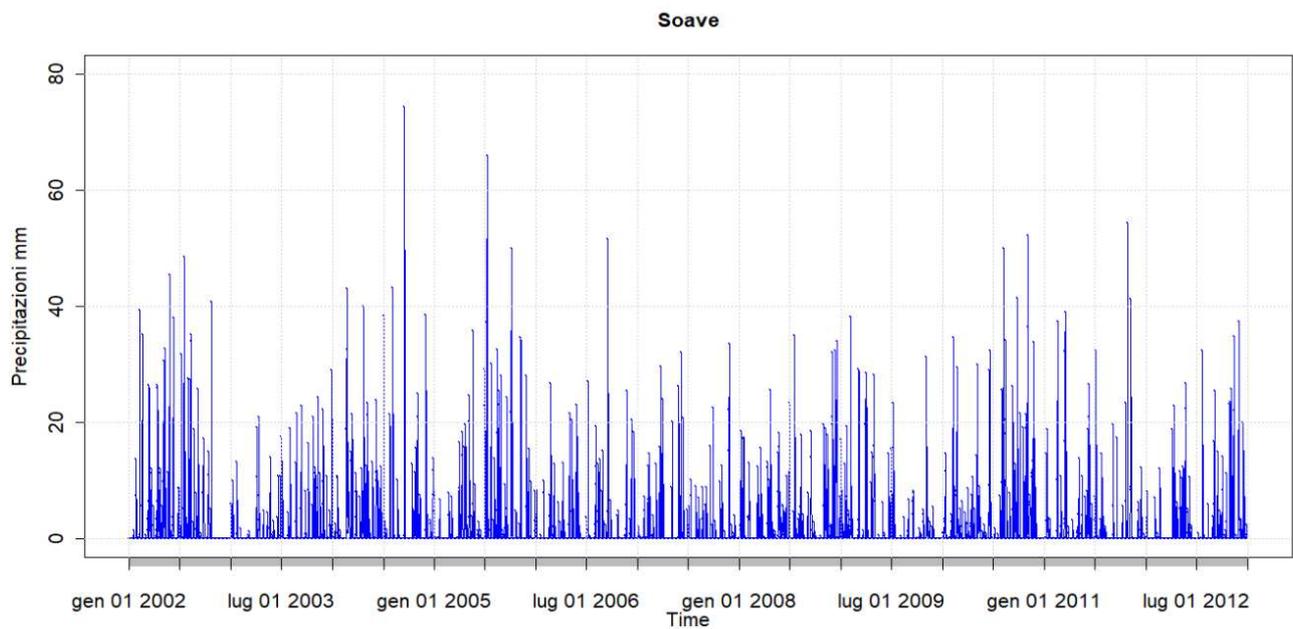


**Figura 36** - Precipitazioni mensili dal 2002 al 2012 per la stazione di Soave (VR)

Analizzando i grafici riguardanti le precipitazioni giornaliere possiamo vedere come l'andamento dei due periodi è relativamente simile; si possono riscontrare picchi con maggiori precipitazioni più frequenti nel primo periodo analizzato.



