



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Analisi di serie di misure di precipitazione
relative al Monte Baldo
per il periodo 1950-1974

Relatore
Prof. Dino Zardi

Laureando
Matteo Vicenzi

Correlatore
Ing. Alessio Pasetto
Ing. Michele Costa

Anno Accademico 2005-2006

INDICE

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUZIONE | 3 |
| CAPITOLO 1 | 5 |
| MONTE BALDO:INQUADRAMENTO GENERALE | 5 |
| 1.1 ORIGINE GEOLOGICA | 6 |
| 1.2 LE SORGENTI..... | 8 |
| 1.3 IL CLIMA | 8 |
| 1.3.1 LE PRECIPITAZIONI..... | 10 |
| CAPITOLO 2 | 12 |
| ORIGINE DEI DATI | 12 |
| 2..1 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE | 12 |
| 2.2 DATI UTILIZZATI..... | 13 |
| 2.3 CORRELAZIONE DEI DATI | 17 |
| CAPITOLO 3 | 23 |
| ANALISI DEI DATI | 23 |
| STRUMENTI STATISTICI E DEFINIZIONI | 23 |
| 3.1. ANALISI DEI TOTALI ANNUI..... | 24 |
| 3.1.2. SPIAZZI..... | 30 |
| 3.1.3. MALCESINE | 35 |
| 3.1.4 CONFRONTO TRA LE STAZIONI..... | 39 |
| 3.2. ANALISI DEI TOTALI STAGIONALI | 43 |
| 3.2.1 SAN ZENO..... | 44 |
| 3.2.2 SPIAZZI..... | 47 |
| 3.2.3 MALCESINE | 50 |
| 3.3 ANALISI DEI VALORI MENSILI | 55 |
| 3.3.1 SAN ZENO..... | 55 |
| 3.3.2 SPIAZZI..... | 56 |
| 3.3.3. MALCESINE | 57 |
| 3.3.4 CONFRONTO TRA LE STAZIONI..... | 59 |
| 3.4 MODALITA' DI DISTRIBUZIONE DELLE PIOGGIE A LIVELLO MENSILE..... | 62 |
| 3.4.1 SAN ZENO..... | 62 |
| 3.4.2 SPIAZZI..... | 65 |
| 3.4.3 MALCESINE | 67 |
| CAPITOLO 4 | 70 |
| EVENTI ESTREMI..... | 70 |
| 4.1 ANNO DI MASSIMA PIOVOSITA' | 70 |
| 4.2 ANNO DI MINIMA PIOVOSITA'..... | 74 |
| 4.3 MESE DI MASSIMA PIOVOSITA'..... | 76 |
| 4.4 FENOMENI TEMPORALESCHI..... | 81 |
| 4.5 ANALISI EVENTO DEL 4-5 NOVEMBRE 1966..... | 83 |

| | |
|-----------------------------------------------|-----|
| <i>CAPITOLO 5.</i> | 86 |
| CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA..... | 86 |
| <i>5.1 TIPI DI DISTRIBUZIONE</i> | 86 |
| <i>5.2 RISULTATI</i> | 91 |
| <i>CAPITOLO 6.</i> | 98 |
| CONSIDERAZIONI FINALI E SVILUPPI FUTURI | 98 |
| APPENDICE A..... | 102 |
| APPENDICE B..... | 108 |
| APPENDICE C..... | 117 |

INTRODUZIONE

Le precipitazioni sono fenomeni tipicamente caratterizzati da una elevata variabilità sia temporale che spaziale. Esse dipendono da molteplici fattori che in generale rientrano in un più ampio schema di circolazione a scala sinottica in cui si instaurano variabili a scala locale come orografia, esposizione, pendenza dei rilievi e vicinanza a masse d'acqua, ecc. La conoscenza e quindi la possibilità di registrare misure di pioggia per lo più risale alla seconda metà del settecento, anche se si è solidamente affermata nei primi decenni del novecento, al fine di ricavare alcune ricorrenze che potessero far arrivare a qualche modello previsionale. Oggi queste necessità restano immutate, anzi molto probabilmente sono aumentate, poiché l'acqua è un bene sempre più prezioso ed è stata dichiarata un bene economico tanto come una risorsa non rinnovabile. Lo studio della precipitazione è il primo passo verso uno più ampio, come può essere quello della gestione idrica. In Italia mediamente la disponibilità idrica si aggira sui 273 litri al giorno procapite. Il valore è sicuramente molto elevato però in certe zone vi sono molte difficoltà per garantire una disponibilità che si aggiri sugli ordini di grandezza della media nazionale. Il presente lavoro si concentra su un caso di studio relativo, una zona che particolarmente sente il problema è sicuramente quella del Monte Baldo (si vedano gli articoli di giornali datati all'estate appena passata riportati in calce). Nelle località sul versante della montagna, specie quella lato Garda la risorsa idrica viene distribuita grazie a stazioni di pompaggio di proprietà del Genio Civile, che pescano acqua dal lago di Garda, dato la mancanza di sorgenti con portata sufficiente a soddisfare le esigenze della popolazione, senza contare il forte afflusso di turisti nel periodo estivo, richiamati dal Garda. La montagna dei veronesi però nella tradizione popolare è sempre stata ricca di fenomeni precipitosi, talvolta anche molto violenti, si ricorda a tal proposito i 247 ovini e l'escursionista periti questa estate a causa di un forte temporale. In questa ottica, il lavoro prende in considerazione, tre stazioni pluviometriche, precisamente situate presso le località di San Zeno di Montagna e Malcesine sul versante del Garda e Spiazzi dalla parte della Val d'Adige, e cerca di essere un esempio di ricerca ed elaborazione dati (anche molto superficiale) per una zona a prima parere inviolata sotto questo punto di vista, e purtroppo deficitaria sotto l'aspetto della disponibilità dei dati. Il lavoro si propone di analizzare il regime pluviometrico delle tre stazioni in un periodo compreso tra gli anni 1950 e 1974, con la speranza di una prosecuzione in tal senso al fine di completare la serie storica, ed estendere le medesime modalità di studio anche alle altre stazioni pluviometriche della zona baldense. Una volta caratterizzato il regime pluviometrico del Baldo allora si potrà tentare di ricavare modelli che correlino la precipitazione con la disponibilità della risorsa idrica al fine di ottimizzarne la gestione; questo è anche il fine del progetto Foralps in cui questo lavoro si può ben inquadrare. La crescente consapevolezza del valore intrinseco delle risorse ambientali nell'area Alpina ha reso le autorità pubbliche e le comunità montane locali sempre più esigenti sul tema della gestione sostenibile delle risorse ambientali, specie per quanto riguarda quelle riguardanti l'acqua.

Per rispondere a tali quesiti occorre considerare e valutare attentamente vari processi ambientali, tra cui sicuramente rivestono una certa importanza quelli atmosferici, ideologici e geografici che interessano il ciclo dell'acqua.

Inoltre tali esigenze, comuni per le popolazioni dell'arco alpino, non possono essere ristrette entro ambiti amministrativi, ma devono essere affrontate congiuntamente dai paesi dalle regioni confinanti.

Con queste motivazioni da alcuni anni vengono finanziati progetti europei che permettono ai soggetti coinvolti di collaborare per ottenere obiettivi comuni e

condivisi in specifici settori ambientali. Tra questi, siamo direttamente interessati al progetto FORALPS, acronimo di Meteo-hydrological Forecast and Observation for improved water Resource management in the Alps (sito www.foralps.net) si propone, per il triennio 2005-2007, di fornire ai partners le condizioni necessarie per il trasferimento e lo scambio delle informazioni derivanti dalla meteorologia, al fine di ottenere un consapevole e sostenibile utilizzo della risorsa idrica negli ambienti di montagna.

Il progetto prevede una molteplicità di attività, tra cui la "valutazione dei costi e dei benefici derivanti dall'uso dei modelli meteorologici e idrologici avanzati per la gestione delle risorse della gestione della risorsa idrica."

All'interno di tale ambito di lavoro sono stati scelti alcuni casi di studio, tra cui il territorio del Monte Baldo, specie per quanto riguarda la sua parte veronese.

Tale territorio data la sua eterogenea conformazione naturale e antropica, è da sempre soggetto a caratteristici problemi di approvvigionamento idrico: il principale scopo di questo studio è quello di indagare e valutare in maniera approfondita lo stato ed i possibili cambiamenti realizzabili in campo meteorologico, per avere un conseguente miglioramento nella gestione della risorsa idrica.

A dimostrazione delle precarie condizioni della disponibilità della risorsa idrica sul Baldo (veronese) questa estate sono usciti sul quotidiano locale L'Arena, alcuni articoli che data la concomitanza di alte temperature, massicce richieste idriche (soprattutto lungo la sponda lacustre) dovute alla presenza turistica, e probabilmente al persistere di un periodo di siccità, riportavano la crisi nel sistema acquedottistico del comprensorio del Baldo, gestito dalla AGS (Azienda Gardesana Servizi).

CAPITOLO 1

Sommario

Nel presente capitolo vengono descritte le principali caratteristiche naturali e ambientali del Monte Baldo, con particolare riguardo al territorio veronese...

MONTE BALDO: INQUADRAMENTO GENERALE

Il monte Baldo è il rilievo montuoso posto più ad occidente delle prealpi venete, ed è contraddistinto da una marcata variabilità geoclimatica. Si estende su di una zona delimitata ad ovest dal lago di Garda, ad est dalla Val Lagarina (così è chiamato il tratto di val d'Adige compreso tra la chiusa del Ceraino e Calliano), a nord dalla valle di Loppio e a sud dal golfo del Garda dalla piana di Caprino e dall'anfiteatro morenico di Rivoli veronese.



Figura 1.1: geografia del Monte Baldo vista da Nord

Il più meridionale tra i massicci prealpini, il monte Baldo si innalza tra l'ampia superficie del più grande lago subalpino ed il profondo solco vallivo intagliato dal fiume Adige.

La catena è lunga circa 36 km con una larghezza di 11 km, e consiste in una zona principale alta fino a 2200 metri che si estende in direzione nord-nordest sud-sudovest.

La catena principale per quanto riguarda le pendenze è marcatamente asimmetrica: il versante occidentale (quello del lago) si eleva con pendenze variabili tra il 40 e 80%, fino a passare di misura i 2200 m.

D'altro canto il versante orientale è costituito da una serie di pianori e avallamenti, con altezze variabili tra i 300 e gli 800 m, che incombono sulla valle dell'Adige e, che si raccordano alle estremità superiori con pendenze pressoché eguali a quelle del versante occidentale.

La catena montuosa è formata da due distinti settori:

- Il monte Baldo vero e proprio che si estende da Punta San Vigilio fino a Bocca Navene;
- Il monte Altissimo di Nago che va da Bocca Navene fino alla Sella di Loppio.

Il primo non è solo il più ampio ma comprende altresì anche le cime più elevate tra cui si ricorda l'elevazione massima di cima Valdritta 2218 m.

I due settori non corrispondono esattamente alla divisione amministrativa della zona (provincia di Verona e provincia di Trento).

Il confine tra le province sale a Nord oltre Navene nel versante occidentale con il comune di Malcesine, scende poi verso Sud per circa 10 km lungo la linea dello spartiacque della catena, e taglia ancora trasversalmente la montagna tra Cavallo di Novezza e Belluno Veronese.

