

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 FORNO DI ZOLDO (BL), ODERZO (TV) E CROSARA (VI)

Relatore: Prof. Paolo Fabbri

Laureanda: Giorgia Brusaporco

Matricola: 1201852

Anno accademico 2023/2024

Indice

1. INTRODUZIONE	1
2. PROCEDIMENTO E SCOPO DELLA TESI	2
2.1: Software utilizzato: R ed RStudio	3
3. ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI	5
3.1: Analisi pluviometrica annuale	5
3.2: Analisi pluviometrica stagionale	8
3.3: Analisi pluviometrica mensile	11
3.4: Analisi pluviometrica giornaliera	13
3.5: Analisi pluvio-termometrica	17
4. CONFRONTO PLUVIO-TERMOMETRICO TRA DUE PERIODI	19
4.1: Forno di Zoldo (BL), 1935-1949 / 1988-2002	19
4.2: Oderzo (TV), 1935-1949 / 1988-2002	23
4.3: Crosara (VI), 1951-1965 / 1988-2002	26
5. CONCLUSIONI	31
6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	33

1. INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico è considerato da molti come la principale minaccia per la società contemporanea e per le future generazioni e rappresenta, al momento, l'emergenza globale più critica e importante.

Le conseguenze del cambiamento climatico sono ben visibili nel mondo: le temperature aumentano, i ghiacciai si sciolgono, il livello dei mari si alza e i fenomeni meteorologici estremi sono più frequenti, causando inondazioni e siccità. [1]

Le azioni dell'uomo hanno contribuito, in parte, al cambiamento climatico con lo sfruttamento delle risorse, la deforestazione incontenuta, la trasformazione di habitat di specie animali per la costruzione di infrastrutture e l'immissione in atmosfera di gas a effetto serra.

Ad oggi, nella maggior parte dei paesi più sviluppati, c'è una crescente sensibilizzazione riguardo all'argomento del cambiamento climatico. Le persone hanno riconosciuto il problema e si è molto informati tramite l'analisi di dati e sistemi di monitoraggio, strumento fondamentale per controllare le variazioni climatiche.

È proprio grazie a questi sistemi di monitoraggio che è stato possibile svolgere questo elaborato, studiando i fenomeni piovosi e le temperature e come questi sono variati nell'arco degli ultimi cento anni in tre stazioni termo-pluviometriche nella Regione del Veneto.

I dati analizzati nelle serie termo-pluviometriche sono stati raccolti dall'ex Ufficio Idrografico di Venezia e dal 2004 la rete delle stazioni è passata nelle mani dell'ARPAV.

2. PROCEDIMENTO E SCOPO DELLA TESI

Il progetto di tesi si concentra sull'analisi delle precipitazioni e delle temperature nel corso del tempo presso tre stazioni pluviometriche situate in Veneto: Forno di Zoldo (BL), Oderzo (TV) e Crosara (VI).

Con l'obiettivo di evidenziare il cambiamento climatico attraverso un'analisi statistica, è stato considerato un vasto arco temporale. Per quanto riguarda la stazione di Oderzo sono stati ritrovati solo i dati pluviometrici, dal 1920 al 2004. Per la stazione di Forno di Zoldo si hanno a disposizione sia i dati pluviometrici, dal 1922 al 2003, che i dati termometrici, dal 1935 al 2003. La stazione di Crosara ha registrato i dati pluviometrici, dal 1917 al 2017, e quelli termometrici, dal 1938 al 2004.

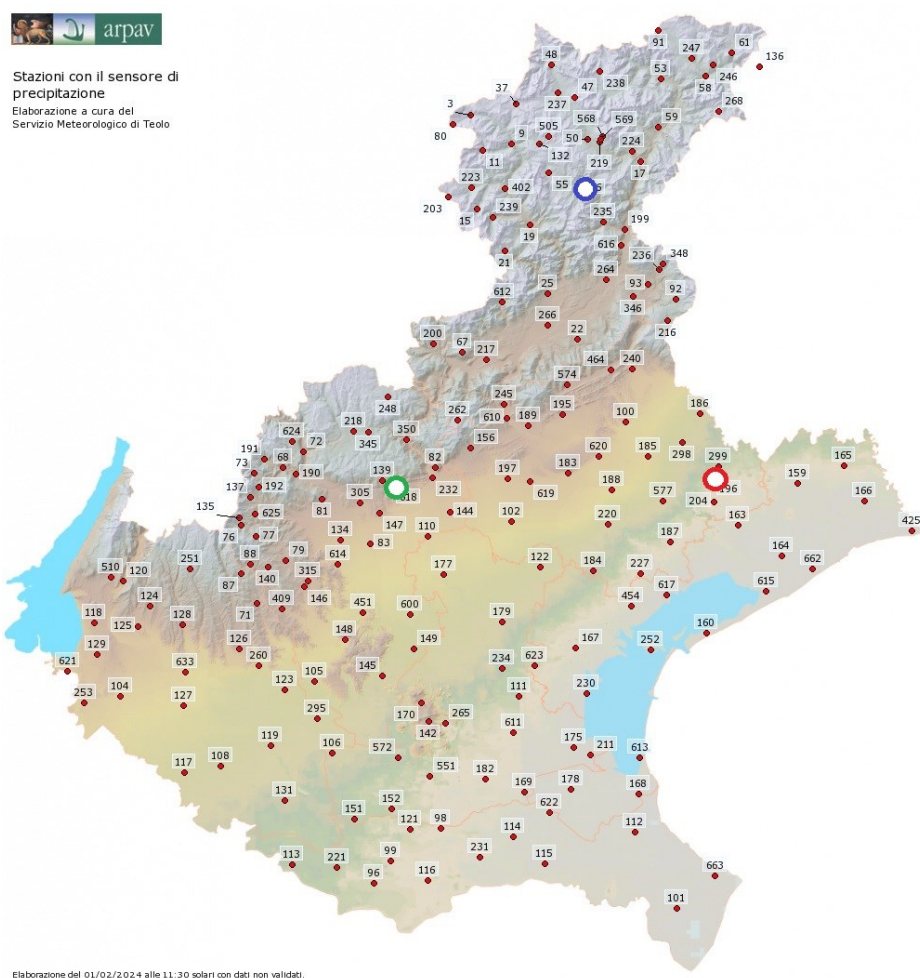


Figura 1 – Stazione pluviometrica di Forno di Zoldo (in blu), stazione di Oderzo (in rosso) e stazione di Crosara (in verde) [2]

Il percorso che ha portato alla redazione di questo elaborato è stato caratterizzato da due fasi distintamente delineate. Nella prima fase sono stati digitalizzati i dati pluviometrici e termometrici giornalieri in un foglio di lavoro Excel, operazione fondamentale in quanto i dati estratti dagli annali idrologici dell'ARPAV – Agenzia Regionale per la Prevenzione Ambientale del Veneto, si trovano in formato cartaceo.

Nella seconda fase, dopo aver trascritto i dati nel foglio di lavoro Excel, sono stati importati in RStudio (RStudio Team, 2023) [3], un ambiente di sviluppo integrato per il software R (R Core Team, 2024) [4], progettato specificatamente per analisi statistiche e rappresentazioni grafiche.

Grazie al software è stato possibile condurre un'analisi sulle temperature medie e le precipitazioni giornaliere, mensili, stagionali e annuali per ognuna delle tre stazioni e sono state anche create delle rappresentazioni grafiche.

2.1. Software utilizzato: R ed RStudio

Il software RStudio offre una varietà di pacchetti che possono essere installati a seconda delle esigenze specifiche del lavoro da svolgere. In questo caso è stato installato il pacchetto HydroTSM (Zambrano-Bigiarini, 2024) [5], che contiene i comandi necessari per la gestione, analisi, interpolazione e plottaggio di serie temporali utilizzate in idrologia e scienze ambientali.

Utilizzando questo pacchetto è stato possibile generare istogrammi, grafici a dispersione e box plot dei dati.

I box plot, detti anche diagramma a scatola e baffi, consentono di visualizzare la distribuzione dei dati e di riconoscere in modo immediato la presenza di valori anomali.

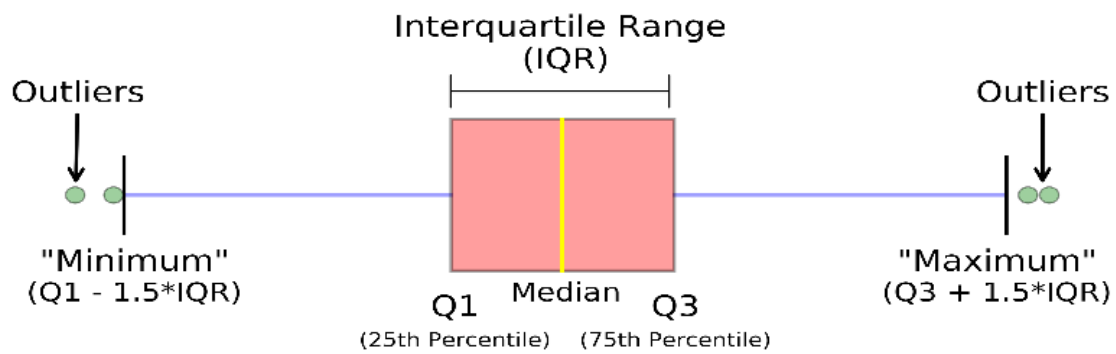


Figura 2 – Descrizione box plot

Nel box plot la linea centrale nella scatola rappresenta la mediana dei valori. La mediana si trova al centro della scatola in caso di simmetria nei dati; altrimenti, se i dati sono asimmetrici, tale posizione varia.

La lunghezza della scatola è pari al range interquartile (IQR) e contiene in 50% dei valori, compresi tra il primo e il terzo quartile.

Dal bordo superiore e inferiore della scatola si estendono delle linee, dette baffi, che rappresentano i valori massimi e minimi.

Nel caso in cui fossero presenti dei valori anomali, sarebbero visualizzati nel box plot come punti isolati collocati al di sopra e/o al di sotto dei baffi del grafico. Questi valori sono detti outliers.

3. ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI

3.1. Analisi pluviometrica annuale

I grafici seguenti consentono di osservare le variazioni annuali delle precipitazioni nelle località di Forno di Zoldo, Oderzo e Crosara (rispettivamente *Figura 3, Figura 4, Figura 5*). La possibile presenza di minimi estremi in vari anni è causata dalla mancanza totale o parziale dei dati negli archivi.

I grafici rappresentano sull'asse delle ascisse la dimensione temporale in anni, mentre sull'asse delle ordinate sono riportate le precipitazioni espresse in mm/anno.

La raccolta dati per la stazione di Forno di Zoldo copre il periodo dal 1917 al 2003 con una mancanza di dati dal 1918 al 1921, quella di Oderzo considera l'intervallo di tempo dal 1920 (con qualche dato sporadico nel 1919) al 2004, mentre per la stazione di Crosara l'intervallo temporale considerato per i dati pluviometrici inizia nel 1917 e termina nel 2017.

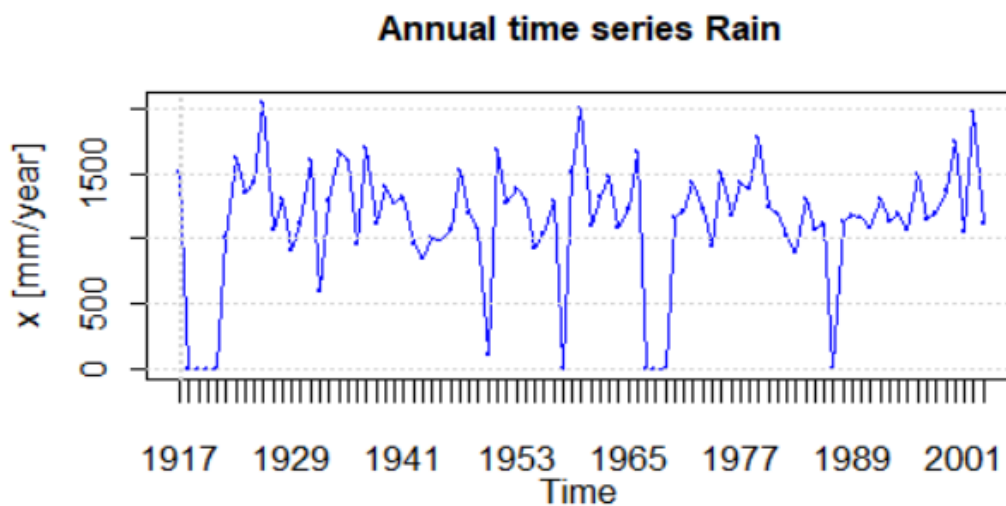


Figura 3 – Regime pluviometrico annuale della stazione di Forno di Zoldo (BL)

Le precipitazioni annuali registrate nella stazione di Forno di Zoldo (*Figura 3*) mostrano una variazione con un continuo alternarsi tra periodi più piovosi e meno piovosi. Come si può osservare, tra gli anni Ottanta e Novanta si verifica una diminuzione, seguita da un incremento graduale.

Le piogge annuali sono prevalentemente comprese tra i 1000 mm e i 1500 mm.