**Figura 37** - Precipitazioni giornaliere dal 1955 al 1965 per la stazione di Soave (VR)



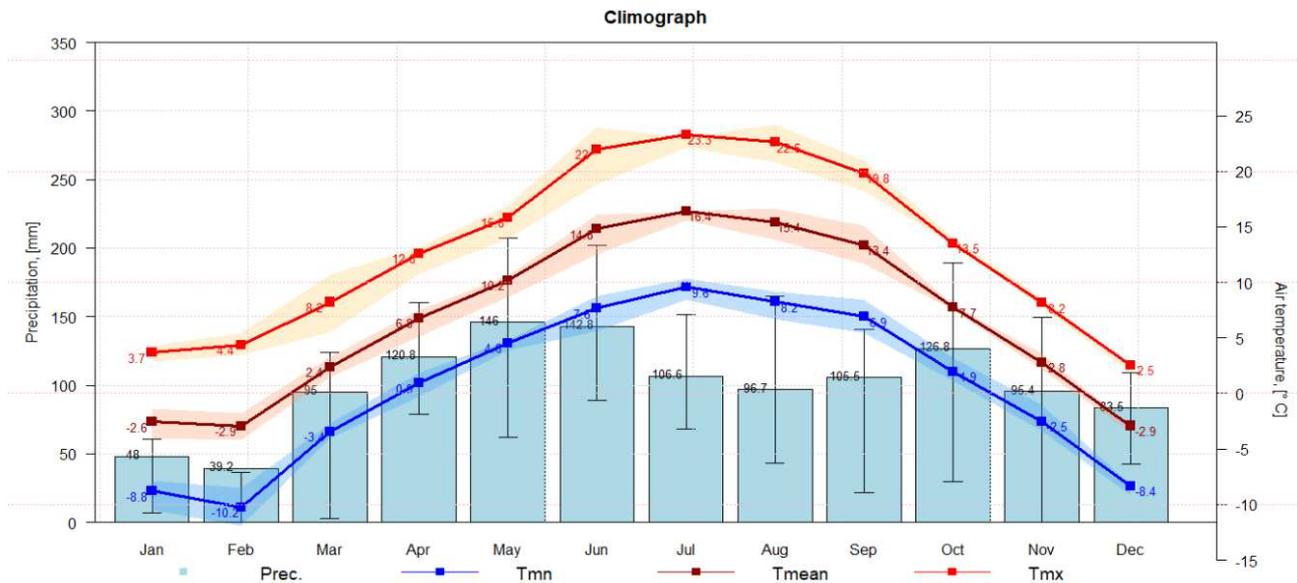
**Figura 38** - Precipitazioni giornaliere dal 2002 al 2012 per la stazione di Soave (VR)



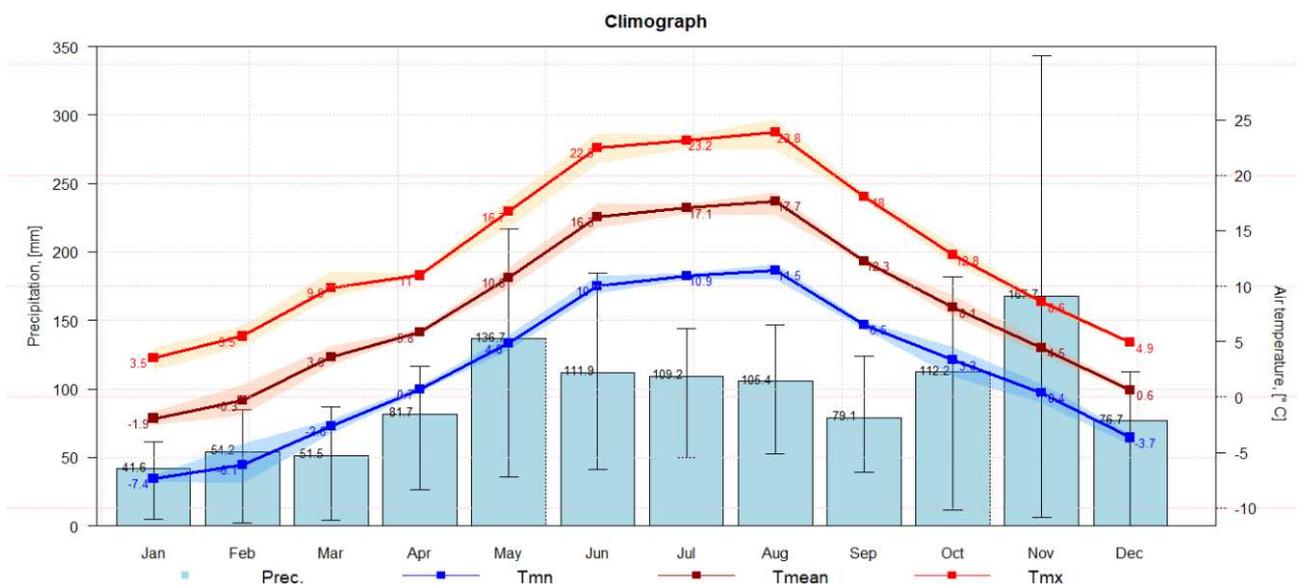
## 5. CONFRONTO TRA CLIMOGRAMMI

Si mettono ora a confronto i climatogrammi per le stazioni di misura di Asiago (VI) e Cortina d'Ampezzo (BL) per i periodi confrontati in precedenza.