Si faccia caso che il territorio trentino comprende tutto il comprensorio della valle Aviana, sia nella sua parte bassa sia in quella superiore longitudinale al monte.

Nella tradizione popolare il nome del monte ha letteralmente il significato dell'aggettivo "baldo", sinonimo di fierezza e arditezza, caratteristiche che calzano al monte se visto dal veronese, da cui quindi è stata ipotizzata un'origine celtica.

Nella realtà è molto più probabile che si tratti di un sostantivo, di origine germanica, che deriva dalla parola Wald, cioè bosco, che fa pensare che si tratti di una montagna ricca di boschi, cosa che effettivamente era fino alla dominazione della Serenissima, dove per far posto a pascoli e alla forte domanda di legname il Baldo è stato spogliato delle sue risorse soprattutto nella zona veronese, assumendo l'aspetto più o meno arido che oggi conosciamo.

1.1 ORIGINE GEOLOGICA

Possiamo sicuramente affermare che per riuscire ad interpretare correttamente la distribuzione della risorsa idrica e in particolar modo la localizzazione delle sorgenti d'acqua, si necessita di una conoscenza geologica (anche se piuttosto sommaria e concisa) della zona.

La montagna come si presenta oggi è frutto di interazioni fra l'evoluzione tettonica e quella geomorfologia in relazione alla complessa storia climatica ed ambientale.

Dal punto di vista geologico il Monte Baldo è il prodotto duraturo nel tempo iniziato circa 200 milioni di anni fa, nel Mesozoico.

Il monte Baldo, come del resto le Dolomiti, fa parte di una formazione tettonica che i geologi chiamano Alpi Meridionali, che rappresenta il lembo meridionale dell'antico Oceano Ligure, formatosi circa tra 200 e 100 milioni di anni fa.

Questo bacino era collegato verso oriente con un più vasto oceano meglio conosciuto come Tetide, ed aveva come confine sud-orientale la placca africana, mentre settentrionalmente era chiuso dalla placca europea (ambedue le placche a quei tempi erano riunite in un supercontinente chiamato Pangea).

L'innalzamento della catena del Baldo è quindi riconducibile agli sviluppi che sono concorsi al suddetto oceano ed è distinguibile in due fasi che si distinguono per i movimenti relativi delle due placche in questione:

- Fase passiva: frammentazione della Pangea e allontanamento relativo delle placche, con fatturazione della crosta e immersione della stessa in profondità via via maggiori e conseguente deposito di sedimenti marini.
- Fase attiva: inversione del movimento delle placche, con conseguente estinzione dell'Oceano Ligure e sollevamento progressivo dei fondali marini fino alla collisione dei due margini delle placche divenuti in questo modo attivi.

Tralasciando per brevità (dato che lo scopo dell'elaborato non è di ambito geologico) la fase cosiddetta passiva, andiamo a veder meglio in dettaglio cosa è successo in quella attiva.

A partire dal Cretaceo superiore, si invertì il movimento relativo tra la placca africana e quella europea, che dà divergente passò a convergente con una brusca variazione di velocità attorno a 85-70 milioni di anni fa.

La crosta oceanica da poco formatasi si infilò sotto la placca meridionale, crosta continentale andando a formare dei cunei che andranno a costituire le future Alpi.

Le spinte tangenziali che hanno corrugato gli strati sedimentari marini che oggi formano il Baldo, sembra siano da imputare al fianco occidentale del piastrone lessino, in seguito al movimento in direzione Nord impressogli dalle spinte della zolla africana.

La presenza inoltre a decine di chilometri dal piastrone lessino di due grandi masse intrusive profondamente radicate nella crosta terrestre costituite dal massiccio Adamello-Presanella a Nord-Ovest e dalla Cima d'Asta a Nord-Est, ha lasciato una zona di relativa scarsa resistenza nella zona di Trento, dove il piastrone sopra citato ha potuto introdursi con facilità ed efficacia dovendo tuttavia assumere un aspetto cuneiforme triangolare.

Il piastrone lessino insieme al bacino Lombardo si sono incuneati tra le due masse intrusive ostacolo subendo fatturazioni a ventaglio.

La parte orientale del Bacino Lombardo, essendo costituita da un importante spessore di sedimenti, ha assunto un comportamento fortemente plastico corrugandosi con estrema facilità. Gli assi delle pieghe si sono disposti parallelamente alla linea delle Giudicarie ed al confine occidentale del piastrone lessino. Il Monte Baldo trovandosi nella zona di passaggio tra la rigida e sottile Piattaforma atesina e il spesso e plastico Bacino lombardo, compresso si è corrugato con impressionante regolarità. Il ventaglio di fratture del Monte Baldo e dei Lessini ha dato origine a faglie litosferiche dalle quali è potuto uscire lave basaltiche fluide (soprattutto nella zona lessina).

La struttura geologica del Monte Baldo è relativamente semplice: salendo dalla sponda veronese del Lago di Garda in direzione della Valle Lagarina, si incontra una anticlinale (piega con convessità rivolta verso l'alto): l'anticlinale del Baldo.

A questa segue una sinclinale (piega con concavità verso l'alto), la sinclinale di Ferrara del Baldo o sinclinale del Baldo. In successione ci dovrebbe essere nuovamente un'anticlinale di dimensioni minori che fungeva da collegamento tra Baldo e Lessini, solo che al posto di questa si è sviluppata una delle valli più lunghe dell'arco alpino: quella dell'Adige.

Di questa anticlinale oggi rimangono solo alcune testimonianze: Monte Ceriolo e Monte Vignola nel Baldo orientale e Monte Pastello nei Lessini occidentali.

Tutte queste pieghe hanno un andamento parallelo alla Linea delle Giudicarie (NNE-SSO) ed inoltre sono anche asimmetriche in quanto il loro asse è inclinato in direzione ESE, tanto che ad esempio l'anticlinale del Baldo tende ad infrangersi sulla sinclinale di Ferrara del Baldo ed a risultare fortemente capitozzata dall'erosione. (tratto da Turri 1999)

1.2 LE SORGENTI

Presentandosi come una catena montuosa assai stretta e di discreta altitudine costituita da dolomie e calcarei generalmente molto permeabili, spesso soggetta al fenomeno del carsismo, il Monte Baldo appare povero di risorse idriche.

La parte trentina presentando calcari marnosi dell'Eocene superiore, consistenti livelli marnosi del Cretaceo medio, conoidi detritici, vasti affioramenti basaltici, ha una maggiore abbondanza di sorgenti a tutte le quote. A tal proposito si ricorda la val Aviana molto ricca d'acqua e di sorgenti (peraltro tutte o quasi captate dall'Enel) tanto da giustificare la presenza di un invaso artificiale, sempre di proprietà dell'Enel, (Pra da Stua) di 1600000 m³.

Anche la zona della sinclinale di Ferrara di Monte Baldo, per la sua forma a conca che funge da catino, per la presenza di conoidi ed accumuli argillosi derivati dalla dissoluzione chimica del calcare, per i livelli marnosi e per l'impermeabilità dei calcari marnosi del Rosso ammonitico, presenta una discreta presenza di sorgenti tanto che anche a Ferrara di Monte Baldo esiste un piccolissimo invaso artificiale.

Sicuramente più arido è il versante verso il Benaco.

Qui la forte inclinazione dei pendii e il fenomeno del carsismo riducono in maniera drastica la presenza di sorgenti.

L'idrografia sotterranea alimenta diverse sorgenti che sboccano nel lago, in vicinanza del quale risorgono alcuni corsi d'acqua veramente brevi tra i quali ricordiamo il Rì di Cassone, il fiume più breve del mondo.

Questa tipologia di sorgenti rappresenta la quota più significativa di quelle localizzate nel versante occidentale.

Piccole sorgenti dovute a condensazione si possono trovare nella zona delle vette, come in prossimità di cima Valdritta, o di trattenuta idrica in corrispondenza di livelli calcarei marnosi del Lias inferiore nei dintorni del Circo della Buse e del Circo del Telegrafo.

Altre sorgenti le possiamo trovare nella zona della media montagna, dove le incisioni vallive raggiungono e intersecano alcuni strati impermeabili del Lias superiore, come nel caso delle sorgenti della Val Trovai, a Malga Piombi, Albi di Brione e Valle Beola. (Turri 1999)

1.3 IL CLIMA

Il Monte Baldo si colloca nella fascia periferica meridionale della regione alpina, presentando caratteristiche sia del clima padano sia di quello più tipicamente montano, ambedue appartenenti al clima delle fasce temperate, più nello specifico si parla di clima subcontinentale per la regione padana, e di clima temperato fresco o temperato freddo per la regione montana.

La particolarità del Baldo certo non si limita qui: e noto infatti, come d'altronde testimoniano le svariate presenze vegetali, che il clima baldense presenta situazioni assai diversificate al cambiare dell'esposizione e dell'altitudine, si riscontrano ovvero all'interno di una medesima classificazione climatica diversi micro ambienti climatici. Gli stessi possono a loro volta mutare notevolmente passando dal versante benacense a quello verso la valle dell'Adige, oppure spostandosi da Sud verso Nord.

Tutte queste particolarità sono sicuramente dovute alla posizione "strategica" della zona: si tratta della catena più meridionale tra quelle prealpine, una di quella più alte con le sue cime che arrivano a 2200 m, con al fianco un potente volano termico come

il lago di Garda, la Pianura Padana e l'Adriatico a Sud e ben protetta dalle Alpi dalle correnti fredde da Nord.

I fattori generali del clima padano-alpino sono dovuti dall'instaurarsi stagionalmente degli anticicloni estivo ed invernale: il primo di origine atlantico-mediterranea, si spinge da sud verso la latitudine temperate in rapporto alla inclinazione stagionale dell'irraggiamento solare; il secondo, generato dalle alte pressioni che si formano sulle superfici continentali di Nord-Est, investe con efficacia e stabilità la regione alpino padana.

Questi anticicloni sono quelli che normalmente assicurano bel tempo e che, nelle stagioni di transizione lasciano posto alle infiltrazioni di aria ciclonica, umida, proveniente dalle regioni atlantiche di Nord-Ovest.

Le condizioni più perturbate sulle Alpi hanno luogo quando dei vortici di bassa pressione atlantici penetrano nell'Europa centrale, traslando dalla Germania verso l'Italia e passando quindi sull'arco alpino. Questo tipo di perturbazione però esercita copiose precipitazioni sulle Prealpi poste a Nord (tipo quelle bavaresi) mentre risultano più scarse a Sud.

Sull'arco alpino italiano il tempo perturbato con precipitazioni intense si manifesta al spirare di venti dai settori di Sud-Ovest e Sud-Est, mentre venti che spirano da altri quadranti sono precursori di tempo piuttosto secco.

Le situazioni da Sud sono quelle quindi che portano precipitazioni sul nostro versante subalpino. L'aria che risale dal Mediterraneo, carica di umidità, è costretta a sollevarsi in prossimità dei rilievi alpini raggiungendo il livello di condensazione, scaricando contro gli stessi spesso copiose precipitazioni, si ha in questo caso condizioni di sbarramento (stau).

Con correnti da Sud-Ovest o da Sud, le precipitazioni interessano le Alpi dal Ticino fino al Friuli.