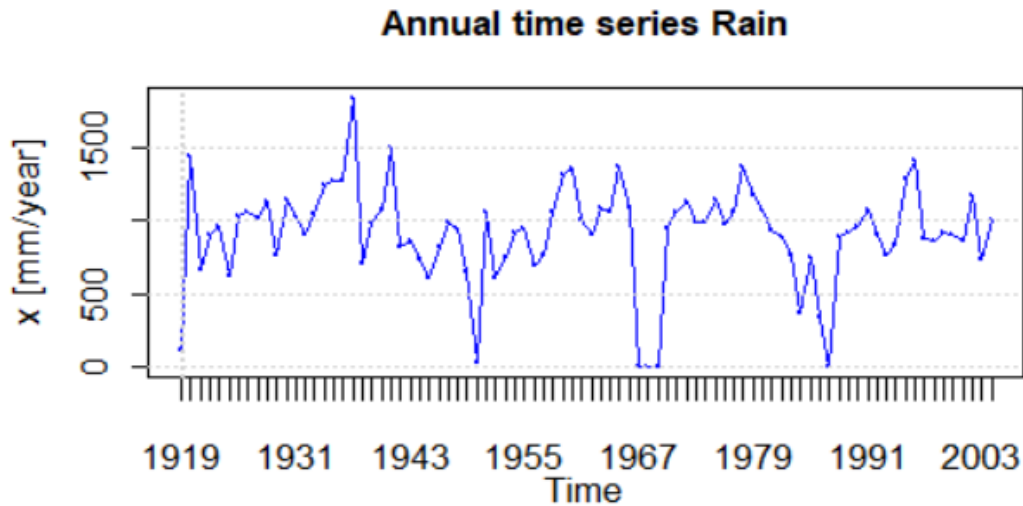


Figura 4 – Regime pluviometrico annuale della stazione di Oderzo (TV)

Le serie di piogge annuali di Oderzo (Figura 4) mostrano una tendenza in diminuzione nell'ultimo secolo e si osserva un prevalere di precipitazioni comprese tra i 750 mm e i 1250 mm.

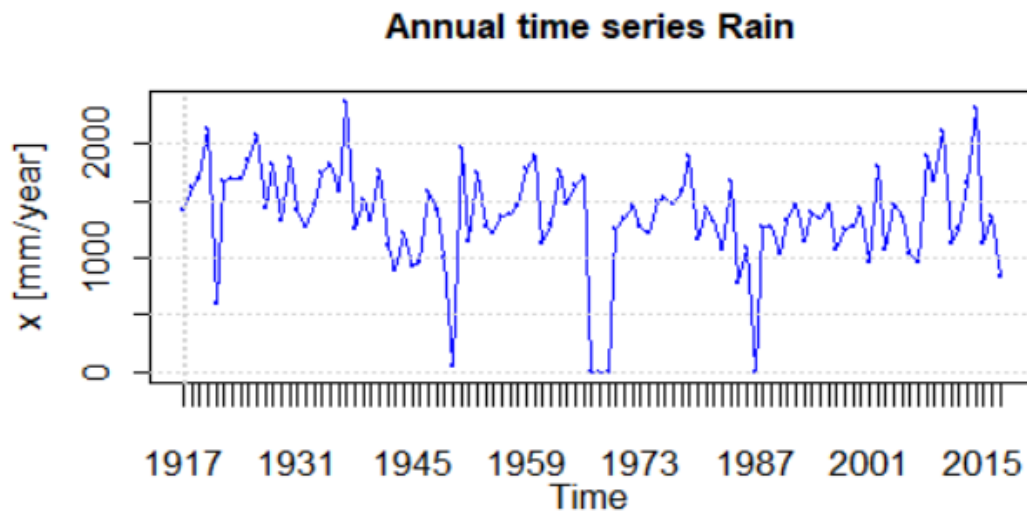


Figura 5 – Regime pluviometrico annuale della stazione di Crosara (VI)

Per la stazione di Crosara (Figura 5) si osserva un andamento generale delle precipitazioni in diminuzione fino agli anni Novanta, da cui in poi assume una tendenza positiva. Le precipitazioni sono comprese tra i 1000 mm e i 1500 mm.

Nonostante gli andamenti evidenziati dai grafici delle precipitazioni annuali, i box plot delle relative stazioni meteorologiche mostrano un intervallo interquartile ridotto, suggerendo che le quantità di precipitazioni annuali non hanno subito variazioni significative nel tempo (Figura 6, Figura 7, Figura 8).

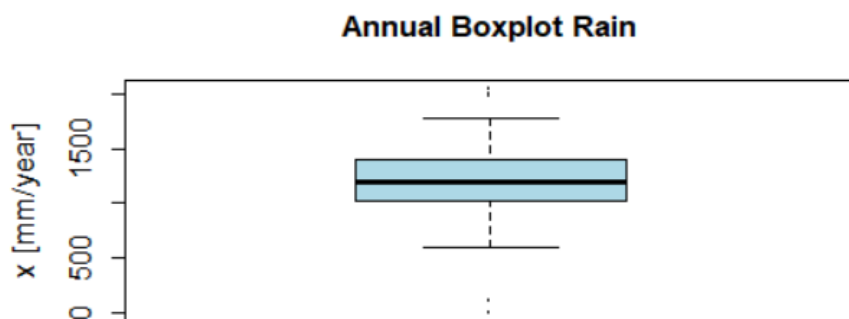


Figura 6 – Box plot annuale di Forno di Zoldo

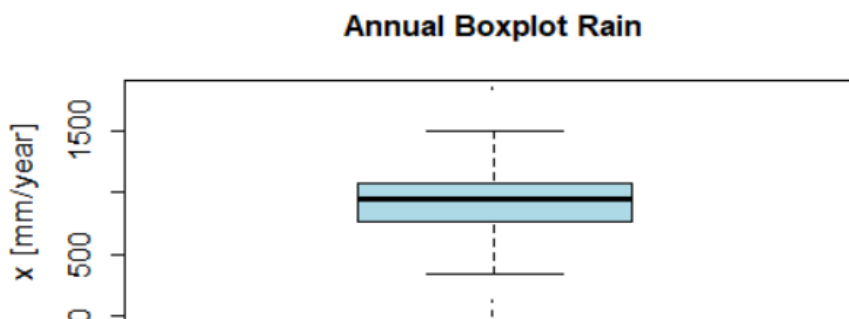


Figura 7 – Box plot annuale di Oderzo

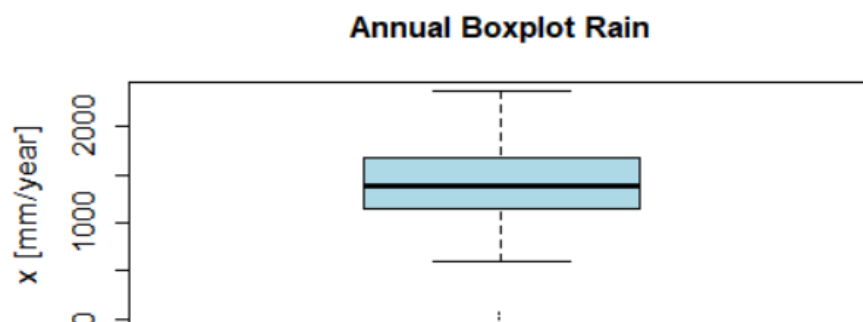


Figura 8 – Box plot annuale di Crosara

In ciascuno dei tre scenari sono presenti outliers. Quelli vicini allo zero rappresentano i dati di pioggia annuale mancanti per alcuni anni o precipitazioni pari a 0 mm, mentre quelli oltre il baffo superiore sono effettivamente valori estremi, indicando quantità di piogge annuali nettamente superiori alla norma.

Questo grafici non forniscono informazioni riguardanti l'intensità dei singoli eventi piovosi, in quanto i dati sono riportati in mm/anno; per questo seguiranno analisi più approfondite in seguito.

3.2. Analisi pluviometrica stagionale

Per osservare eventuali variazioni stagionali, si suddividono le precipitazioni annuali in quattro trimestri, relativi alle stagioni: inverno (dicembre, gennaio e febbraio) primavera (marzo, aprile e maggio), estate (giugno, luglio e agosto) e autunno (settembre, ottobre e novembre). Nei grafici stagionali seguenti si trovano nell'asse delle ascisse gli anni e nell'asse delle ordinate le precipitazioni in mm/trimestre preso in considerazione. In questo modo, è quindi possibile analizzare l'andamento stagionale nel lungo periodo.

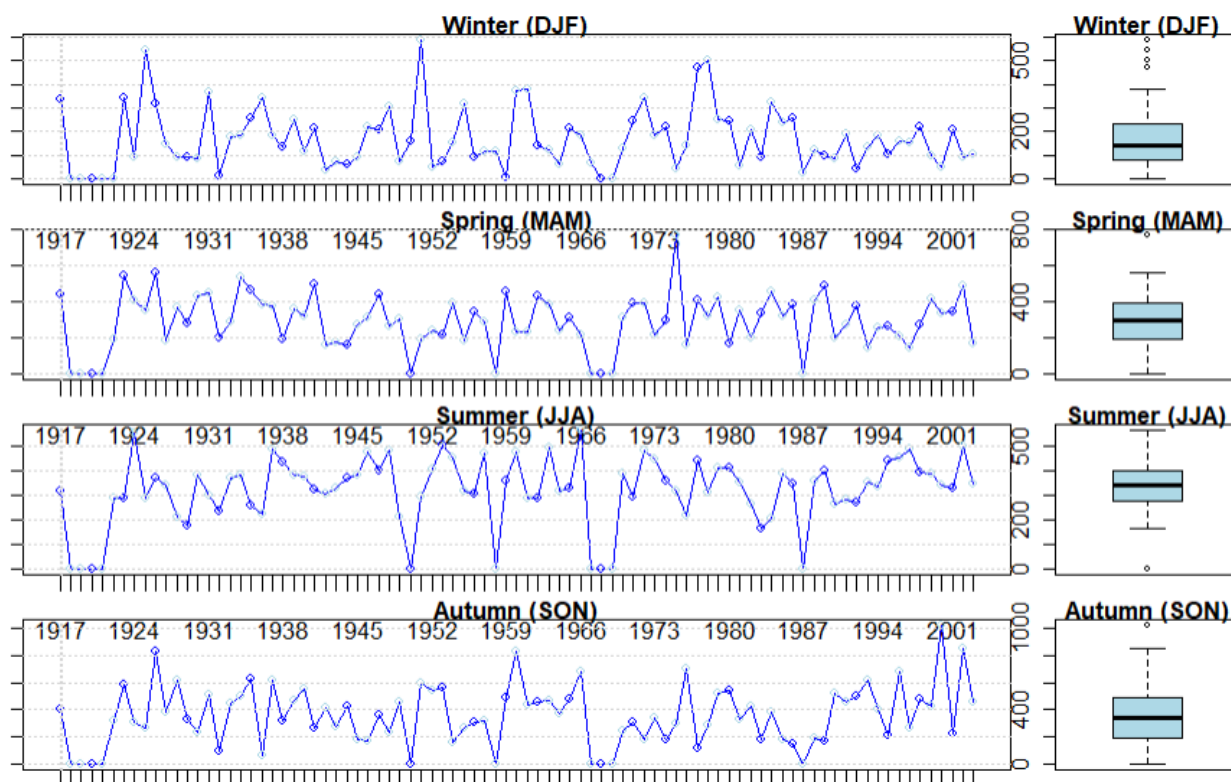


Figura 9 – Regime pluviometrico stagionale della stazione di Forno di Zoldo (BL)

Il regime pluviometrico stagionale invernale di Forno di Zoldo (*Figura 9*) non mostra un trend ben definito ma si osserva un calo dagli anni Ottanta. La stagione primaverile presenta un andamento abbastanza omogeneo con un picco negli anni Settanta. Per quanto riguarda il periodo estivo mostra un andamento altalenante, con una depressione negli anni Ottanta e un aumento dagli anni Novanta. La stagione autunnale mostra un aumento importante negli anni Duemila.