Per la stazione di Asiago (VI) i periodi confrontati sono 1920-1940 con 2002-2022, dai grafici in figura 39 e 40 possiamo vedere come la temperatura si sia alzata nella maggior parte dei mesi.



**Figura 39** - Climatogramma relativo alla stazione di Asiago (VI) periodo 1920-1940



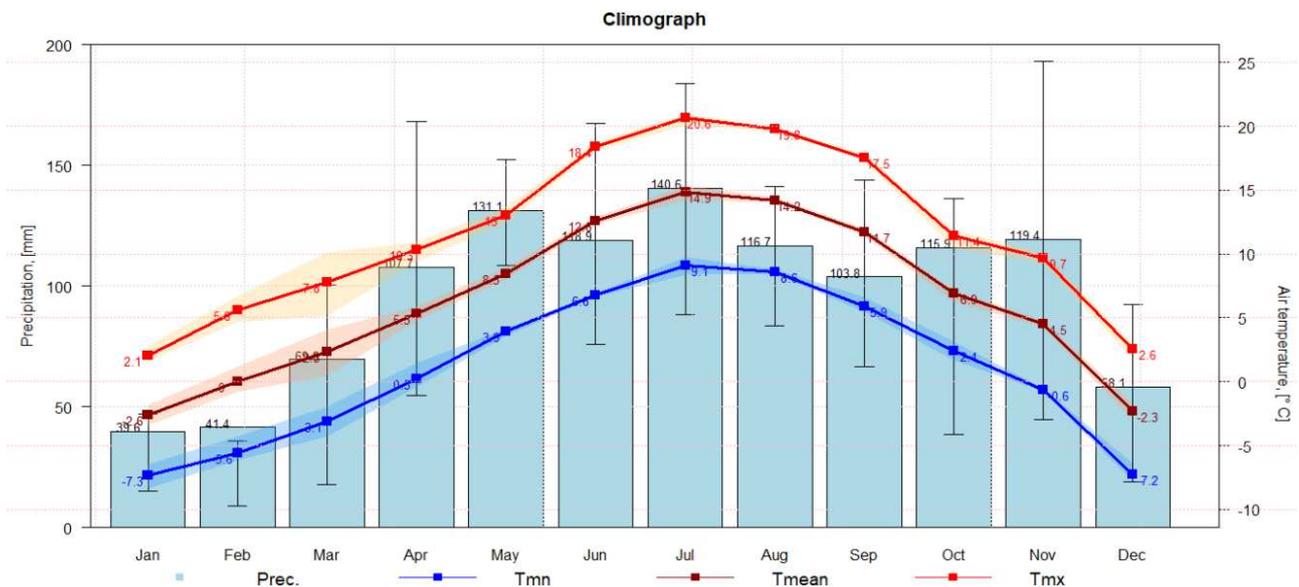
**Figura 40** - Climatogramma relativo alla stazione di Asiago (VI) periodo 2002-2022

In Tabella 3 possiamo vedere le temperature ricavate dalla stazione di Asiago (VI) in particolare sono state inserite le temperature massime, minime e medie per ogni mese del periodo analizzato. Sono state confrontate le temperature medie ricavate nei due periodi ed è stata analizzata la loro variazione.