Con correnti da Sud-Est, se la corrente perturbata si sposta sull'Adriatico, sono perlopiù colpite le Prealpi Venete e quelle Carniche.

Geograficamente le precipitazioni maggiori cadono dove la corrente umida subisce il maggior sollevamento contro i rilievi, ovvero dove questa investe ad angolo retto l'ostacolo e dove la geografia propone un imbuto morfologico.

Tipico esempio sono appunto le Prealpi Venete, Carniche e Giulie, che formano un vicolo chiuso per le correnti provenienti da Sud.

Se a ciò aggiungiamo un'alta instabilità atmosferica come tipicamente accade nel periodo estivo, oppure un grande apporto di umidità come in autunno, quando il Mediterraneo è ancora caldo, mentre il continente si sta già raffreddando per la differenza di calore specifico dei due mezzi, ecco quindi che si verificano le precipitazioni di massima intensità.

Come già prima affermato in contrapposizione alla condizione di sbarramento con correnti provenienti da Sud, si ha con correnti da Nord il fenomeno del Fohn, ovvero nel suo passaggio sulle Alpi, l'aria perde la sua umidità principalmente sui primi contrafforti che incontra a settentrione, risultando una volta al di qua delle Alpi secca cristallina, e soprattutto più calda, ripulendo la pianura Padana da nebbie e causando in montagna pericolose situazioni di valanghe e slavine.

Cerchiamo ora di inquadrare brevemente quali fattori locali rendono questa catena così interessante sotto il punto di vista climatico.

In primis senza altro vi è lo scambio di aria tra zona montana e zona padana, ovvero tra Prealpi e l'alto Adriatico (il monte Baldo è ai limiti della zona di influenza dell'effetto mitigatrice del mare).

La seppur ridotta esposizione della montagna alla pianura, a causa del suo particolare orientamento, determina condizioni localmente diverse nei confronti di altitudini eguali

rispetto alle più interne regioni alpine, con vistosi effetti sulle temperature e anche sulle precipitazioni, sia in quantità che sul loro carattere.

Altri scambi tra pianura e montagna si devono a vanti locali che spirano in condizioni di tempo stabile: quello proveniente da Sud Sud-Est si manifesta nelle ore più calde del giorno e per tutto il pomeriggio che attraversando tutta la Valle dei Laghi arriva a Nord di Trento prende il nome di Ora del Garda; quello proveniente da Nord e che spira nelle ore della mattina prende il nome di Sover. Esiste inoltre a Nord un vento che spira tra la Valle del Sarca e l'Altissimo e prende il nome di Baliv.

Data la disposizione meridiana della montagna, che divide in due la rosa dei venti, fa sì che sia subito segnalata la condizione prevalente a seconda che le nubi stiano sul versante orientale o su quello occidentale.

Quando le formazioni nebulose stanno ad Ovest, come se salissero dal lago, significa aria umida da Ovest, allora il tempo tende a peggiorare, mentre quando stanno ad Est, allora significa aria umida da Sud-Est, condizione dovuta agli apporti di aria calda umida di origine adriatico-padana che danno luogo a notevoli termiche.

In media all'anno si verificano dai 20 ai 40 temporali, in relazione con la quota, e quelli più violenti (come vuole il detto popolare sono quelli dal lago) sono dovuti ad infiltrazioni di aria umida da Ovest.

Per quanto riguarda le temperature, sul Baldo sono soggette a fortissime variazioni; il contrasto è molto marcato sul versante benacense spostandosi dal livello del lago e salendo di quota verso le cime più elevate.

Sulla sponda gardesana la presenza del lago, vero e proprio volano termico con funzione termoregolatrice rilevante, determina medie sensibilmente diverse rispetto al versante atesino.

I valori termici medi annuali in riva al lago si attestano approssimativamente sui 13° con medie nel mese di gennaio di 3°, mentre nel mese di luglio si registrano medie di circa 23°.

Si può notare che sul versante orientale della montagna i valori estivi si alzano di qualche grado mentre si abbassano quelli invernali, come tipicamente accade in un clima di tipo continentale della regione padana, non arrivando da questa parte l'effetto mitigatrice del lago.

A 900 metri di altezza si hanno medie annue di circa 9°, con valori in gennaio di poco superiori ai 2° e quelli in luglio di poco inferiori ai 19°.

Tali valori possono però mutare anche di 1-2° spostandosi dal versante meridionale a quello settentrionale, per la diversa esposizione agli influssi di origine padana. A 1200 metri di quota le medie annue sono di poco superiori a 8°, con le medie di gennaio pari a 1° e quelle di luglio.

A 1900-2000 metri le medie si abbassano a 5°, con valori in gennaio di circa -4° e medie di luglio di 14°. Anche a quote così elevate le medie variano notevolmente spostandosi sulla montagna da Sud verso Nord, e passando dal versante orientale a quello occidentale.(Turri 1999)

1.3.1 LE PRECIPITAZIONI

Particolare attenzione prestiamo al regime pluviometrico della zona, dato che ciò sarà oggetto di trattazione di questo elaborato.

Il Turri (Il Monte Baldo, Cierre edizioni 1999) fa notare che come per le temperature a livelli altitudinali elevati si hanno forti escursioni anche nelle precipitazioni, sia in quantità che nella loro distribuzione annuale.

Nella parte più elevata del Baldo, le precipitazioni estive si sommano a quelle più generali del tempo in tutta la zona prealpina veneto-lombarda.(Turri 1999)

Più in basso le precipitazioni risentono del tipico regime padano, con povertà di apporti estivi. Sulla sponda gardesana le precipitazioni annue, rilevate dalle stazioni pluviometriche di Lazise, Malcesine, e Riva nel corso di 15 anni, si aggirano sui 950-1000 mm annui, con massimi nei mesi primaverili e autunnali (350-400 mm in tre mesi). Sul versante Sud orientale secondo i dati di caprino veronese, la quantità annua è all'incirca uguale, però qui le precipitazioni estive sono qui più elevate.

A Spiazzi (presumibilmente i dati si riferiscono al trentennio 1921-1950) le precipitazioni annue aumentano, siamo a 900 m di altitudine, a 1300 mm; valori del tutto simili si registrano a Brentonico ma a soli 670m, ciò a causa della vicinanza di questo all'area lessinica, dove si hanno precipitazioni complessivamente più elevate rispetto alla zona baldense, data l'orientazione della catena che provoca condizioni di sbarramento più marcate. (Turri 1999)

Sul versante occidentale, al riparo dalle correnti da Sud-Est, si hanno alle stesse altitudini precipitazioni minori che sul versante orientale. (Turri 1999)

Un recente lavoro dell'Ing. Michele Costa (Caratterizzazione meteorologico-climatica della catena del Monte Baldo, tesi di laurea, anno accademico 2004/2005) ha dimostrato come in linea generale il versante orientale del Baldo sia soggetto a precipitazioni leggermente più abbondanti rispetto a quello benacense. Tali risultati sono dovuti a seguito di un'analisi di dati dal 1994 al 1998.

I risultati più significativi si hanno purtroppo solo per stazioni a quote medio basse, ovvero per Bardolino su lato benacense a 165 m, per Dolcè a 105 m e Ala a 160 m dal lato atesino.

Le stazioni di Polsa (1301 m) e Monte Baldo (1751 m) non sono state ritenute significative, la prima per una notevole mancanza di dati nell'arco degli anni, la seconda per il fatto che la stazione non è dotata di pluviometro bensì solo di nivometro, ottenendo quindi solo un'informazione circa il manto nevoso e tralasciando tutti i dati di pioggia.

Detto ciò per Bardolino si è registrata una media annua di 800 mm, per Dolcè ed Ala rispettivamente 887 e 835 mm.

Come si vede le conoscenze pluviometriche sul Baldo sono piuttosto scarse e sommarie, ecco giustificato l'analisi di dati sulle stazioni di San Zeno e Malcesine sul versante del lago, e Spiazzi verso la Valle dell'Adige, per un'arco di tempo di 25 anni, con una completa sovrapposizione delle serie per

CAPITOLO 2

Sommario

In questo capitolo vengono descritte le fasi del recupero dei dati, la localizzazione delle stazioni pluviometriche e la correlazione tra gli stessi.

ORIGINE DEI DATI

2..1 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE



Figura 1.1: localizzazione delle tre località oggetto di studio

Le stazioni prese in esame nel presente lavoro sono situate nei comuni di San Zeno di Montagna e Malcesine sul lato del Garda, e Spiazzi sul versante atesino.

Le tre stazioni erano parte della rete di misura di grandezze meteorologiche del Servizio Idrografico. In particolare le stazioni di San Zeno e Malcesine (come anche Riva) facevano capo al Magistrato delle Acque del Po, con sede a Parma, mentre

Spiazzi ricadeva nell'asta dell'Adige, quindi sotto l'ufficio di Venezia, poiché le sue acque tramite il torrente Tasso sono immissari dell'Adige stesso.

Vengono di seguito riportate coordinate (Gauss-Boaga espresse in chilometri) e le quote delle tre stazioni:

- San Zeno di Montagna 583 m.s.l.m
 - Malcesine 90 m.s.l.m
 - Spiazzi 930 m.s.l.m
-
- San Zeno coord Est: 1634523 coord Nord: 5056878
 - Malcesine coord Est: 1640488 coord Nord: 5069269
 - Spiazzi coord Est: 1644646 coord Nord: 5056221

Le tre stazioni sono state scelte in modo da avere una rappresentazione significativa di diversi microambiti climatici della zona in questione poiché sono localizzate a quote diverse e a diverse latitudini oltre ad essere poste sui due versanti della catena.

Come spesso è accaduto l'interesse nella rilevazione delle grandezze meteoriche ha assunto una sua stabilità nei primi decenni del secolo scorso. Le tre stazioni risalgono appunto a tale datazione. In particolare la prima stazione ad essere installata è stata Malcesine nel 1911 seguita ad un anno di distanza da San Zeno di Montagna. L'ultima installazione in senso temporale è stata Spiazzi nel 1923.

Anche la fine della campagna di raccolta dati avviene in tempi diversi. Spiazzi viene smantellata nel 1975, Malcesine nel 1978 e per ultima San Zeno nel 1981. E' evidente che in questa sede per avere tre serie uniformi si sono presi i dati delle stazioni dal 1950 al 1974 compreso.

2.2 DATI UTILIZZATI

Nella seconda metà del 1900 gli enti che si occupavano della raccolta di dati meteorologici hanno subito modifiche sostanziali. Fino al 1975 circa il lavoro era effettuato dai cosiddetti Servizi Idrografici: in particolare la zona di interesse del presente lavoro era sotto il controllo del Servizio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia per la parte orientale del Baldo e del Servizio Idrografico del Po' per la parte occidentale. Dagli anni '80 queste competenze sono passate nelle mani delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente, rappresentato da un unico ente per tutto il territorio baldense veronese.

Le informazioni a nostra disposizione consistono nei valori giornalieri di precipitazione per tutte e tre le stazioni per un arco temporale che va da gennaio 1950 a dicembre 1974, periodo quindi di gestione ad opera dei Servizi Idrografici. Si hanno inoltre i totali di precipitazione mensili e annuali. Per le stazioni di San Zeno di Montagna e Malcesine si hanno anche i valori massimi raggiunti in un tempo di 1,2,3,4,5 giorni consecutivi, e informazione anche sul manto nevoso.