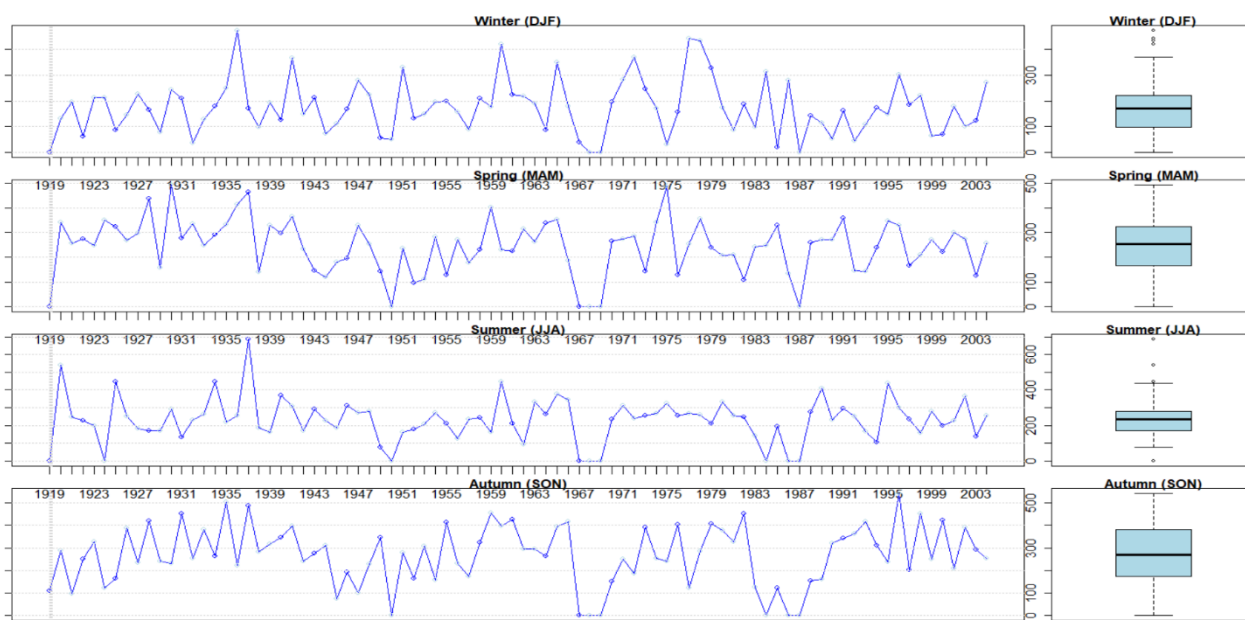


Figura 10 – Regime pluviometrico stagionale della stazione di Oderzo (TV)

La stazione di Oderzo (*Figura 10*) mostra un andamento altalenante nella stagione invernale, con diversi picchi tra gli anni Sessanta e Ottanta, mentre dagli anni Novanta si osserva una notevole diminuzione. La stagione estiva ha una tendenza negativa, mentre la stagione autunnale e primaverile, proprio come il periodo invernale, hanno un andamento altalenante.

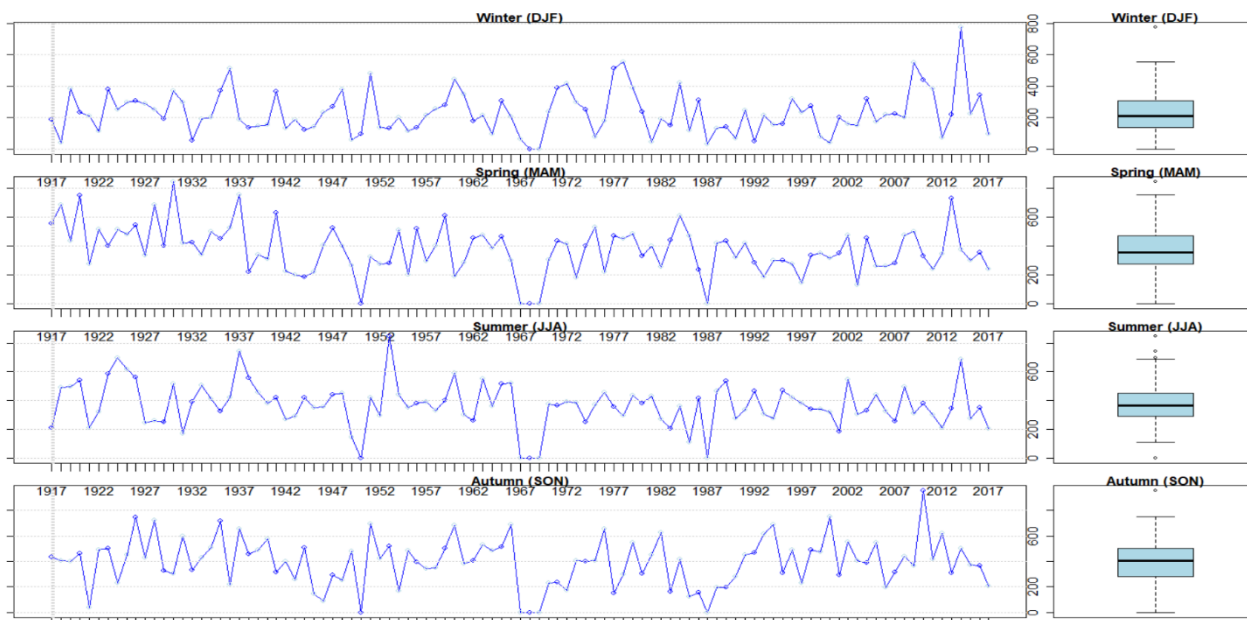


Figura 11 – Regime pluviometrico stagionale di Crosara (VI)

Nella stazione di Crosara (*Figura 11*) si osserva un trend abbastanza costante con un aumento a partire dagli anni Duemila nella stagione invernale e primaverile. La stagione estiva, invece, mostra un andamento costante negli ultimi cinquant'anni. Il periodo autunnale ha un comportamento altalenante e anche in questo caso si osserva un picco intorno al 2010.

3.3. Analisi pluviometrica mensile

Tramite box plot viene svolta un'analisi delle precipitazioni mensili. Questi diagrammi mostrano la distribuzione delle precipitazioni per ogni mese degli anni presi in esame.

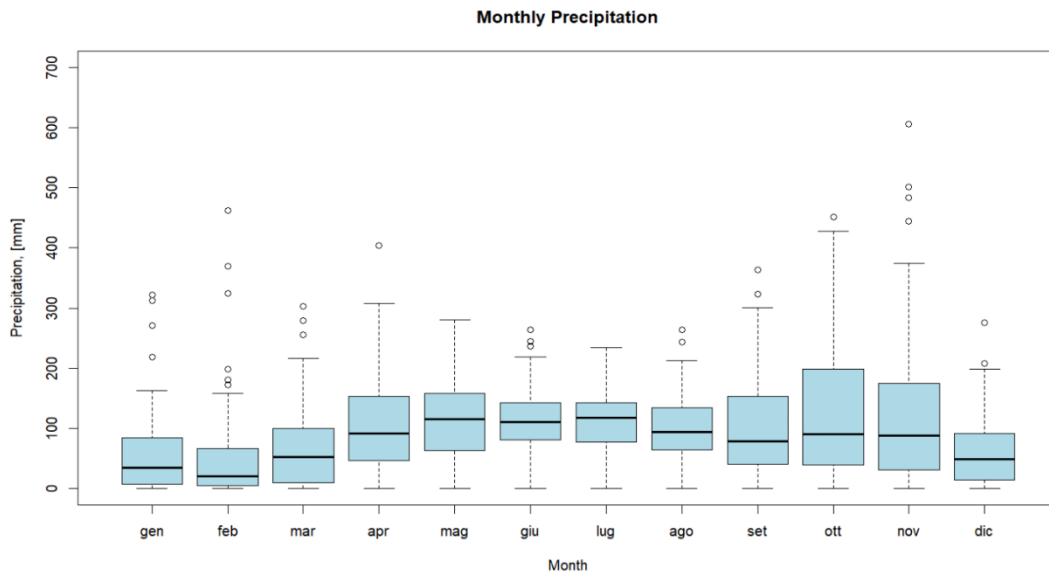


Figura 12 – Regime pluviometrico mensile di Forno di Zoldo (BL)

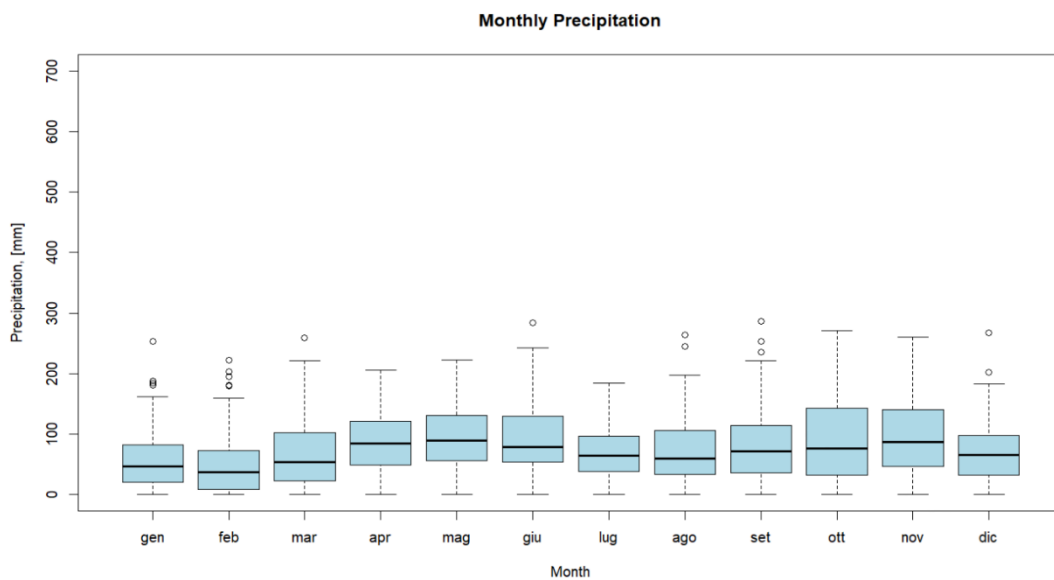


Figura 13 – Regime pluviometrico mensile di Oderzo (TV)

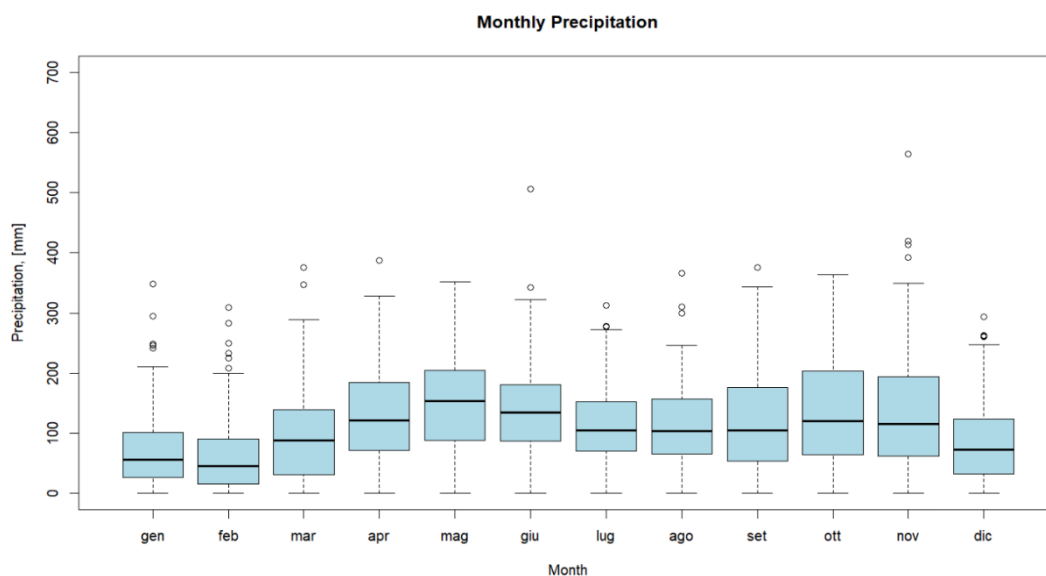


Figura 14 – Regime pluviometrico mensile di Crosara (VI)

Osservando il grafico di Forno di Zoldo (*Figura 12*) si individua un regime continentale, ovvero caratterizzato da un periodo più secco in inverno e autunno e un periodo più piovoso in primavera ed estate.

Le località di Oderzo (*Figura 13*) e di Crosara (*Figura 14*) sembrano invece presentare un regime sub-litoraneo, dove si individuano due periodi di minimo, corrispondenti all'inverno e all'estate, e due massimi, relativi a primavera e autunno, anche se il massimo dell'autunno non è così marcato come quello primaverile. Si tratta, per la precisione, di un regime sub-litoraneo appenninico.

In tutte e tre le stazioni i mesi di ottobre e novembre hanno una “scatola” più alta, a indicare che in quei mesi si ha una variabilità maggiore. La maggior parte di valori outliers, ovvero valori anomali, si trova principalmente nei mesi di gennaio, febbraio e novembre.

3.4. Analisi pluviometrica giornaliera

I seguenti grafici rappresentano le precipitazioni giornaliere per ciascuna stazione. Nell'asse delle ascisse si trova il tempo in giorni e nell'asse delle ordinate le precipitazioni giornaliere in mm/giorno.