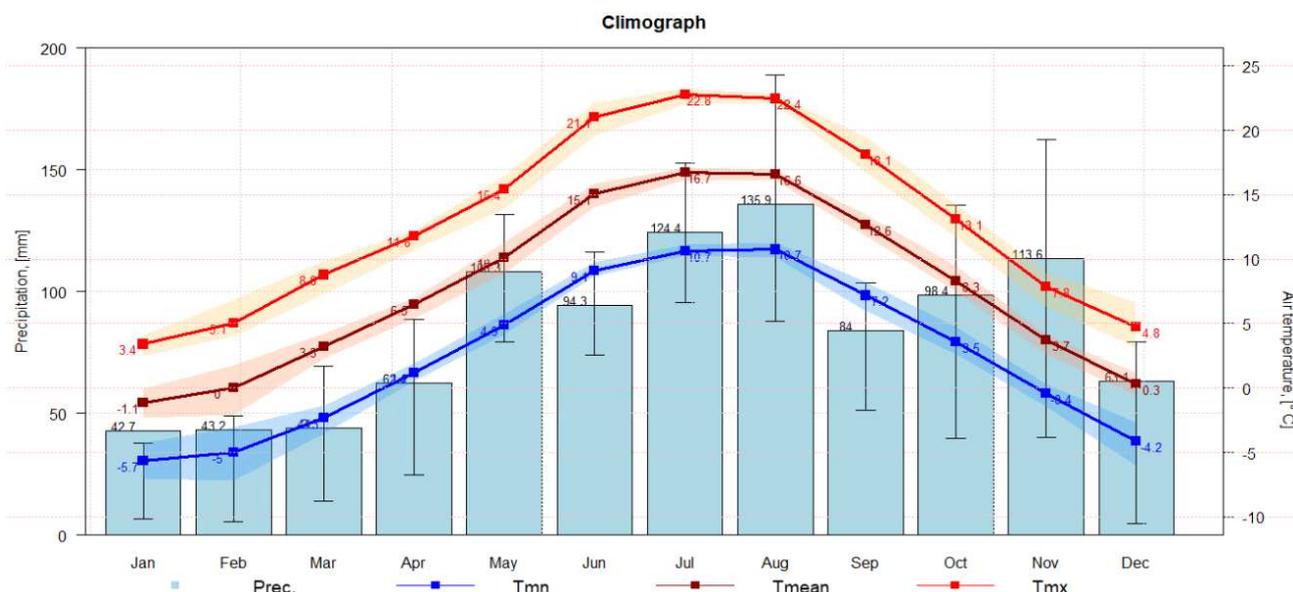
	STAZIONE DI ASIAGO (VI)						
	Periodo 1920-1940			Periodo 2002-2022			ΔTmed (°C)
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	
GENNAIO	3,7	-8,8	-2,6	3,5	-7,4	-1,9	0,7
FEBBRAIO	4,4	-10,2	-2,9	5,5	-6,1	-0,3	2,6
MARZO	8,2	-3,4	2,4	9,8	-2,6	3,6	1,2
APRILE	12,6	0,8	6,8	11	0,7	5,8	-1
MAGGIO	15,6	4,6	10,2	16,7	4,8	10,8	0,6
GIUGNO	22	7,6	14,8	22,5	10	16,3	1,5
LUGLIO	23,3	9,6	16,4	23,2	10,9	17,1	0,7
AGOSTO	22,6	8,2	15,4	23,8	11,5	17,7	2,3
SETTEMBRE	19,8	6,9	13,4	18	6,5	12,3	-1,1
OTTOBRE	13,5	4,9	7,7	12,8	3,3	8,1	0,4
NOVEMBRE	8,2	-2,5	2,8	8,6	0,4	4,5	1,7
DICEMBRE	2,5	-8,4	-2,9	4,9	-3,7	0,6	3,5

**Tabella 3** – Rappresentazione delle temperature rilevate dalla stazione di Asiago (VI)

I periodi confrontati per la stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) sono 1921-1941 e 2003-2023. Anche per questa stazione osservando i climogrammi possiamo vedere come le temperature si siano alzate nei mesi compresi tra marzo e ottobre.



**Figura 41** - Climatogramma relativo alla stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) periodo 1921-1941



**Figura 42** - Climatogramma relativo alla stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) periodo 2003-2023

	STAZIONE DI CORTINA D'AMPEZZO (BL)						
	Periodo 1921-1941			Periodo 2003-2023			$\Delta T_{med}$ (°C)
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	
GENNAIO	2,1	-7,3	-2,8	3,4	-5,7	-1,1	1,7
FEBBRAIO	5,6	-5,6	0	5,1	-5	0	0
MARZO	7,8	-3,1	2,3	8,8	-2,3	3,3	1
APRILE	10,3	0,3	5,3	11,8	1,2	6,5	1,2
MAGGIO	13	3,9	8,5	15,4	4,9	10,3	1,8
GIUGNO	18,4	6,8	12,6	21,1	9,1	15,1	2,5
LUGLIO	20,6	9,1	14,9	22,8	10,7	16,7	1,8
AGOSTO	19,8	8,6	14,2	22,4	10,7	16,6	2,4
SETTEMBRE	17,5	5,9	11,7	18,1	7,2	12,6	0,9
OTTOBRE	11,4	2,4	6,9	13,1	3,5	8,3	1,4
NOVEMBRE	9,7	-0,6	4,5	7,8	-0,4	3,7	-0,8
DICEMBRE	2,6	-7,2	-2,3	4,8	-4,2	0,3	2,6