Per la stazione di Spiazzi questi valori sono stati da noi calcolati.

E' da notare che purtroppo non si hanno informazioni sugli eventi estremi, come gli scrosci, ordinati per vari tempi di pioggia, con l'impossibilità quindi di effettuare un lavoro tipicamente di stampo idrologico, come la ricerca delle curve di possibilità pluviometrica (tramite metodo di Gumbel), sugli eventi brevi, quindi tipicamente intensi, e un confronto sulle stesse.

In caso le curve segnalatrici dovranno essere calcolate sui massimi presenti e sopra citati.

La mancanza di dati è dovuto anche al tipo di strumentazione installata che prevedeva la misurazione manuale e giornaliera dell'acqua presente nel raccoglitore, perdendo quindi tutta quella che è l'informazione sul tempo di pioggia.

I dati per quanto riguarda la stazione di San Zeno di Montagna e di Malcesine sono stati recuperati sotto forma di immagini digitali dagli Annali idrologici del fiume Po custoditi presso l'Ufficio Dighe del Servizio Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Trento.

I dati di Spiazzi, come anche quelli di Riva del Garda per i confronti del caso, sono stati invece scaricati dal sito dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio), provvisorio, in quanto opera del progetto Annali (costituisce un'opera di raccolta dati estesa di grandezze meteorologiche a livello nazionale) ente questo sotto l'egida del CNR,

Nostro lavoro è stato, oltre quello di recuperare queste informazioni pluviometriche, di digitalizzare tali dati e farne una analisi statistica (molto semplice peraltro per i motivi sopra descritti) comparativa.

Premesso ciò sembra necessario fare alcune considerazioni sui dati venuti a nostra disposizione.

Per prima cosa si sono riscontrati negli annali grossolani errori di somma nel calcolo dei totali mensili sia per le stazione di San Zeno sia per quella di Spiazzi.

Nella stazione di Spiazzi si riscontrano frequentemente incertezze sul numero dei giorni di pioggia: in particolare nell'agosto del 1952 ne vengono riportati sei ma l'Annale nei valori giornalieri dà solo con "certezza" il valore di due, mentre il dato per gli altri quattro è non pervenuto, mancando di conseguenza totalmente il dato sul totale mensile.

Ancora, nelle tabelle riportanti i massimi con diversa durata spesso si riscontra diversi modi di dare significatività al dato, non tanto per le quantità, che come verrà detto in seguito vengono prese come assodate (e in questo lavoro non controllate per la mancanza di tempo), ma per l'informazione sulla durata della pioggia. A volte infatti a fronte di un quantitativo totale che non varia dopo il secondo, la durata dell'evento viene data arbitrariamente a volte di cinque giorni a volte di due.

Di per sé la cosa non è assolutamente rilevante ai fini del calcolo in quanto si riesce senza alcuna difficoltà a quantificare la durata dell'evento in questione (con precisione al massimo di un giorno) però indica una mancanza di omogeneità nel riportare i dati negli Annali, mancanza che peraltro può far nutrire riserve sulla veridicità di alcuni valori.

A titolo informativo si annota la possibilità di un cambio di posizione della stazione di Malcesine tra il 1950 e il 1951.

Il sospetto è dovuto dal fatto che nel 1950 la stazione era posta a 70 m sul livello del mare, mentre l'anno dopo la quota viene attestata a 90 metri; in più si nota anche la variazione nella denominazione dello strumento: da un iniziale pluviometro gli anni successivi viene segnalato un pluviometro normale.

Nonostante questo dubbio (visto che di dubbio si tratta e non di certezza), i dati dell'anno sono stati comunque considerati anche per non avere fallanze nelle tre serie storiche.

Gli anni 1950 per le stazioni di San Zeno di Montagna e Malcesine inoltre riportano solo i totali mensili e mancano completamente dei valori giornalieri.

Dato che per questo anno la risoluzione massima arriva al mese manca da parte nostra la possibilità di evidenziare e correggere eventuali valori viziati di qualche errore umano, che spesso come detto, prima si è trovato nelle altre serie storiche.

Ad oggi le tre stazioni non esistono più, e i tre nominativi di coloro che gestivano l'installazione non sono stati rintracciabili (probabilmente anche perché deceduti), quindi non possiamo avere un'idea dell'accuratezza e metodica con cui venivano raccolti i dati, tanto meno della posizione della stazione (l'Annale riporta le coordinate

Gauss-Boaga ma rintracciarle sul territorio la cosa è risultata alquanto ostica e forse anche inutile dato che si dovrebbe svolgere l'indagine su una planimetria di trent'anni fa e non su quella odierna).

Ciò implica di non poter verificare se la stazione per la presenza di qualche ostacolo potesse sovra o sottostimare l'evento, portandoci a conclusioni non veritiere del fenomeno analizzato.

La difficoltà di operare su serie storiche che non arrivano ai nostri giorni sta proprio in queste molteplici incertezze. Oltretutto per la mancanza di tempo non sono stati effettuati test statistici per l'eliminazione dei dati aberranti, ne consegue che questi siano stati utilizzati in toto, come riportati negli Annali, considerandoli in un certo senso esatti anche se la cosa può dar adito a critiche.

2.3 CORRELAZIONE DEI DATI

Basilare punto di partenza, dopo una sommaria discussione circa la bontà dei dati acquisiti, è senz'altro lo studio del grado di correlazione degli stessi.

Il coefficiente di correlazione è una grandezza adimensionale data dalla formula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \mu_x)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^k (y_i - \mu_y)^2}}$$

con: x_i = valore i-esimo della prima stazione

μ_x = media dei valori della prima stazione

y_i = valore i-esimo della seconda stazione

μ_y = media dei valori della seconda stazione

dove si può riconoscere al numeratore la covarianza, momento statistico multiplo del primo ordine:

$$s(x, y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

mentre al denominatore si ritrovano gli scarti quadratici medi delle due grandezze prese in esame, quindi la radice quadrata della loro varianza:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2}$$
$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)^2}$$

potendo in generale riscrivere il coefficiente di correlazione come:

$$r = \frac{s(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Il valore assoluto di tale coefficiente può essere compreso tra 0 ed 1 e misura in qualche modo quanto sia stretto il legame tra i valori della x ed i corrispondenti valori della y nei due campioni.

Dalle relazioni sopra espone si può facilmente notare come il coefficiente di correlazione di una qualsiasi variabile aleatoria con se stessa sia uguale ad uno.

I coefficienti di correlazione, relativi ad un certo campione di n variabili casuali, si riuniscono, come del resto anche le covarianze, in una matrice simmetrica in cui tutti i termini della diagonale principale sono uguali ad uno.

Nel nostro caso il coefficiente di correlazione è stato calcolato tra le tre stazioni prese in esame, (quindi San Zeno di Montagna, Spiazzi, Malcesine), sulle altezze di precipitazioni totali calcolate su tre differenti scale temporali:

- Mese
- Stagione
- Anno

Al fine di una miglior comprensione del significato di tale coefficiente si ricorda che riportando su un piano cartesiano di coordinate x,y una serie di dati aventi come ascisse le altezze di precipitazione di una stazione, e, come ordinate le altezze di precipitazione dell'altra presa in esame per il calcolo, più il coefficiente si avvicina ad uno e più i punti tenderanno ad allinearsi su una retta. Dato che l'espressione del coefficiente di correlazione è formalmente quella del calcolo di un coefficiente angolare, si può tranquillamente affermare che tanto più r_{xy} si avvicina ad uno tanto più i punti tenderanno a disporsi lungo la bisettrice del piano (con pendenza appunto uno).

In generale i coefficienti di correlazione presumibilmente saranno funzione delle distanze planimetriche e in misura maggiore di quelle altimetriche per questo motivo prima di riportare i valori dei coefficienti diamo le distanze chilometriche e dislivelli in quota delle tre stazioni. Riportiamo a seguito le distanze chilometriche (in linea d'aria) e i dislivelli tra le tre stazioni:

San Zeno-Spiazzi: distanza 9,33 km dislivello 347 m
 San Zeno-Malcesine: distanza 15,35 km dislivello 493 m
 Spiazzi-Malcesine: distanza 13,35 km dislivello 840 m

Riportiamo di seguito le matrici dei coefficienti di correlazione divise per diverso spazio temporale:

- Mese

| | San Zeno | Spiazzi | Malcesine |
|-----------|----------|---------|-----------|
| San Zeno | 1 | 0,83 | 0,73 |
| Spiazzi | 0,83 | 1 | 0,75 |
| Malcesine | 0,73 | 0,75 | 1 |

Tabella 2.1: coefficienti di correlazione su scala mensile

- Stagione

| | San Zeno | Spiazzi | Malcesine |
|-----------|----------|---------|-----------|
| San Zeno | 1 | 0,85692 | 0,72936 |
| Spiazzi | 0,85692 | 1 | 0,7422 |
| Malcesine | 0,72936 | 0,7422 | 1 |

Tabella 2.2: coefficienti di correlazione su scala stagionale

- Anno

| | San Zeno | Spiazzi | Malcesine |
|-----------|----------|---------|-----------|
| San zeno | 1 | 0,80 | 0,67 |
| Spiazzi | 0,80 | 1 | 0,60 |
| Malcesine | 0,67 | 0,60 | 1 |

Tabella 2.3: coefficienti di correlazione su scala annuale

Il calcolo su diverse scale temporali non significa altro che si è operato una aggregazione di dati e se ne è nuovamente calcolato la correlazione.

Come si può notare dall'entità dei risultati ottenuti i valori di correlazione sono discretamente elevati.

La correlazione massima si ha per San Zeno-Spiazzi sia sul mese che sulla stagione e sull'anno.

Si sono calcolate le distanze in linea d'aria tra le diverse località e si è scoperto per l'appunto che la distanza minima (San Zeno-Spiazzi circa 9,9 km) rispecchia anche l'indice di correlazione più elevato.

Cosa che può sembrare strana è il fatto che San Zeno e Spiazzi pur avendo il coefficiente più elevate in tutti e tre i casi, siano disposte su versanti diversi della montagna: ovvero da questa breve analisi dei dati sostanzialmente sembra che le precipitazioni in questa zona siano una variabile marcata dello spazio se ci si sposta da Sud verso Nord piuttosto che da Est verso Ovest.

Spiegazione plausibile potrebbe essere che, essendo il Baldo una catena con orientazione Sud-Nord, alle perturbazioni proveniente direttamente da Sud esso non costituisce un ostacolo da instaurare forti condizioni di sbarramento nella piana di Caprino, ma costituisce una prua di una nave che idealmente divide in due il fronte lasciandolo interessare entrambi i versanti.

Inoltre all'altezza di San Zeno e Spiazzi la montagna non presenta certo le sue cime più elevate, è quindi plausibile che perturbazioni provenienti dai sestanti di Sud-Est o Sud-Ovest, riescano in qualche modo a scavalcare la catena ed andare ad assoggettare l'altro versante.

Passando da mese a stagione ed in seguito all'anno si nota come i coefficienti abbiano la tendenza a diminuire, con l'eccezione ancora una volta di San Zeno-Spiazzi che sui totali stagionali mostra un aumento del coefficiente di correlazione indice di una stagionalità sulle precipitazioni con caratteristiche molto simili o pressoché uguali come vedremo in seguito. Tolta questa eccezione i motivi ipotizzabili di questa diminuzione potrebbero essere la progressiva diminuzione dei dati nella serie.