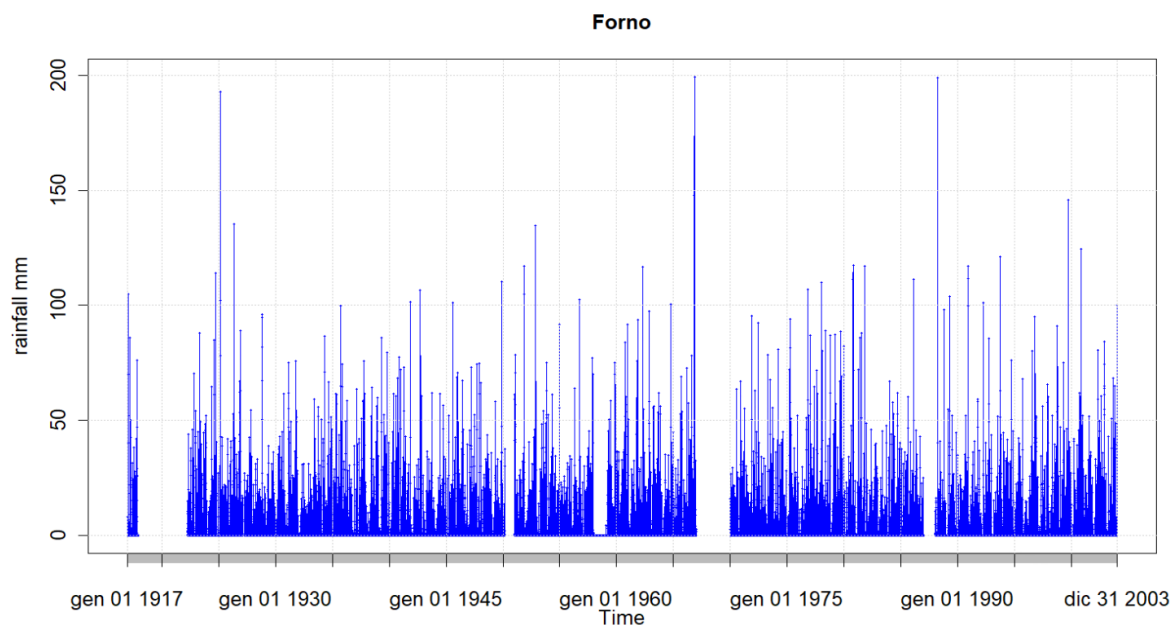


Figura 15 – Regime pluviometrico giornaliero di Forno di Zoldo (BL)

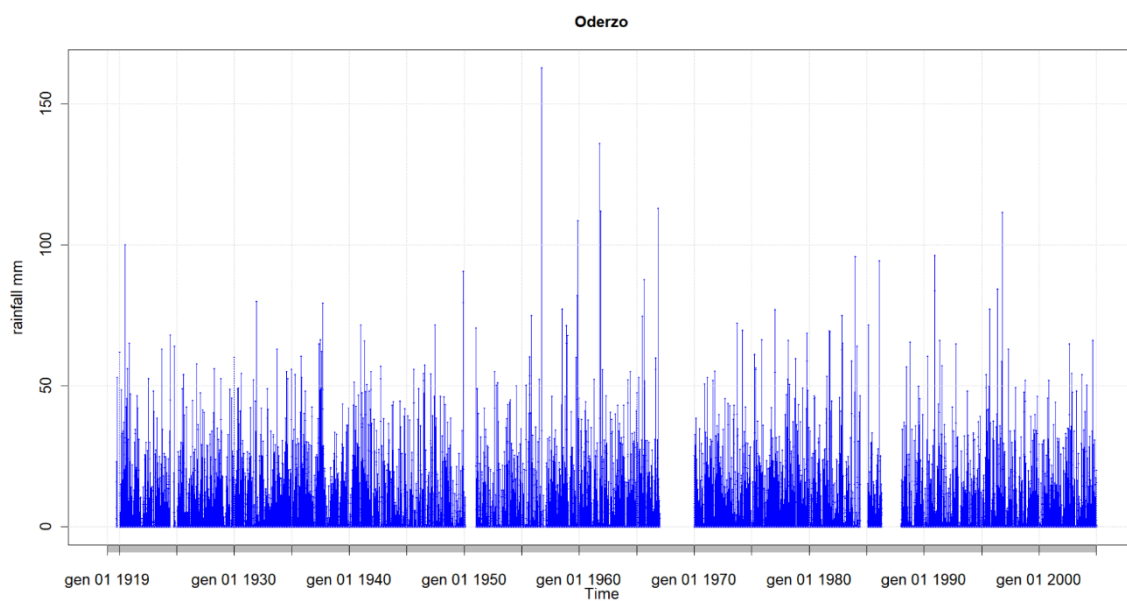


Figura 16 – Regime pluviometrico giornaliero di Oderzo (TV)

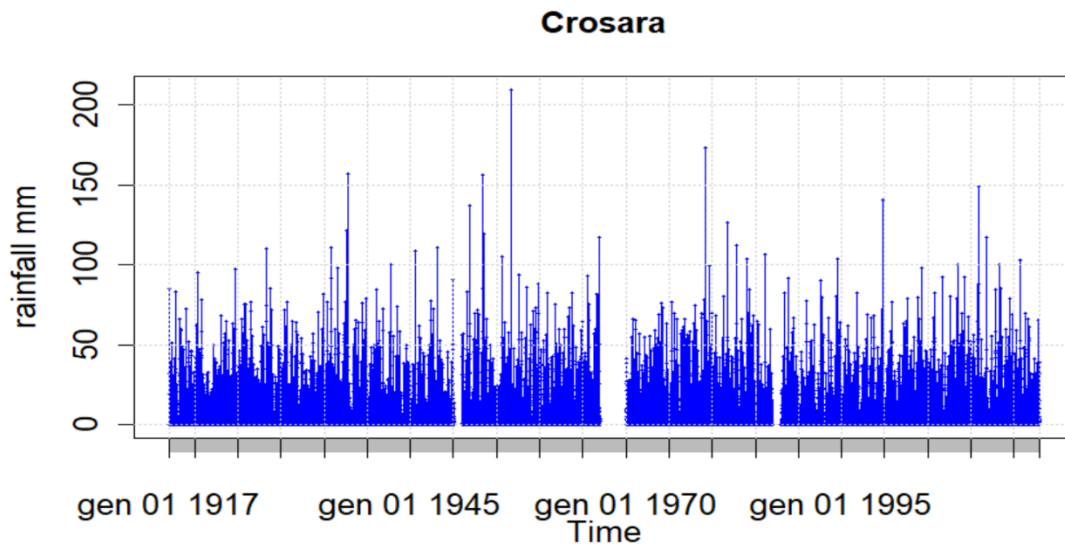


Figura 17 – Regime pluviometrico giornaliero Crosara (VI)

Anche in questo caso, i periodi considerati sono dal 1917 al 2003 per Forno di Zoldo (*Figura 15*), dal 1919 al 2004 per Oderzo (*Figura 16*) e dal 1917 al 2017 per Crosara (*Figura 17*).

Questi grafici non forniscono però molte informazioni, è stata quindi svolta un'altra analisi al fine di rendere più facilmente visibili le variazioni di precipitazioni giornaliere.

Si è identificato per ciascuna delle tre stazioni il livello di precipitazione al di sopra del quale sono compresi solo i valori medio-alti di precipitazioni giornaliere.

Per Forno di Zoldo si è scelto come valore soglia una precipitazione di 70 mm; per Oderzo un valore soglia di 50 mm e per Crosara una precipitazione soglia di 70 mm.

In questo modo, sono stati individuati i valori di pioggia giornaliera superiore a questi valori soglia per ognuna delle tre stazioni prese in esame. Successivamente, si è identificato il 95° percentile, ovvero il valore di piogge sotto al quale sono presenti il 95% dei dati presi in considerazione. Il 95° percentile per Forno di Zoldo corrisponde a 135,4 mm, per Oderzo è 99,62 mm e per Crosara è 140,62 mm.

Infine, è stato rappresentato graficamente il 5% dei dati superiori al 95° percentile, con lo scopo di mettere in risalto i valori particolarmente estremi di precipitazione tra i dati di precipitazioni già considerati medio-alti. Si sono ottenuti così i seguenti grafici per Forno di Zoldo (*Figura 18*), Oderzo (*Figura 19*) e Crosara (*Figura 20*).

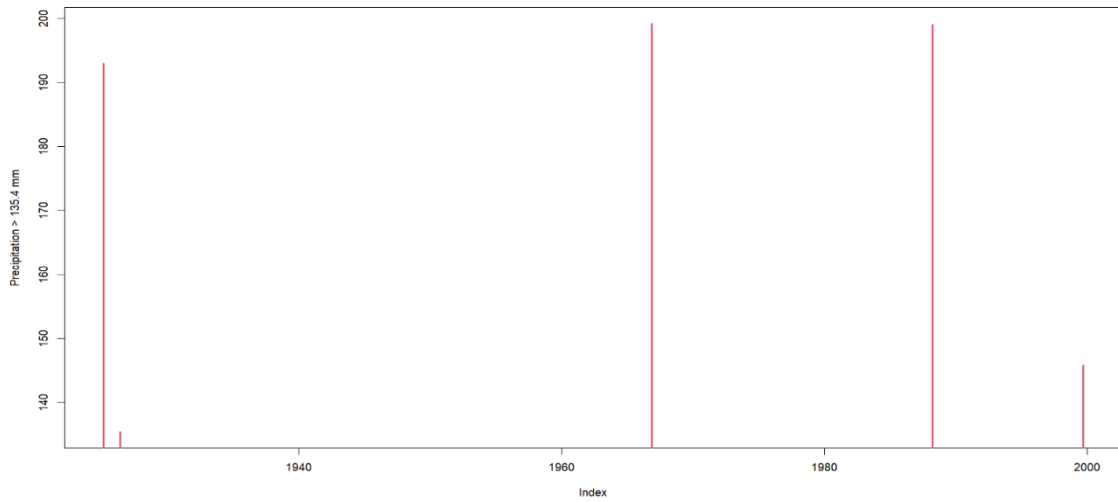


Figura 18 – Precipitazioni giornaliere superiori a 135,4 mm nella stazione di Forno di Zoldo (BL)

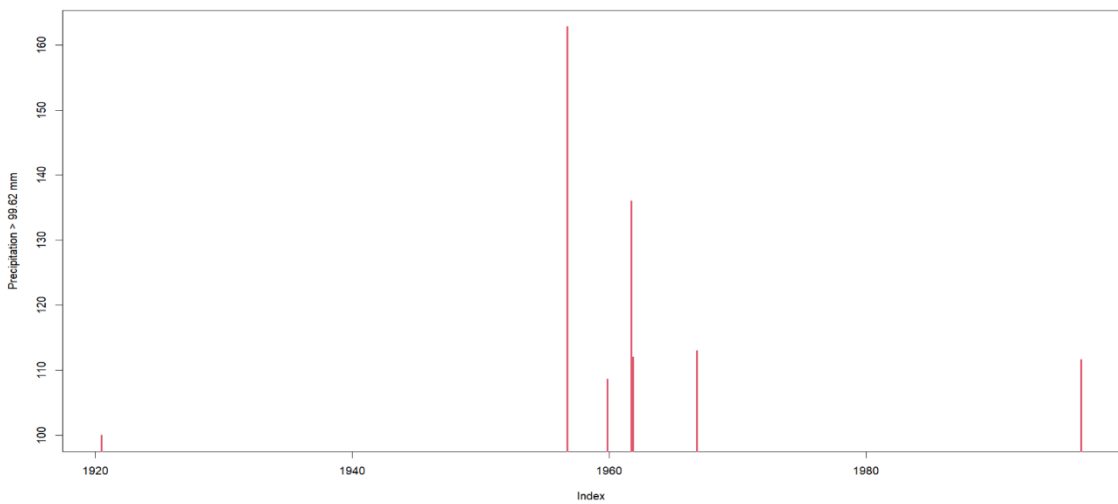


Figura 19 – Precipitazioni giornaliere superiori a 99,62 mm nella stazione di Oderzo (TV)

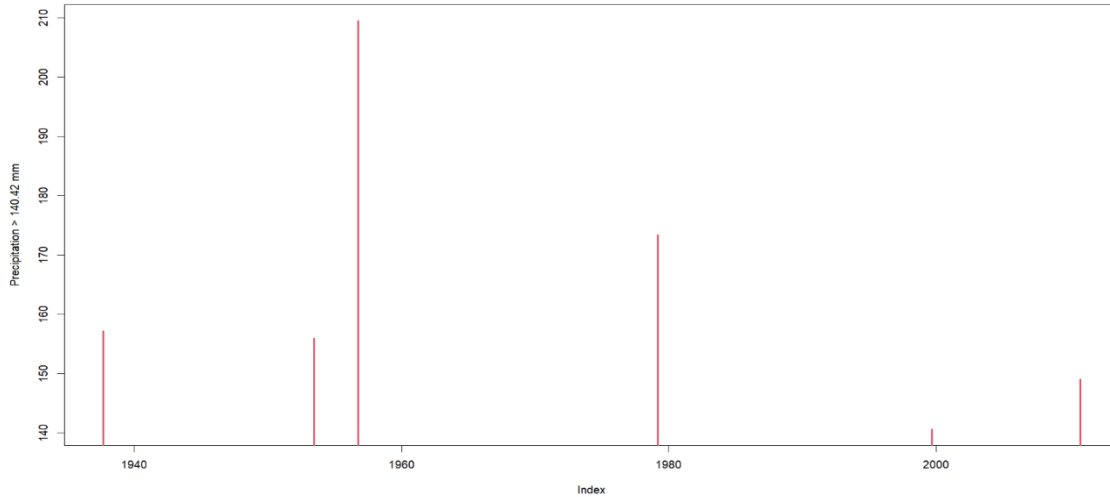


Figura 20 – Precipitazioni giornaliere superiori a 140,42 mm nella stazione di Crosara (VI)

Nella stazione di Forno di Zoldo (*Figura 18*) il giorno con piovosità massima è stato registrato il 5 novembre 1966 con 199,2 mm di pioggia. Da questo grafico si può osservare che i fenomeni piovosi intensi si concentrano principalmente dopo il 1960 ma ne sono presenti anche in tempi meno recenti.