**Tabella 4** - Rappresentazione delle temperature rilevate dalla stazione di Cortina d'Ampezzo (BL)

In Tabella 4 possiamo vedere le temperature ricavate dalla stazione di Cortina d'Ampezzo (BL) in particolare sono state inserite le temperature massime, minime e medie per ogni mese del periodo analizzato. Sono state confrontate le temperature medie ricavate nei due periodi ed è stata analizzata la loro variazione.

## **6. CONCLUSIONI**

Con questo elaborato si è evidenziato il comportamento delle piogge durante un lungo periodo, è stato possibile vedere come l'andamento delle piogge non sia costante nel tempo si hanno infatti anni molto piovosi e altri siccitosi.

Con i dati raccolti è stato possibile confermare l'evidente cambiamento climatico che è in atto in tutto il pianeta, infatti, si può affermare senza dubbio che la temperatura è aumentata con il passare del tempo, inoltre, le precipitazioni anomale negli ultimi anni sono aumentate di frequenza e di portata. Questo fenomeno è più evidente nelle zone montane come ad Asiago (VI) e Cortina d'Ampezzo (BL).

Analizzando i dati medi delle precipitazioni si può affermare che Soave (VR) sia la provincia meno piovosa, questo perché le precipitazioni sono più frequenti nelle zone montane, infatti, la formazione delle nubi avviene con maggior efficienza in presenza di rilievi ben sviluppati. Quando l'energia radiante accumulata dal suolo viene liberata provoca la formazione di bolle d'aria calde le quali in presenza di rilievi salgono più facilmente verso l'alto dove incontrando masse d'aria fredde formano le condizioni per eventi piovosi.

A Soave (VR) inoltre nel periodo 2002-2012 sono stati registrati quattro anni siccitosi il più grave registrato nel 2008. Periodi siccitosi possono portare a gravi problemi sia all'agricoltura sia a livello di inquinamento dell'aria. Sono soprattutto le precipitazioni a ripulire l'aria dalle numerose particelle inquinanti sospese nella troposfera tramite deposizione umida, questo processo consiste nella cattura da parte delle gocce d'acqua degli inquinanti sospesi in aria, i quali successivamente vengono sedimentati nel suolo.

Asiago (VI) risulta essere il territorio più piovoso analizzato anche dal punto di vista giornaliero, la pioggia anomala più elevata è stata registrata dalla stazione situata in questa provincia.

Si può concludere dicendo che sia eccessive precipitazioni sia lunghi periodi di siccità possono essere molto dannosi, influiscono su fattori differenti ma che sono ugualmente importanti.

Il cambiamento climatico è ormai una certezza e anche se si azzerassero tutte le nostre emissioni non si otterrebbero risultati immediati; infatti, la sfida più importante ad oggi è quella di impedire che questi effetti si aggravino cercando di ottenere un comportamento il più ecosostenibile possibile per l'ambiente.



## **7. SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA**

- Pagina web Gruppo Intergovernativo sul cambiamento climatico IPCC <https://www.ipcc.ch/>
- Pagina web del sito Arpav  
<https://www.arpa.veneto.it/>
- Sito web RStudio Team  
<https://www.rstudio.com/categories/rstudio-ide/>
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- RStudio Team (2023). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>
- Mauricio Zambrano-Bigiarini. (2017) hydroTSM: Time Series Management, Analysis and Interpolation for Hydrological ModellingR package version 0.5-1. URL <https://github.com/hzambran/hydroTSM>. DOI:10.5281/zenodo.839864



## **8. RINGRAZIAMENTI**

Ringrazio la mia famiglia in particolare i miei genitori che mi hanno permesso di raggiungere questo risultato.

Un ringraziamento speciale ai miei nonni che mi sono stati vicini e lo saranno per sempre.

Ringrazio inoltre il mio relatore Professore Paolo Fabbri per la professionalità e la disponibilità.