L'"instabilità" dei coefficienti di correlazione di San Zeno-Malcesine e Spiazzi-Malcesine fa pensare ad un comportamento di questa ultima stazione diverso dalle altre due, per cui in seguito sarà giustificato il confronto con dati di altre stazioni geograficamente simili (Riva del Garda, Torbole).

Risulta indispensabile notare che valori non elevati di r non sono solo imputabili alle distanze planimetriche, ma anche a quelle altimetriche, dato che le tre stazioni in questo senso non sono sicuramente omogenee.

In particolare il coefficiente più elevato lo ritroviamo nelle due stazioni che hanno ordini di altezze confrontabili (anche se il loro dislivello risulta comunque consistente, causa che forse spiegherebbe il non elevatissimo valore di r), mentre tra San Zeno-Malcesine e Spiazzi-Malcesine le distanze planimetriche e altimetriche pesano troppo sui dati, a scapito quindi di r , a dimostrazione della forte

San Zeno e Spiazzi si trovano sul versante della montagna ed in quota, mentre Malcesine si trova sulla sponda verso la parte settentrionale del lago, caratteristiche queste più accumulabili a Riva o Torbole, per questo si sono calcolati anche i coefficienti di correlazione Malcesine-Riva.

| | correlazione malcesine riva |
|----------|-----------------------------|
| mese | 0,82 |
| stagione | 0,83 |
| anno | 0,81 |

Tabella 2.4: correlazioni su diversa scala tra le stazioni di Malcesine e Riva



Figura 2.2: inquadramento geografico delle stazioni di Malcesine e Riva

Come già detto la correlazione può essere ben rappresentata da dei grafici a dispersione xy , per vedere quanto i punti si addensino lungo la bisettrice del quadrante. Vengono quindi riportati solo alcuni esempi più significativi di detti grafici mentre gli altri sono consultabili in appendice A

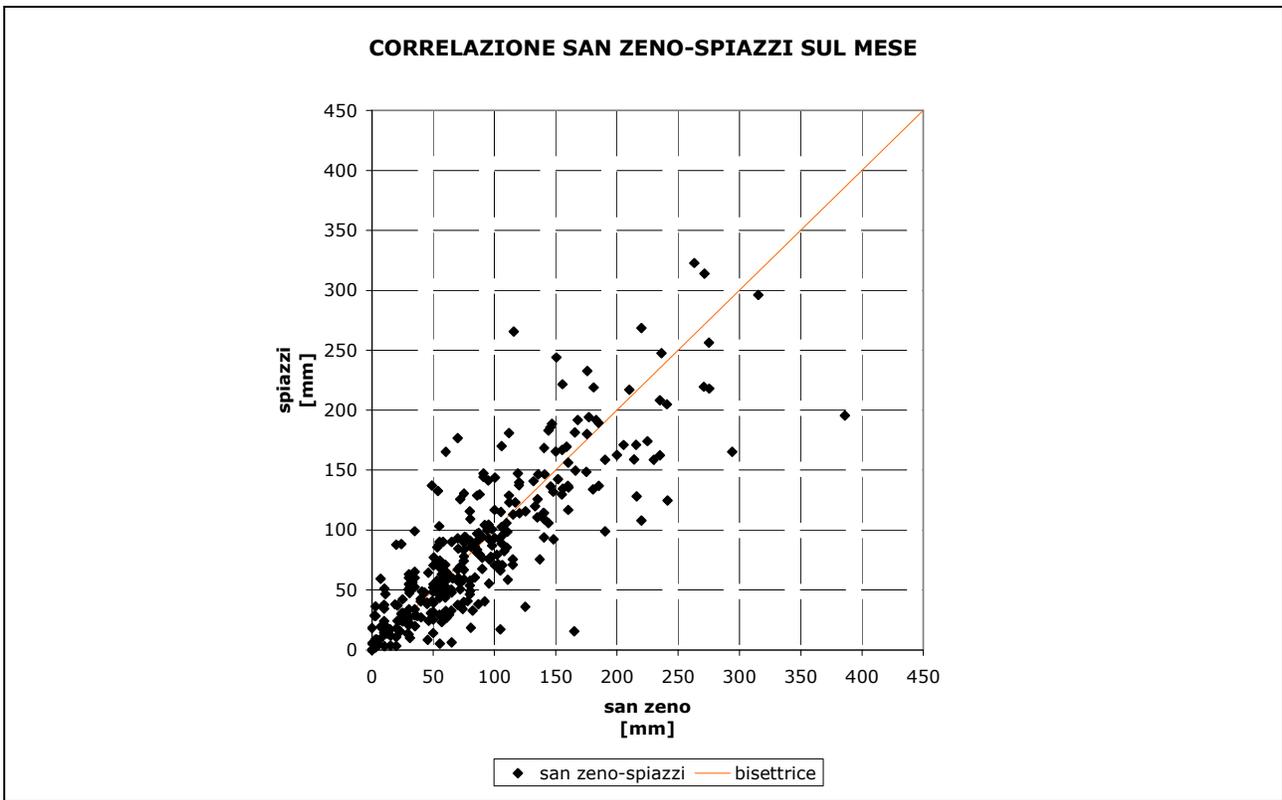


Figura 2.3: plot della correlazione su scala mensile tra le stazioni di San Zeno e Spiazzi

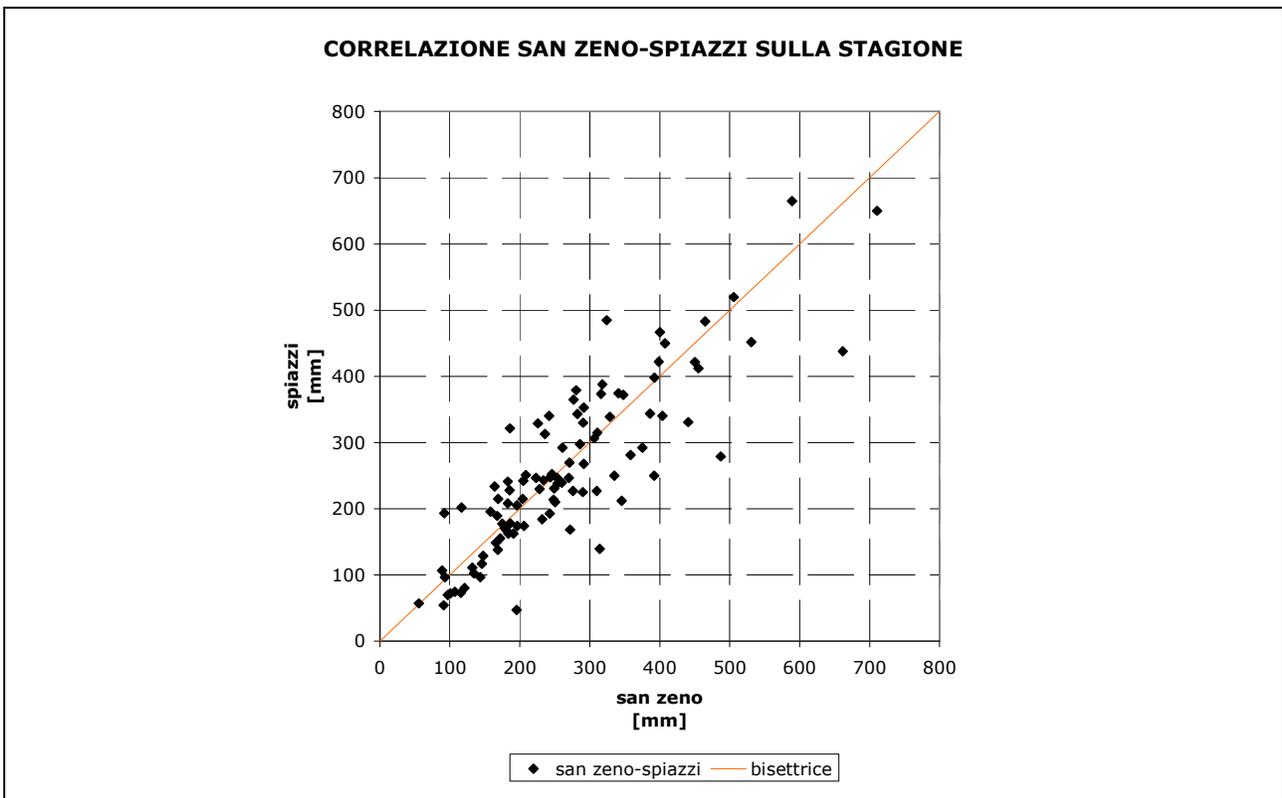


Figura 2.4: plot della correlazione su scala stagionale tra le stazioni di San Zeno e Spiazzi

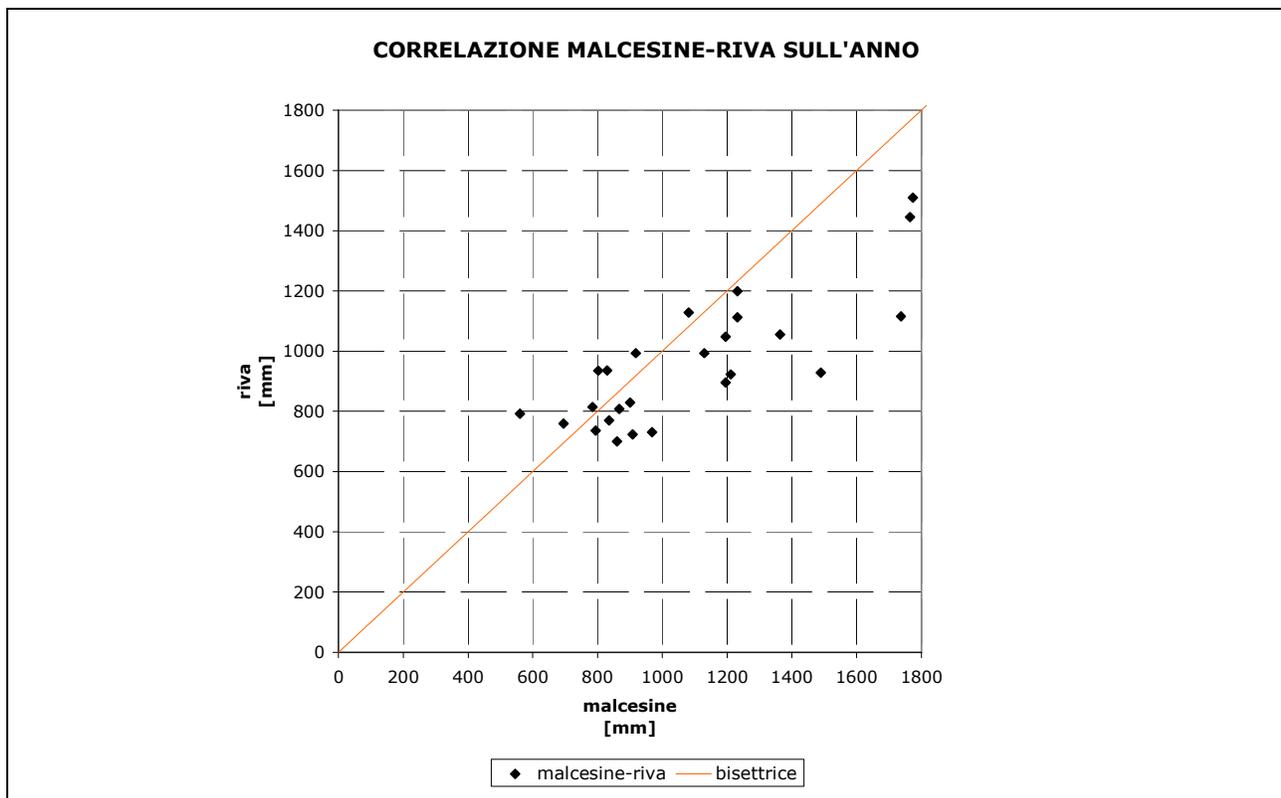


Figura 2.5: plot della correlazione su scala annuale tra le stazioni di Malcesine e Riva.