Per quanto riguarda la stazione di Oderzo (*Figura 19*) il giorno in cui è stata registrata la maggiore precipitazione è il 26 settembre 1956 con 162,8 mm di pioggia. In questo caso, i fenomeni estremi sono registrati a partire dagli anni Cinquanta.

Per le stazioni di Forno di Zoldo e Oderzo, sarebbero utili i dati degli ultimi 15 anni per osservare un trend delle precipitazioni intense.

Nella stazione di Crosara (*Figura 20*) il giorno con piovosità massima è stato registrato il 26 settembre 1956 con 209,5 mm. In questa stazione, i fenomeni piovosi intensi non si concentrano a partire da un determinato periodo.

3.5. Analisi pluvio-termometrica

L'analisi termo-pluviometrica viene rappresentata mediante un climogramma, un grafico che compara i dati pluviometrici, rappresentati dalle barre, con i dati termometrici, rappresentati dalla linea. In questo modo, si pone in relazione l'andamento delle temperature medie mensili con quello delle precipitazioni.

Non è possibile eseguire l'analisi termo-pluviometrica per la stazione di Oderzo a causa della mancanza dei dati termometrici.

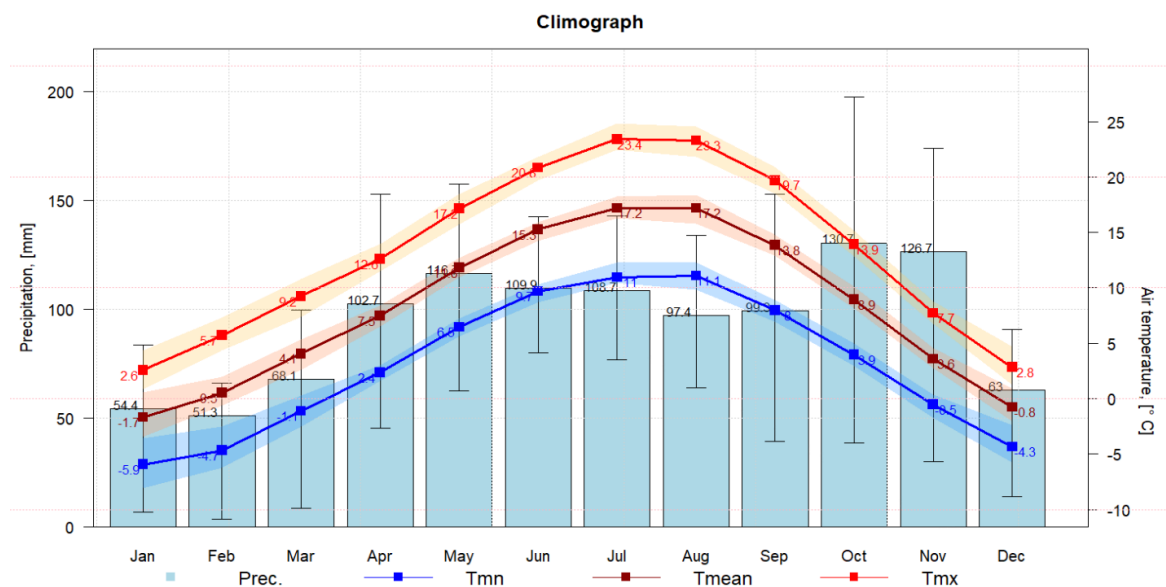


Figura 21 – Climogramma della stazione di Forno di Zoldo (BL)

Nella stazione di Forno di Zoldo (Figura 21) si osserva una relazione positiva tra l'incremento delle temperature medie e quello delle precipitazioni. Le precipitazioni diminuiscono nei mesi tra giugno e settembre, ma tornano poi ad aumentare nei mesi di ottobre e novembre. Inoltre, è possibile notare che il periodo più freddo coincide con quello meno piovoso.

La temperatura media estiva è di 16,6 °C e quella invernale è di -0,7 °C.

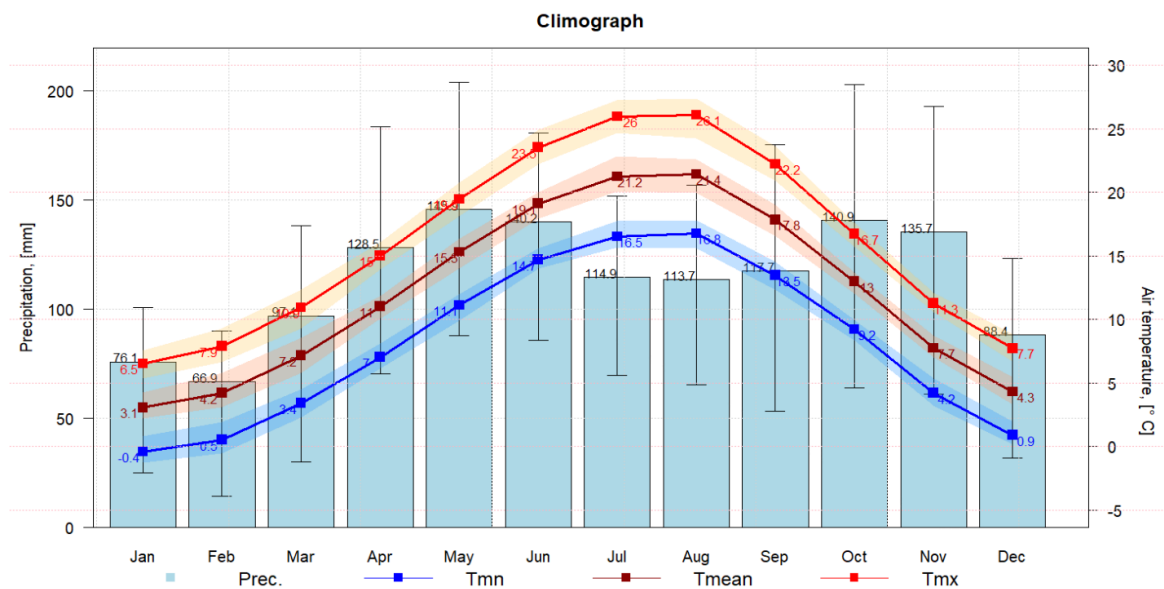


Figura 22 – Climogramma della stazione di Crosara (VI)

L'andamento delle precipitazioni della stazione di Crosara (Figura 22) ha un comportamento tipico del regime pluviometrico sub-litoraneo, caratterizzato da due massimi in primavera e autunno e due minimi in estate e inverno. Le temperature crescono da gennaio ad agosto, per poi scendere fino a settembre.

La temperatura media in estate è di 20,6 °C e quella in inverno è di 3,7 °C.

4. CONFRONTO PLUVIO-TERMOMETRICO TRA DUE PERIODI

4.1. Forno di Zoldo, 1935-1949 / 1988-2002

Per condurre un'analisi di confronto per la stazione di Forno di Zoldo, sono stati selezionati i seguenti periodi: il primo dal 1935 al 1949 e il secondo dal 1988 al 2002; quindi due intervalli di 15 anni ciascuno. La scelta di questi periodi è motivata dalla necessità di avere intervalli sufficientemente lunghi e che non comprendessero salti temporali dovuti alla mancanza di dati. In questo modo, si possono confrontare i dati di un periodo passato con quelli di un periodo più recente con l'obiettivo di mettere in luce le variazioni avvenute nel corso del tempo attribuibili al cambiamento climatico.

Per confrontare i regimi pluviometrici, vengono riportati i diagrammi box plot delle precipitazioni mensili relativi ai due periodi considerati per la stazione di Forno di Zoldo. Emerge una differenza nella distribuzione delle piogge: nel primo periodo (*Figura 23*) le scatole sono più allungate rispetto al secondo periodo (*Figura 24*), suggerendo che il 50% dei dati presenta una variabilità maggiore, ad eccezione del mese di novembre che presenta una scatola più ampia nel secondo periodo.

Osservando l'asse delle ordinate, si nota una differenza anche nei livelli di precipitazione: nel primo periodo si raggiungono i 400 mm mentre nel secondo periodo i 600 mm.

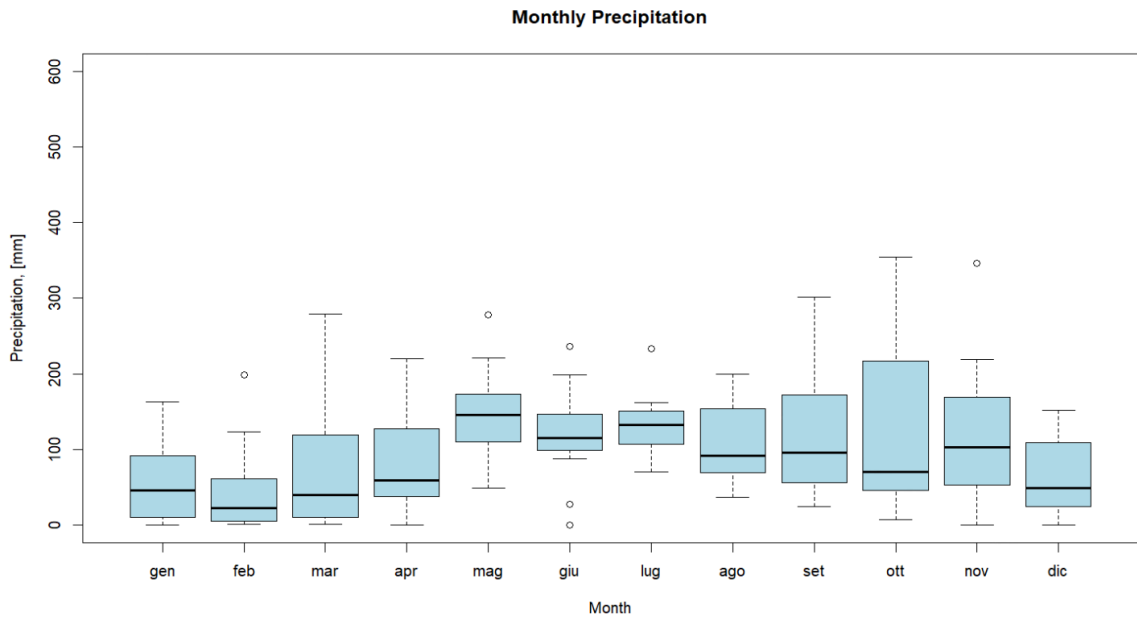


Figura 23 – Regime pluviometrico mensile di Forno di Zoldo 1935-1949

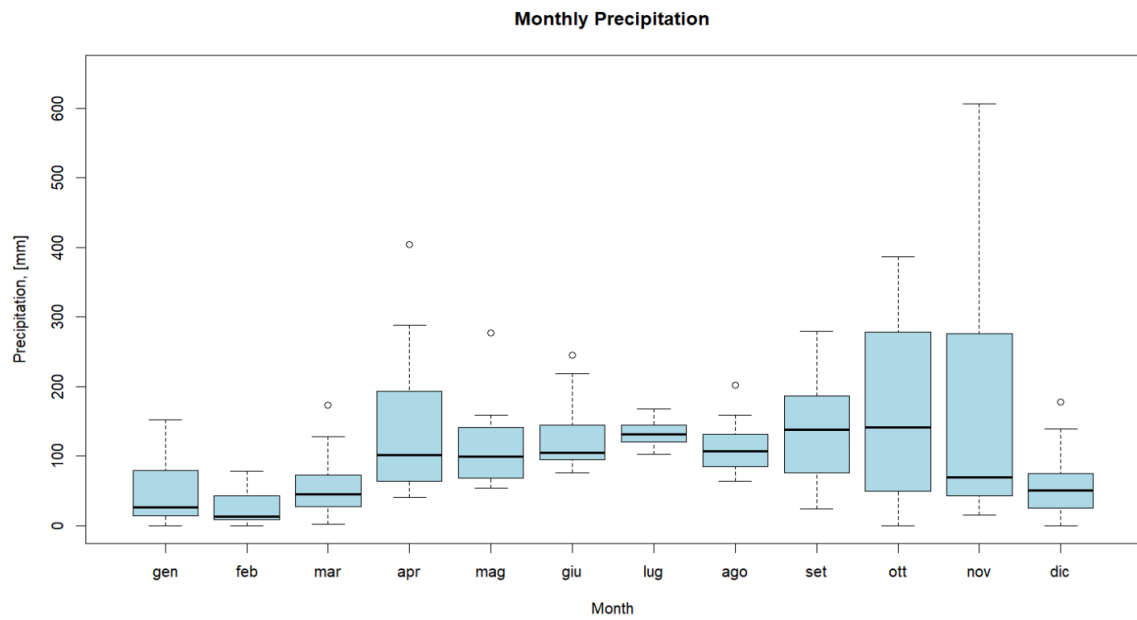


Figura 24 - Regime pluviometrico mensile Forno di Zoldo 1988-2000

Il seguente grafico è un altro modo per rappresentare le precipitazioni mensili. Nell'asse delle ascisse si trova il tempo in anni e nell'asse delle ordinate i mesi. La legenda che si trova sulla destra indica i livelli di piogge: dal colore rosso, che indica 0 mm di precipitazione o i dati mancanti, al blu scuro, che rappresenta i mesi molto piovosi.