Alcune osservazioni: vale forse la pena mettere in discussione la bontà del valore di r , o meglio, sorge il dubbio se vi è una effettiva differenza tra San Zeno-Spiazzi o Spiazzi-Malcesine ad esempio, o se la differenza tra i due valori dei coefficienti di correlazione sia dovuta magari ad episodi occasionali, particolarmente pesante, e che, scartati questi, i valori tendano ad avvicinarsi.

Viene il dubbio che prima di eseguire un'analisi del genere, sarebbe stato il caso di eseguire dei test statistici al fine di eliminare i dati aberranti, ma come già detto in apertura il tempo limitato a disposizione non ha permesso di farlo. Premesso ciò, quello che in conclusione possiamo osservare dai valori ricavati è che per quanto riguarda le stazioni di San Zeno e Spiazzi sembrerebbero (usiamo il condizionale) assoggettate a fenomeni uguali o quanto meno simili, mentre Malcesine, molto più a Nord, i possiamo affermare che presenti molte analogie con la stazione di Riva del Garda, in territorio trentino.

Ricordiamo che Riva non è una stazione oggetto di studio ma solo un campione di confronto per le particolarità presentate da Malcesine.

Da una sommaria osservazione dei valori giornalieri delle stazioni possiamo ipotizzare che:

- Mediamente le stazioni di San Zeno di Montagna e Spiazzi abbiano forti contributi da fenomeni convettivi temporaleschi tipicamente estivi
- La stazione di Malcesine presenta numerosi eventi nel periodo autunnale, cosa che fa pensare a una precipitazione governata da fenomeni frontali accentuati da un fenomeno di up-lift dovuto dalla conformazione del territorio, caratteristica che la accomuna alla stazione di Riva, mentre la distanza dalle altre due.

CAPITOLO 3

Sommario:

Nel seguente capitolo vengono analizzati in maniera approfondita i dati a nostra disposizione, sotto diverse scale temporali.

ANALISI DEI DATI

STRUMENTI STATISTICI E DEFINIZIONI

Prima di proseguire con l'analisi dei dati sembra indispensabile fare un cenno su alcuni strumenti statistici utilizzati (oltre al già discusso coefficiente di correlazione), e sulle definizioni di alcune grandezze che in parte abbiamo già nominato.

Generalmente i valori di un campione disposti in ordine di grandezza (crescente o decrescente) si addensano in classi che occupano una posizione più o meno centrale; per questo motivo in statistica è molto utile quantificare questa tendenza tramite appositi parametri che vengono detti appunto di tendenza centrale.

Tra questi parametri sicuramente il più famoso e da noi utilizzato è la media aritmetica, definita dalla relazione:

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

con x_i = valore i-esimo del campione

n = numero di valori costituenti il campione.

Oltre alle misure di tendenza centrale sicuramente importante sono le misure di dispersione del campione tra cui le più importanti sono la varianza e lo scarto quadratico medio di cui diamo brevemente le definizioni:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2$$

dove nuovamente: x_i = valore i-esimo del campione

n = numero di valori costituenti il campione

μ_x = valor medio del campione.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2}$$

da cui si vede subito molto bene che lo scarto quadratico medio non è altro che la radice quadrata della varianza del campione.

Spesso di un campione si guarda anche la sua ampiezza. Si definisce ampiezza di un campione la differenza tra il più grande e il più piccolo dei valori di cui è costituito (Maione-Moisello 1980)

Queste sono brevemente le grandezze statistiche che si useranno per dare una certa significatività alla serie di dati raccolti ed elaborati.

Diamo ora le definizioni di:

- **Giorno di pioggia:** giorno in cui è stata misurata un'altezza di precipitazione uguale o superiore al millimetro.
- **Altezza di precipitazione:** quoziente del volume di acqua raccolta nel pluviometro, compresa eventualmente la neve sciolta per l'area della superficie orizzontale dell'imbuto raccoglitore. (sez.B pluviometria, annale idrologico ufficio di Venezia)
- **Valori totali giornalieri:** altezze di pioggia registrate (in questo caso manualmente dall'operatore) su un lasso temporale di un giorno.
- **Valori totali mensili:** altezze di pioggia registrate su un lasso temporale di un mese, ottenute come grandezze cumulate dei valori giornalieri.
- **Valori totali stagionali:** altezze di pioggia registrate in un lasso temporale di una stagione. La stagione non è propriamente intesa nel senso più comune della parola (ovvero identificata dai comuni solstizi e equinozi). Nel campo meteorologico si definisce stagione l'unione temporale di tre mesi completi; in particolare identifichiamo con inverno l'insieme dei mesi di: dicembre, gennaio, febbraio. Con primavera i mesi di: marzo, aprile, maggio; estate: giugno, luglio, agosto ed infine autunno con: settembre, ottobre e novembre. I valori stagionali sono ottenuti come aggregazione di dati mensili
- **Valori totali annuali:** altezze di pioggia registrate nell'arco di un anno ottenute come aggregazione dei dati mensili

3.1. ANALISI DEI TOTALI ANNUI

L'obiettivo perseguito nel seguente capitolo è osservare come evolve la situazione dei quantitativi totali di pioggia sempre nella serie storica del 1950-1975, nelle stazioni di San Zeno, Spiazzi e Malcesine.

Dapprima daremo uno sguardo ai totali annuali i dando in sintesi i valori delle altezze di precipitazione e dei giorni di pioggia, con una breve discussione avvalendoci dei concetti di media, deviazione standard, ampiezza e media mobile.

Come è noto i totali annuali come i totali mensili sono dati aggregati dei valori giornalieri.

Arriveremo quindi ai totali annuali per tutti gli anni della serie tramite le grandezze cumulate ovvero la somma giorno per giorno dei quantitativi caduti.

Le quantità cumulate danno inoltre un'indicazione sui totali parziali caduti da inizio anno fino al momento in cui si sono calcolate.

Dalle venticinque cumulate totali si sono ricavate poi la cumulata media, che avrà giorno per giorno il valore medio dei venticinque valori dello stesso giorno.

Ovvio che il valore finale della cumulata media dovrà coincidere con la media dei totali annui.

La varianza è stata calcolata come la differenza tra la cumulata annuale e la cumulata media, da definizione. E' da precisare che mentre la definizione prevede che di un campione se ne faccia la media e questa venga sottratta ad ogni valore del campione, qui la media è quella di un campione costituito da tutti i valori delle venticinque cumulate, e, viene sottratta ad ogni valore di una singola cumulata.

Per via di questa imprecisione il valore non avrà una precisione rigorosa ma è comunque in grado di fornire una buona indicazione sulla deviazione delle cumulate dalla media.

Come ci si aspettava vedremo che le cumulate che presentano i massimi valori di varianza siano gli anni in cui si sono verificati gli estremi, minimi o massimi; l'indicatore avendo nella definizione un elevamento al quadrato ha solamente segno positivo quindi lo stimatore viene massimizzato dal modulo della deviazione dalla media.

In una seconda fase si valuterà l'andamento complessivo delle grandezze per l'intervallo di tempo in questione, cercando di capire anche se il periodo considerato risulti particolarmente attivo dal punto di vista precipitazionale.

A tal fine si sono ricavati gli scarti dei totali rispetto alla media e se ne è fatto la media mobile su un periodo di tre anni per vederne l'andamento in maniera particolareggiata. Per avere invece un'informazione più generale dell'intero periodo considerato si sono interpolati i diagrammi dei totali con una regressione di tipo lineare.

3.1.1.SAN ZENO

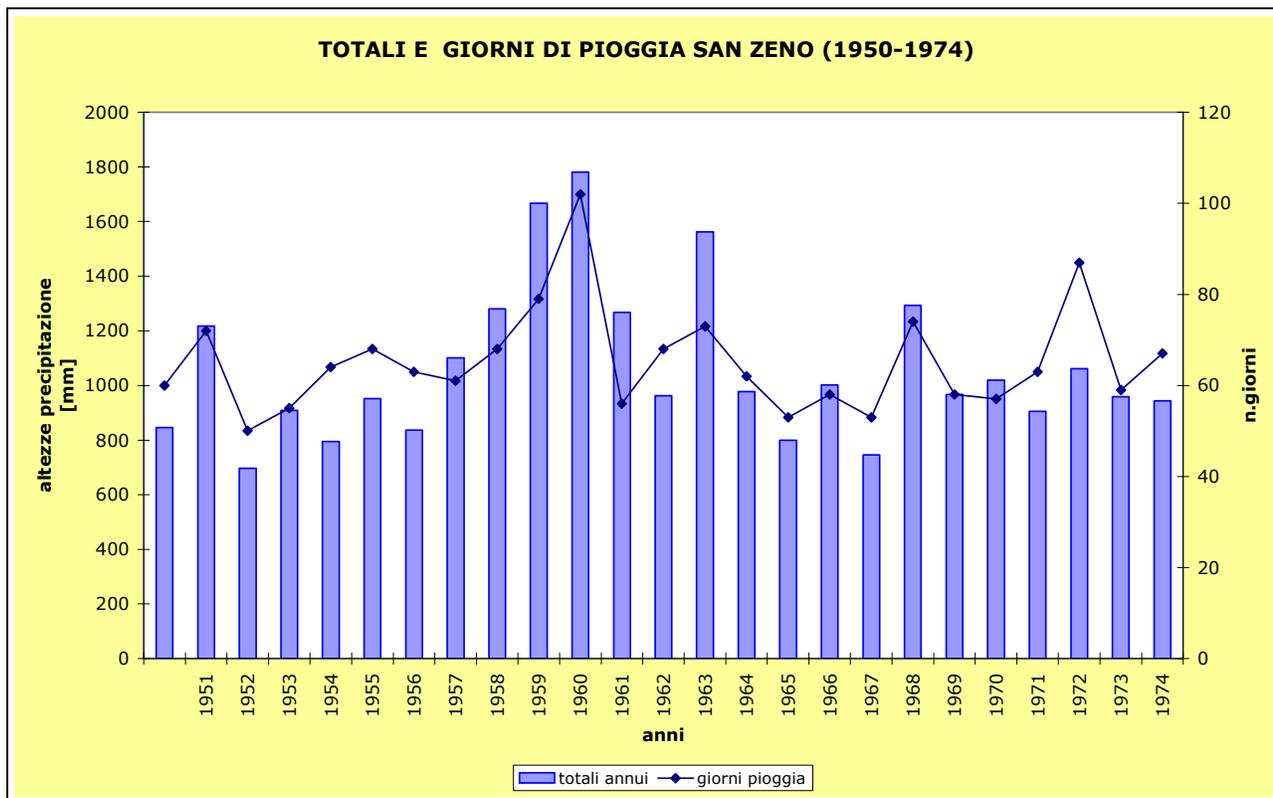


Figura 3.1: valori di pioggia annuali con relativi numeri di eventi alla stazione di San Zeno

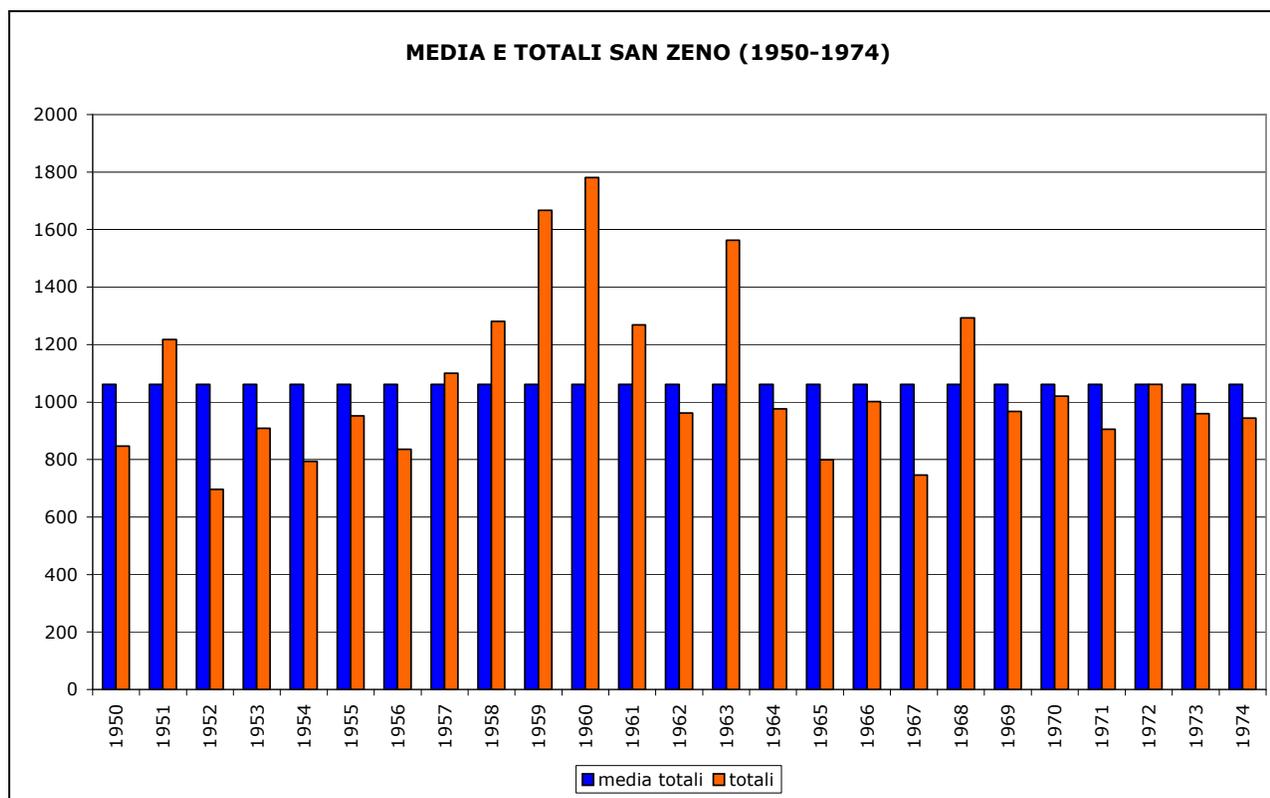


Figura 3.2: valori di pioggia annuali a confronto con la media annuale

Partendo dalla stazione di San Zeno cominciano subito proponendo una fotografia dei dati annuali riportati sugli annali, è da subito una visione d'insieme del problema.

Notiamo subito dal grafico in figura 3.1 una certa rilevanza nei quantitativi tra il 1957 e il 1963.

Altri picchi che risultano evidenti si hanno nel 1951 e nel 1968.

Altra cosa lampante è vedere come i due valori massimi si verificano in due anni consecutivi 1959,1960 con altezze di pioggia molto elevate, a superare abbondantemente i 1600 mm.

Gli anni che hanno evidenziato il maggior numero di eventi sono stati nuovamente il 1960 con oltre 100 episodi e il 1972 con 87 episodi.

A differenza del 1960 l'abbondanza di eventi per il 1972 non è stata sinonimo di rilevanti quantità di pioggia. Guardando sempre la figura 3.1 vediamo subito come nel 1959, 1963, 1968 con un numero di giorni di pioggia decisamente minori si sono avuti quantitativi nettamente superiori.

In particolare nel 1959 con 79 giorni di pioggia si è avuto il secondo quantitativo massimo di poco meno di 1670 mm.

Contando che nell'anno in questione non si sono avute precipitazioni nel mese di febbraio, e fatto salvo i mesi di gennaio e marzo dove i quantitativi sono risultati deficitari per gli altri mesi si sono riscontrate intensità di pioggia piuttosto elevate, spesso e volentieri abbondantemente sopra i 20 mm/gg, con un incremento dei valori nei mesi autunnali.

Guardando il grafico in figura 3.2, dove contro i totali annuali viene riportata la media degli stessi, si vede come gli anni che la superano sono gli ormai noti 1951, 1957-1961, 1963 e 1968. Tutti gli altri, ad eccezione del 1972 che risulta in linea con la media, ne restano al di sotto.

Ciò può dare subito un'idea della dispersione dei totali dalla loro media, che a prima vista, vedendo un andamento generale avaro di precipitazioni con cinque picchi molto intensi, si pensa piuttosto accentuata, confortata anche dal valore della deviazione standard, pari al 26% della media (circa 280 mm). Piuttosto elevata è anche l'ampiezza del campione: 1084 mm. Queste considerazioni vengono rappresentate piuttosto palesemente nel grafico in figura 3.3 dove vengono riportati gli scarti della media e l'andamento della media mobile con periodo di cinque anni.

Si osserva un primo periodo fino al 1956 dove la media mobile presenta valori marcatamente negativi. Tra il 1957 e il 1963 vi è una inversione di tendenza, ovvero nel periodo appena citato la media assume valori spiccatamente positivi, grazie agli apporti del 1959 e del 1960. Il picco massimo da questa raggiunto si colloca nel 1961, dato che la media è centrata e calcolata su un periodo di cinque anni, quindi nell'intervallo riferente all'anno indicato rientrano il 1959, 1960 e 1963 gli anni di massima piovosità. Dal 1963 in poi la linea di tendenza assume costantemente valori negativi, leggermente mitizzati dai volumi precipitati nel 1968. Per completare l'analisi sui totali annuali si è cercato di stimarne un trend per quanto possibile data la ridotta estensione della serie, solo venticinque dati, di crescita o riduzione. Utilizzando una regressione lineare si è ricavato per la stazione di San Zeno una tendenza leggermente negativa con pendenza di 0,156 mm all'anno. Facendo invece la media degli scarti tra un anno e l'altro, presi con il loro segno, si ottiene mediamente la differenza dei quantitativi tra un anno e il successivo. Per la stazione di San Zeno il valore ottenuto ha segno positivo è vale 4,06 mm/anno. Il dato non è significativo in un'ottica di caratterizzazione degli andamenti, però è curioso notare come la linea di tendenza abbia pendenza negativa mentre lo scarto medio tra un anno e l'altro abbia segno positivo. Dato che sostanzialmente questo ultimo dipende dall'intensità degli scarti stessi e notando come il numero dei picchi positivi sia limitato rispetto ai negativi si ha un'idea dell'intensità dei primi rispetto ai secondi.

Dalle osservazioni con le altre stazioni si osservato che il modulo di questo valore può rappresentare una misura della deviazione dalla media, difatti in corrispondenza di

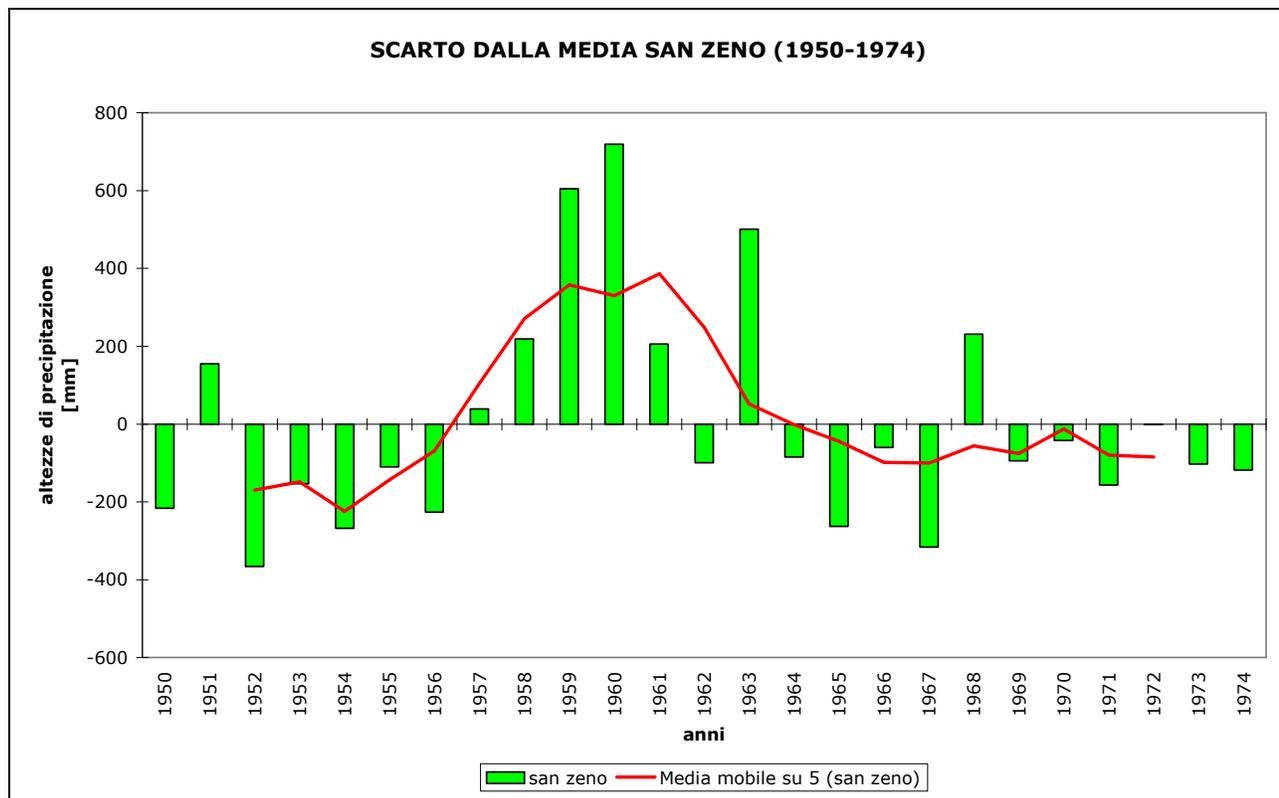


Figura 3.3: scarto dei totali annuali dalla media e media mobile per la stazione di San Zeno