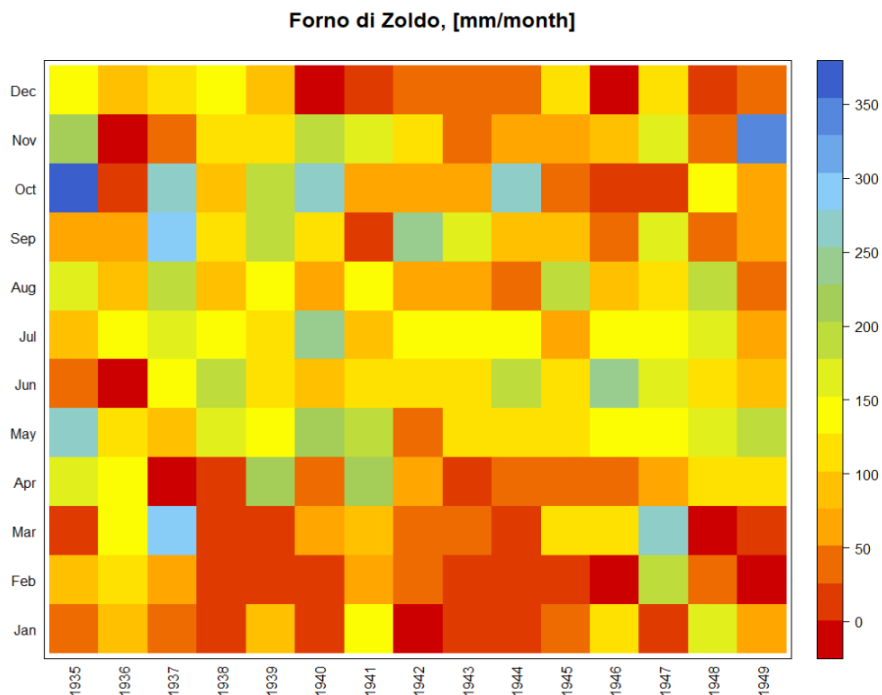


Figura 25 – Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Forno di Zoldo 1935-1949

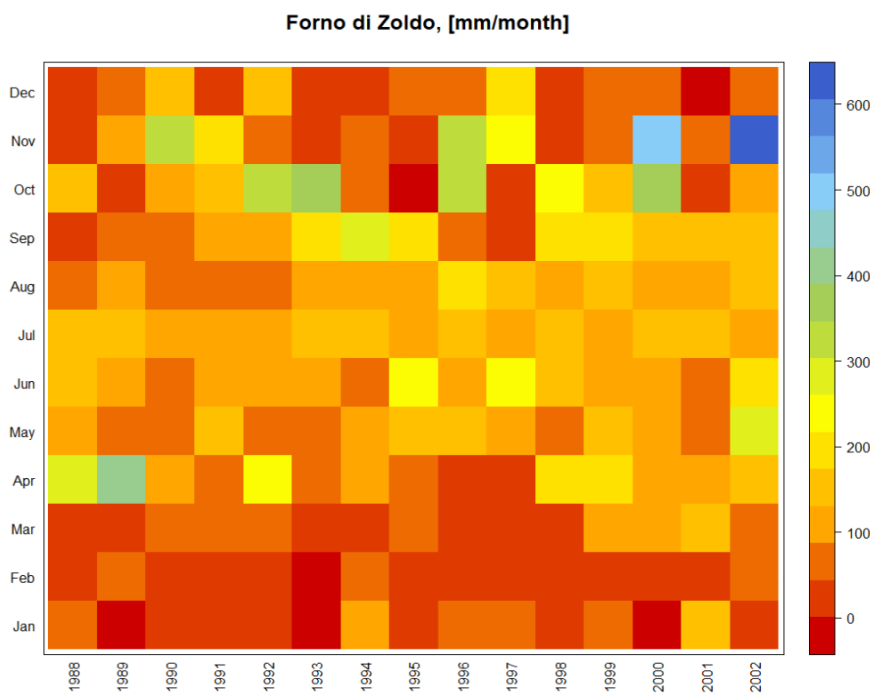


Figura 26 – Visualizzazione a colori delle precipitazioni di Forno di Zoldo 1988-2002

Dal confronto tra il primo periodo (*Figura 25*) e il secondo periodo (*Figura 26*) risulta evidente l'aumento di siccità nel secondo periodo osservando una maggiore predominanza di colori caldi.

Per confrontare anche i dati termo-pluviometrici mensili si utilizzano i climogrammi.

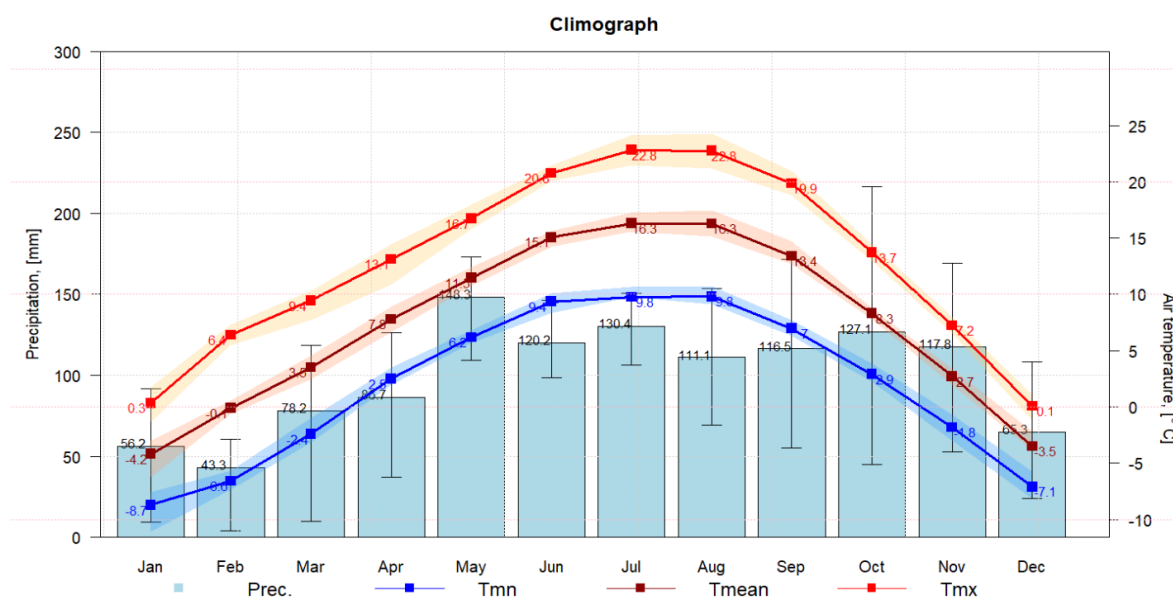


Figura 27 – Climogramma di Forno di Zoldo 1935-1949

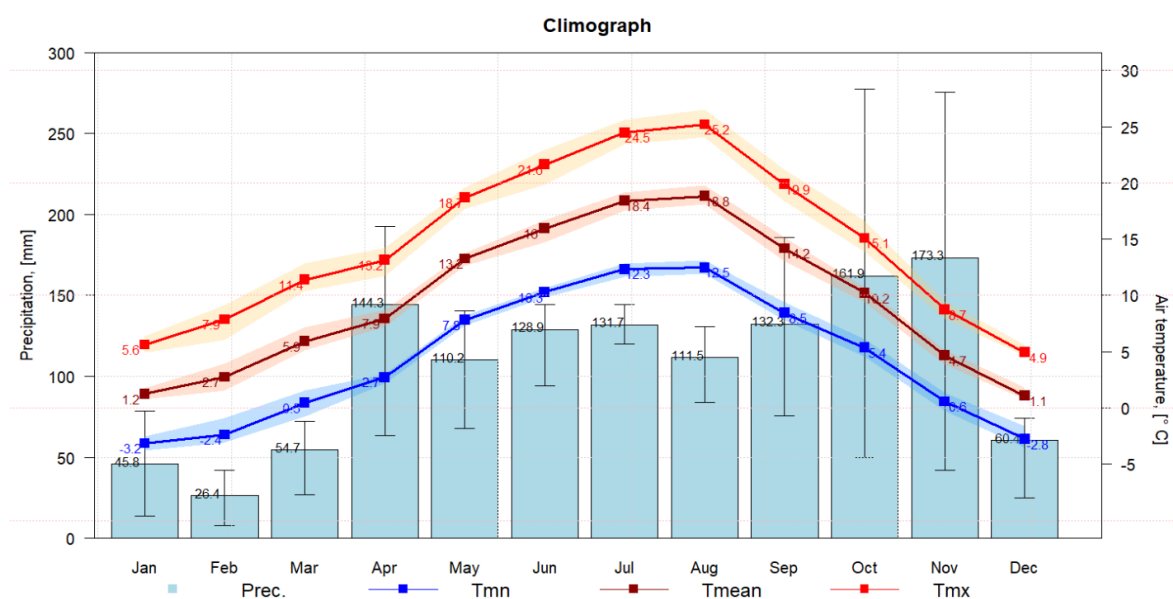


Figura 28 – Climogramma di Forno di Zoldo 1988-2002

Dai grafici si osserva una variazione delle colonne delle precipitazioni di alcuni mesi: il mese di maggio è interessato da una diminuzione di quasi 40 mm, mentre nel mese di novembre sono stati registrati circa 55 mm in più.

Per quanto riguarda le temperature, come si può osservare dalla *Tabella 1*, risultano essere superiori in ogni mese dell'anno nel secondo periodo, con un aumento complessivo di +2,3 °C.

Mese	T (°C) 1935-1949	T (°C) 1988-2002	ΔT (°C)
Gennaio	-4,2	1,2	+5,4
Febbraio	-0,1	2,7	+2,8
Marzo	3,5	5,9	+2,4
Aprile	7,8	7,9	+0,1
Maggio	11,5	13,2	+1,7
Giugno	15,1	16	+0,9
Luglio	16,3	18,4	+2,1
Agosto	16,3	18,8	+2,5
Settembre	13,4	14,2	+0,8
Ottobre	8,3	10,2	+1,9
Novembre	2,7	4,7	+2
Dicembre	-3,5	1,1	+4,6
		Media ΔT (°C)	+ 2,3

Tabella 1 – Temperature medie mensili dei due periodi a confronto di Forno di Zoldo

4.2. Oderzo, 1935-1949 / 1988-2002

Anche per la stazione di Oderzo sono stati scelti due periodi, uguali a quelli considerati per la stazione di Forno di Zoldo, quindi dal 1935 al 1949 e dal 1988 al 2002.

Di seguito sono riportati i diagrammi box plot per la stazione di Oderzo, per confrontare i regimi pluviometrici mensili.

Anche in questo caso, si può notare come le scatole dei grafici siano più ristrette nel secondo periodo (*Figura 30*). Si osserva in particolare una diminuzione marcata nei mesi invernali rispetto al primo periodo (*Figura 29*).

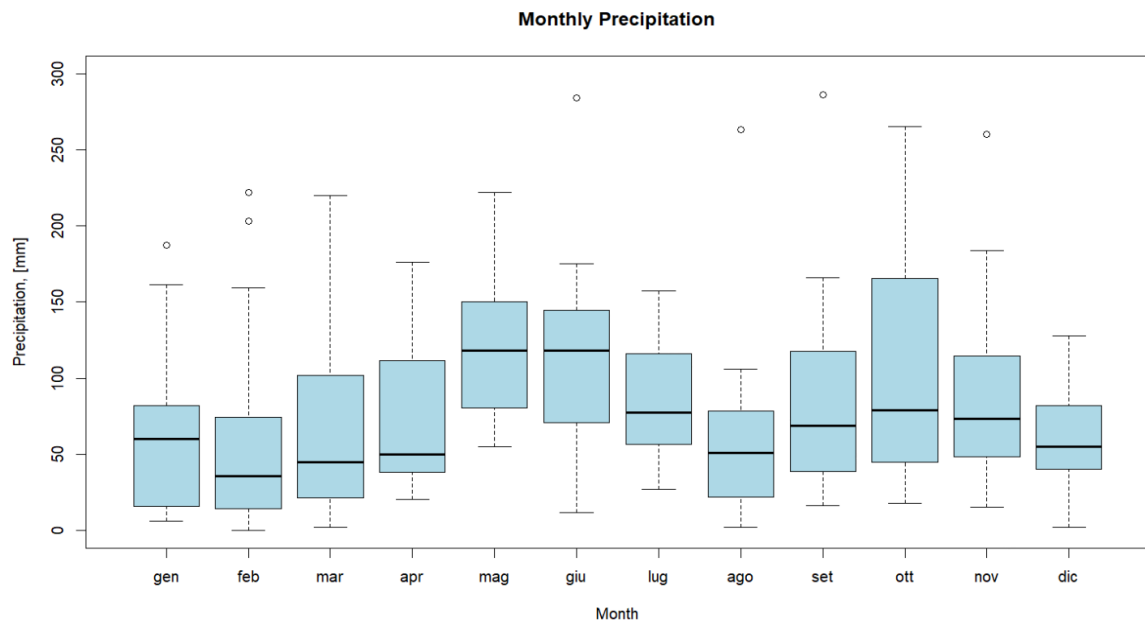


Figura 29 – Regime pluviometrico mensile di Oderzo 1935-1949

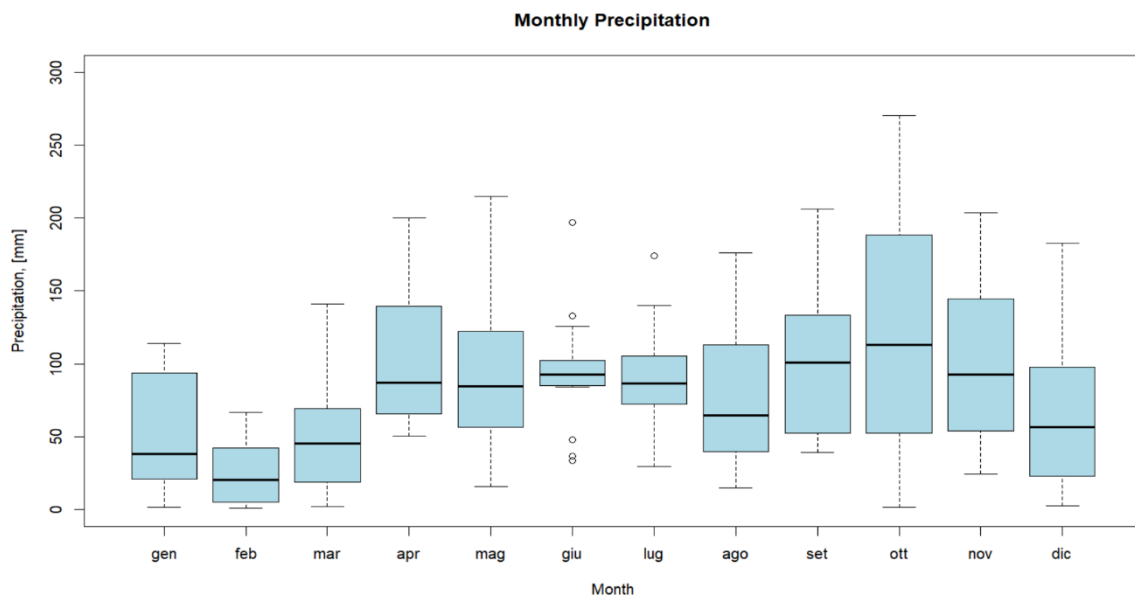


Figura 30 – Regime pluviometrico mensile di Oderzo 1988-2002

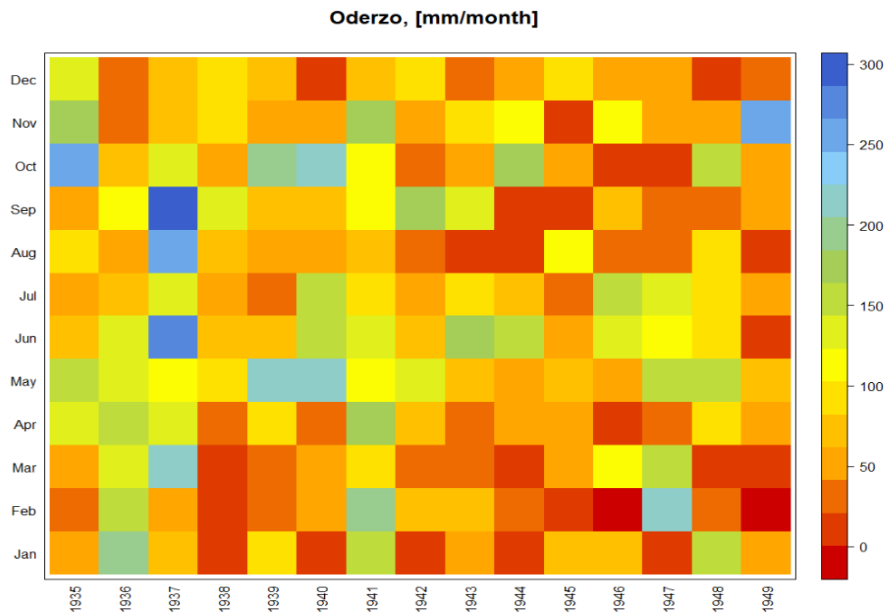


Figura 31 – Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili per Oderzo 1935-1949

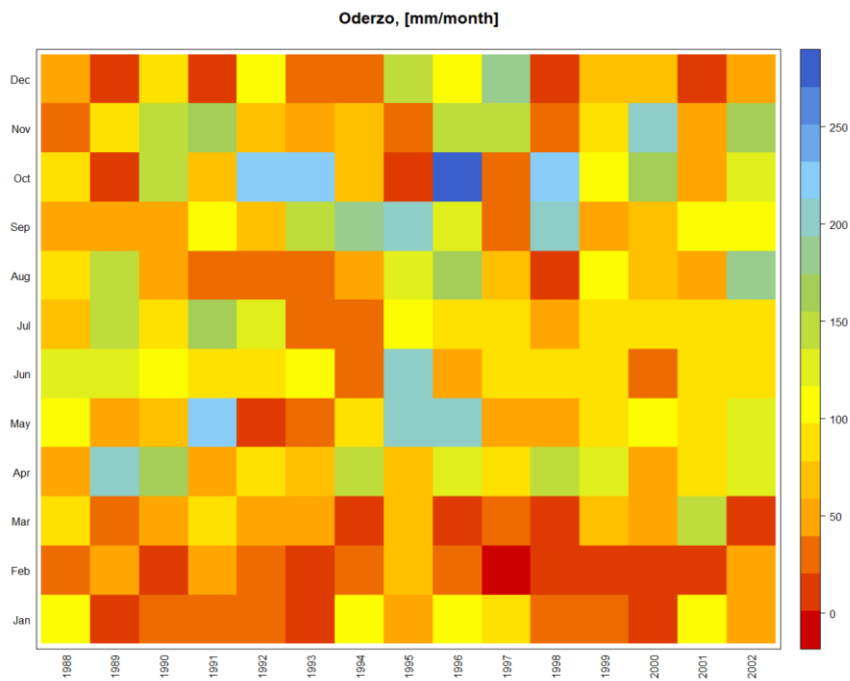


Figura 32 – Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili per Oderzo 1988-2002

In questo tipo di rappresentazione si conferma la diminuzione nei mesi invernali, osservabile dalla maggiore presenza di colori sul rosso nei mesi di febbraio, marzo e dicembre nel secondo periodo (Figura 32).

Per la stazione di Oderzo non è possibile confrontare i due periodi attraverso i climogrammi in quanto, come già detto prima, non si hanno a disposizione i dati termometrici.

4.3. Crosara, 1951-1965 / 1988-2002

Viene svolta un'analisi, anche per la stazione di Crosara, su due periodi di 15 anni ciascuno: il primo dal 1951 al 1965 e il secondo dal 1988 al 2002.

È importante specificare che, per un'analisi corretta, sarebbe ottimale confrontare periodi simili tra le stazioni. In questo caso, non è possibile usare un primo periodo uguale, in quanto i dati termometrici che si hanno a disposizione partono dal 1938; inoltre si hanno dati mancanti anche per il 1950 quindi se fosse stato preso un periodo intorno ad esso l'analisi non sarebbe stata veritiera. È stato quindi scelto un periodo differente ma che contenesse tutti i dati.

Osserviamo i diagrammi box plot relativi ai due periodi.

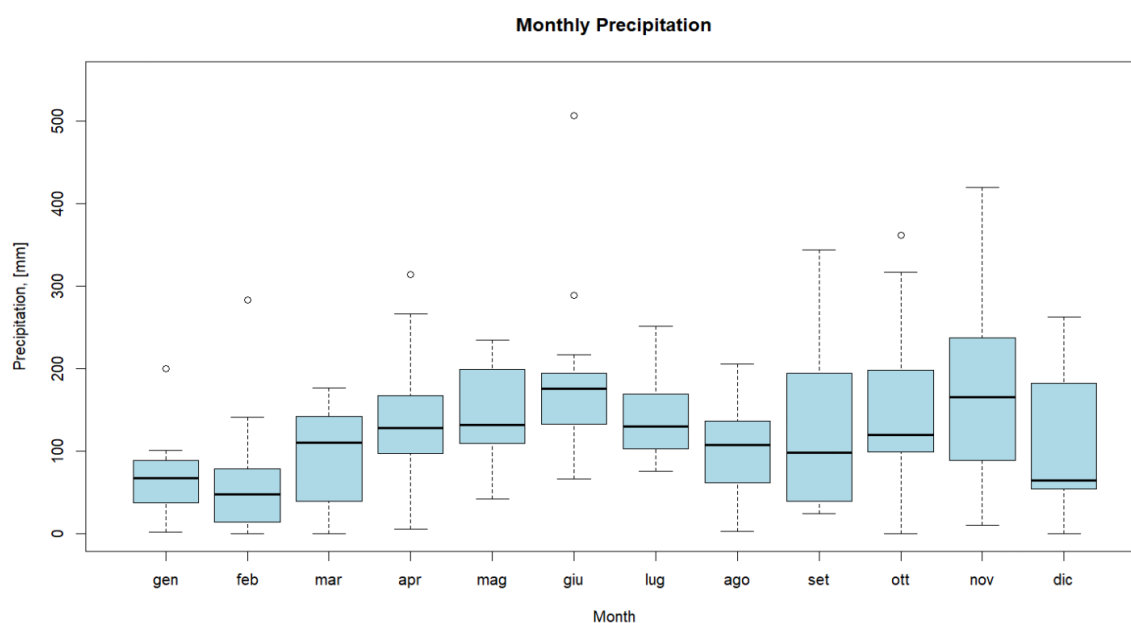


Figura 33 – Regime pluviometrico mensile di Crosara 1951-1965

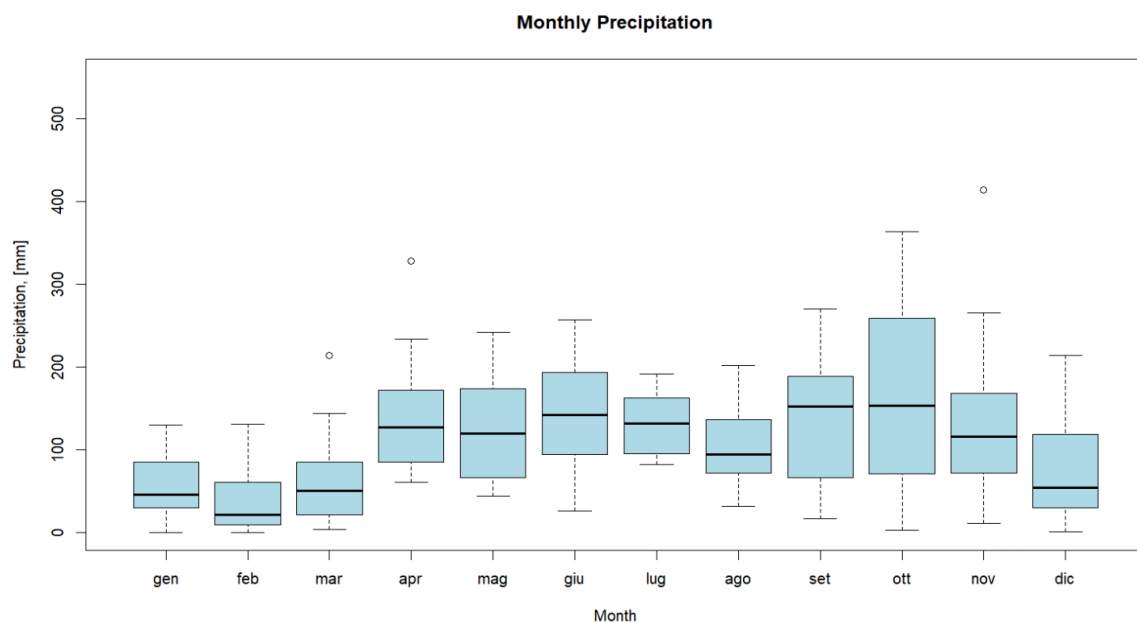


Figura 34 – Regime pluviometrico mensile di Crosara 1988-2002

Il confronto tra i due grafici permettere di rilevare una leggera differenza nei mesi di marzo, settembre, novembre e dicembre che presentano una scatola più allungata nel primo periodo (*Figura 33*). Si nota invece il mese di ottobre che ha una scatola più ampia nel secondo periodo (*Figura 34*).

Questo è confermato anche dalla visualizzazione a colori nelle figure seguenti. Si nota un ottobre con colori più freddi nel secondo periodo (*Figura 36*). Al contrario, nei mesi di settembre, novembre e dicembre si nota una prevalenza di colori caldi nel secondo periodo rispetto al primo (*Figura 35*).

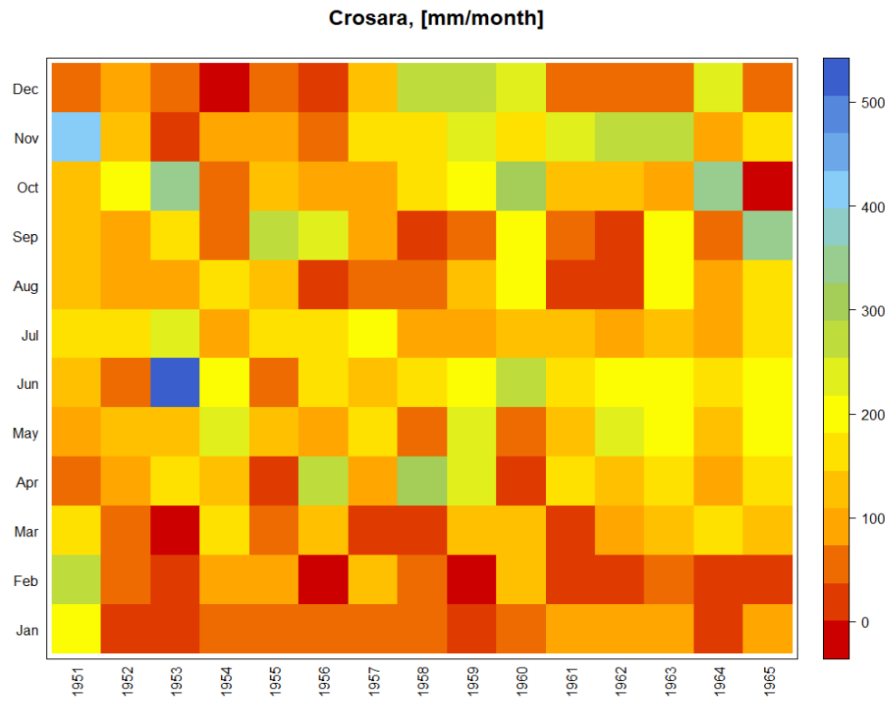


Figura 35 – Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Crosara 1951-1965

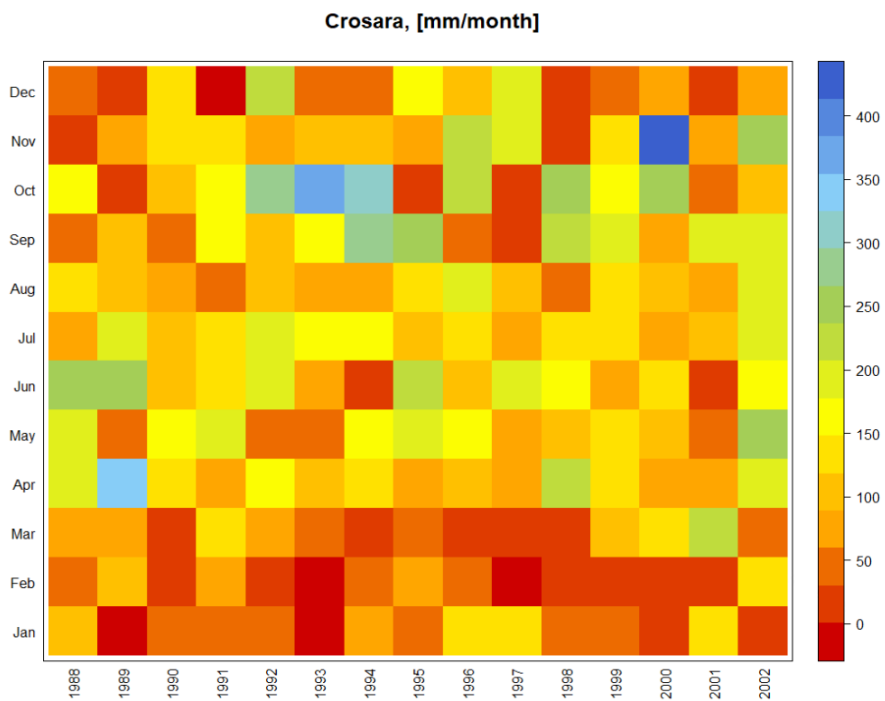


Figura 36 – Visualizzazione a colori di Crosara 1988-2002

Vengono riportati in seguito anche i climogrammi relativi ai due periodi, in modo da poter svolgere un'analisi sui dati pluvio-termometrici.

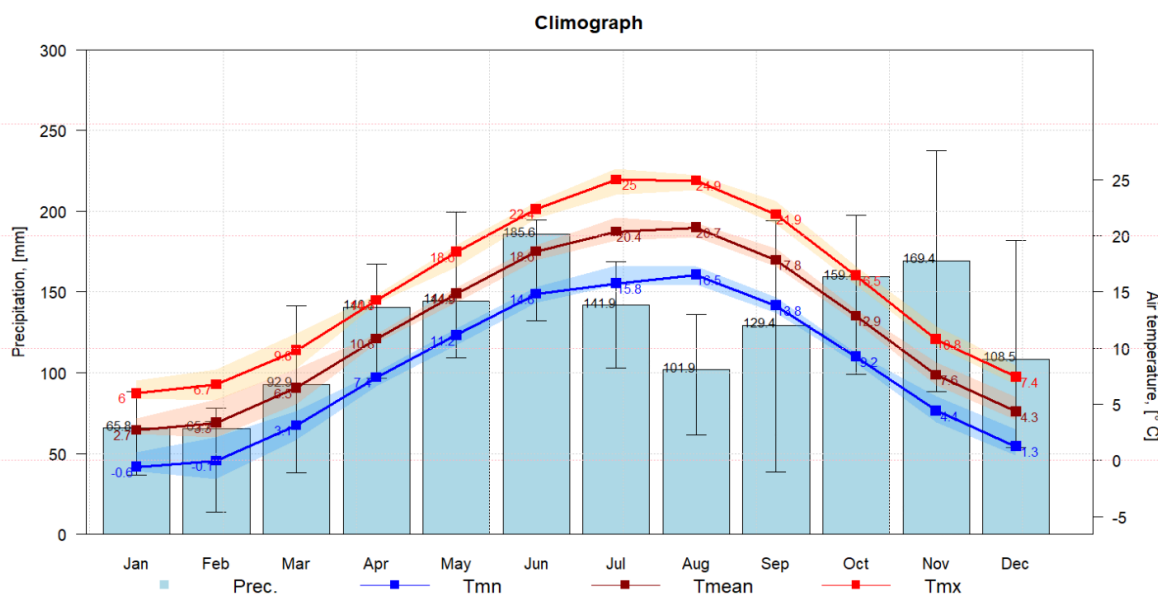


Figura 37 – Climogramma di Crosara 1951-1965

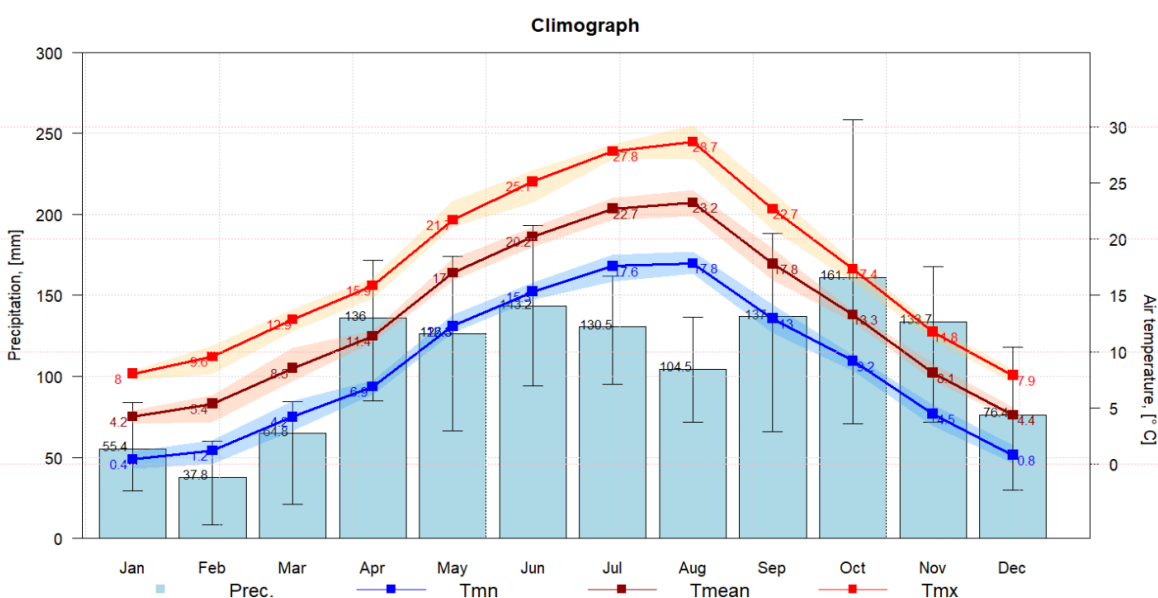


Figura 38 – Climogramma di Crosara 1988-2002

Dal confronto emerge una diminuzione generale delle precipitazioni, nel dettaglio: nel mese di giugno, nel secondo periodo (Figura 38), si osserva una diminuzione di più di 40 mm e nel mese di novembre di circa 35 mm in meno rispetto al primo periodo (Figura 37).

Mese	T (°C) 1951-1965	T (°C) 1988-2002	ΔT (°C)
Gennaio	2,7	4,2	+1,5
Febbraio	3,3	5,4	+2,1
Marzo	6,5	8,5	+2
Aprile	10,8	11,4	+0,6
Maggio	14,9	17	+2,1
Giugno	18,6	20,2	+1,6
Luglio	20,4	22,7	+2,3
Agosto	20,7	23,2	+2,5
Settembre	17,8	17,8	0
Ottobre	12,9	13,3	+0,4
Novembre	7,6	8,1	+0,5
Dicembre	4,3	4,4	+0,1
		Media ΔT (°C)	+1,3

Tabella 2 – Temperature medie mensili dei due periodi a confronto di Crosara

In *Tabella 2* viene riportato un confronto delle temperature tra 1951-1965 e 1988-2002, in cui si osserva un aumento di temperatura media di 1,3 °C. La temperatura è aumentata in ogni mese dell'anno nel secondo periodo, fatta eccezione per il mese di settembre che è rimasta invariata.

5. CONCLUSIONI

È importante precisare che l'analisi dei dati forniti dalle tre stazioni prese in esame non è sufficiente per decretare un andamento nel campo del cambiamento climatico.

È merito di queste microanalisi, però, che si possono definire le variazioni in ambienti più ampi, come analisi a livello regionale o nazionale, e ottenere quindi un risultato concreto.

In questo modo è possibile individuare i fattori che potrebbero causare il cambiamento climatico osservando magari in ambienti simili tra loro le caratteristiche comuni, ad esempio come queste variazioni sono relazionate ad altitudine e latitudine, demografia o sviluppo tecnologico.

Le precipitazioni annuali delle tre stazioni prese in esame, anche se caratterizzate da continue fluttuazioni temporali, non hanno subito variazioni rilevanti. È stata la distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno a subire le variazioni più significative: i fenomeni di precipitazione sono diminuiti ma sono diventati più intensi, e ciò è confermato dall'analisi dei grafici creati.

Questa differenza è evidente nel confronto tra i due periodi analizzati.

Il problema principale delle precipitazioni intense è che si saturano solamente i primi centimetri di suolo e ciò aumenta lo scorrimento superficiale, causando alluvioni, danni alle piante e un inadeguato rifornimento idrico.

Ciò che risulta evidente da questo elaborato è piuttosto l'aumento delle temperature medie.

Dal confronto tra i due periodi selezionati si è osservato un aumento della temperatura sia nella stazione di Forno di Zoldo che di Crosara, con un aumento pari a 2,3 °C e 1,3 °C rispettivamente. Questo aumento ha interessato tutti i mesi dell'anno per entrambe le stazioni. A livello globale, è stato rilevato un aumento delle temperature compreso fra 0,65 °C e 1,06 °C negli ultimi 150 anni [6]

Le conseguenze di un aumento importante delle temperature sono molteplici, tra cui il cambiamento degli habitat, che di conseguenza colpisce le specie animali e vegetali, l'incremento della siccità, lo scioglimento dei ghiacciai e l'innalzamento del livello dei mari.

In ogni caso, il mondo non è fermo a guardare, ma ci si sta muovendo per almeno limitare le emissioni che incrementano il cambiamento climatico. A dicembre 2023 si è tenuta la COP28 a Dubai, dove si ha mostrato la necessità di ridurre del 43% le emissioni di gas a effetto serra entro il 2030 e del 60% entro il 2035 rispetto ai livelli del 2019 [7].

6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Commissione Europea. Conseguenze dei cambiamenti climatici. URL https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_it
- [2] ARPAV (2024). Stazioni con il sensore di precipitazione. URL wwwold.arpa.veneto.it/bollettini/meteo60gg/Mappa_PREC.htm?t=RG
- [3] RStudio Team (2023). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>
- [4] R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [R: The R Project for Statistical Computing \(r-project.org\)](https://www.R-project.org/) (https://www.R-project.org)
- [5] Mauricio Zambrano-Bigiarini (2024). HydroTSM: Time Series Management, Analysis and Interpolation for Hydrological ModellingR package version 0.7-0. URL <http://github.com/hzambran/hydroTSM> DOI: 10.5281/zenodo.839565
- [6] ARPAV (2017) A proposito di cambiamenti climatici. URL file:///C:/Users/ASUS/Downloads/A_proposito_di_Cambiamenti_climatici_2017.pdf
- [7] COP 28 (2024) Consilium Europa, COP 28. URL [COP 28 - Consilium \(europa.eu\)](https://www.consilium.europa.eu/)