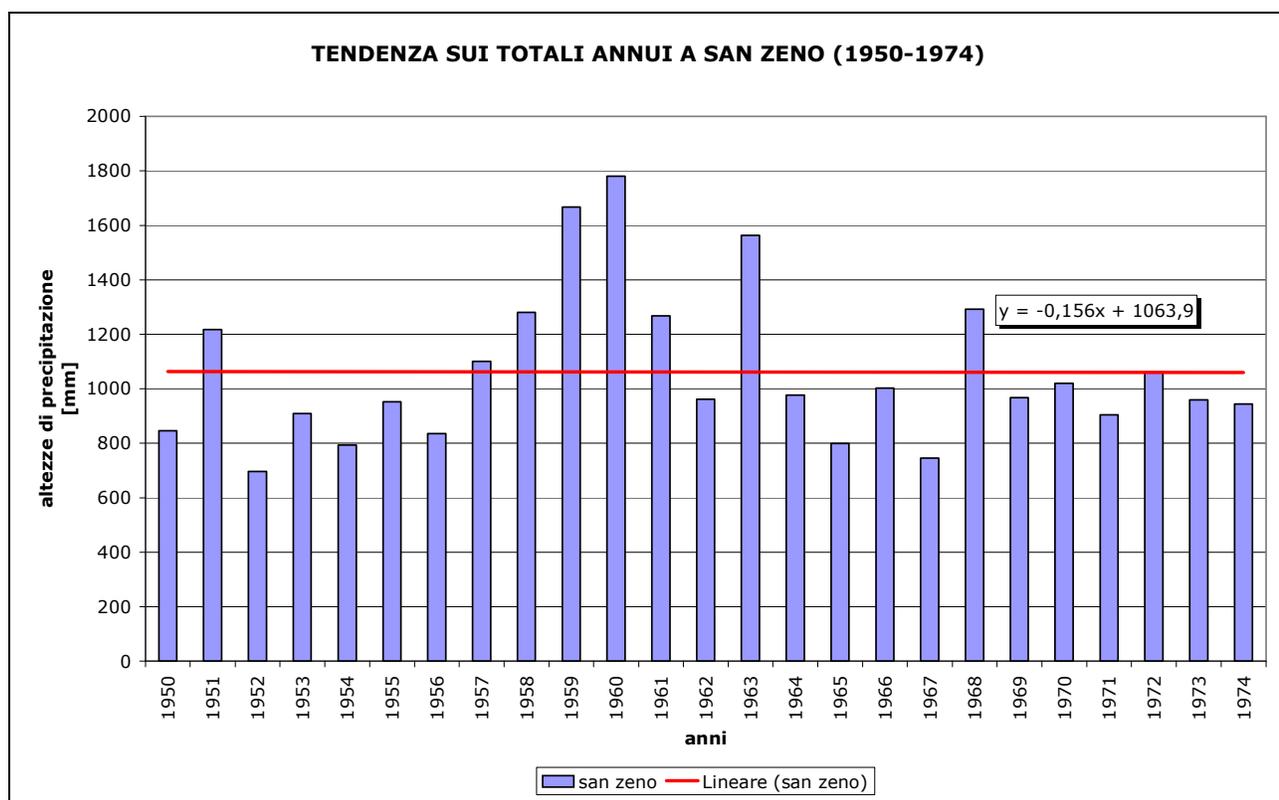


Figura 3.4: tendenza dei totali annuali nel periodo 1950-1974

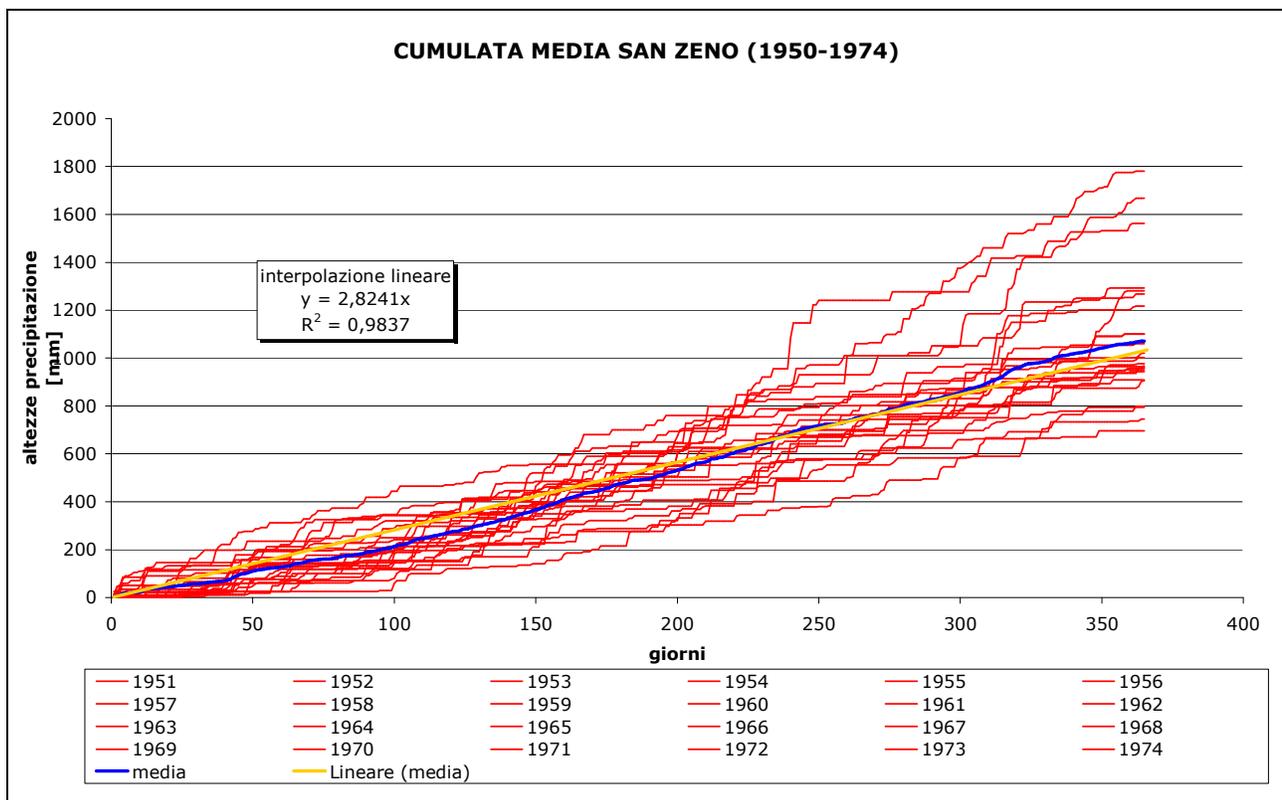


Figura 3.5: cumulate annuale con cumulata media e regressione lineare

valori più elevati del trend si ha una corrispondenza nel valore della deviazione standard.

Dal grafico 3.5 delle piogge cumulate si vede l'andamento e quindi i quantitativi nel trascorrere di un anno.

In blu è segnata la cumulata media, in cui ogni suo valore è la media dei corrispondenti delle altre 25 cumulate, che dato il suo particolare andamento si presta bene ad una regressione lineare, imponendo per ovvie ragioni fisiche l'intersezione con l'origine.

Si noti subito che la cumulata media tende ad essere schiacciata nella parte bassa del grafico, dato il maggior numero di singole cumulate annuali con quantitativi minori della media stessa (dalla figura 3.4 si vede molto bene come gli anni in cui i quantitativi in cui si supera il totale medio siano solo otto su venticinque).

Dal confronto tra la cumulata media e la sua regressione lineare, notiamo subito un tipico andamento, come si potrà vedere anche nelle altre stazioni, che può subito dare un'indicazione della stagionalità delle piogge. All'inizio la prima sta al di sotto della seconda per tutti i mesi invernali e primaverili, si ha poi una forte inversione di tendenza nel periodo estivo seguito da uno stacco netto della cumulata.

Il valore del coefficiente angolare della retta di regressione ha relativamente importanza. In primo luogo fisicamente ha il significato di una quantità di pioggia caduta per giorno, inteso come giorno di calendario e non come giorno di pioggia, in più è confrontabile con altri valori solo a parità di R^2 .

3.1.2. SPIAZZI

Si analizza ora la serie delle misure raccolta a Spiazzi. Per inquadrare il problema vengono proposte le medesime tipologie grafiche. Dalla figura 3.6 si nota come normalmente i giorni di pioggia annui nei venticinque anni considerati si attestino o superino le 80 unità; si osserva anche una certa proporzionalità tra giorni di pioggia e quantitativi.

Molto spesso all'aumentare dei primi si osserva un incremento anche dei secondi, cosa che spesso a San Zeno non si riscontra.

Guardando il grafico in figura 3.1 e il grafico 3.6 si nota subito come a Spiazzi a parità di giorni di pioggia si raggiungano totali più bassi, indice di eventi caratterizzati in media da minore intensità. Questa considerazione è fatta mediamente sull'anno poiché con questa risoluzione non si può indagare più approfonditamente, disponendo solamente della massima aggregazione dei dati.

Osserviamo come nuovamente gli anni in cui si sono registrati i quantitativi massimi siano il 1960 con 1675 mm e il 1959 con 1487 mm.

Il 1960 stesso è stato inoltre l'anno più ricco di eventi precipitosi con 111 giorni di pioggia. Come per San Zeno altri anni ricchi di eventi sono stati il 1968 con 96 giorni di pioggia e il 1972 con 90.

Il 1959, secondo anno per quantitativi, dato la scarsità di eventi è stato l'unico anno per Spiazzi in cui l'intensità di pioggia ha raggiunto i 18 mm/gg, valore che per San Zeno è stato più volte eguagliato e in alcuni casi superato raggiungendo punte di quasi 22 mm/gg.

Dai grafici 3.7 e 3.8 si noti come i totali di Spiazzi nei confronti della media presentino un numero più elevato di picchi, ma rispetto alla stazione precedente di minor intensità, dando d'insieme un'immagine nel confronto con la media meno dispersa.

Analiticamente la questione viene nuovamente descritta da una ridotta ampiezza del campione (essendo i valori massimi minori di quelli di San Zeno mentre i minimi sono maggiori), di 957 mm, e anche una ridotta deviazione standard in valore assoluto ma che comunque rappresenta il 25% della media.

Guardando il grafico 3.8 si nota una sostanziale differenza rispetto all'analogo della stazione precedente. A parte quattro tipici "picchi" comuni alle due stazioni, relativi agli anni 1951 1959 1960 e 1968, si noti come a Spiazzi si abbia un improvviso cambio di tendenza negli scarti a partire dal 1959, mentre a San Zeno questa situazione si presenti con due anni di anticipo.

Ciò si traduce con un andamento della media mobile decisamente negativo negli anni cinquanta, poi sul finire del decennio vediamo un deciso cambiamento di tendenza, dal 1957 che porta ai valori massimi in connessione con le abbondanti piogge del 1959 e 1960; come a San Zeno il picco è localizzato nel 1961 (nonostante presenti scarto negativo), poiché la media è effettuata su un periodo di 5 anni, e l'intervallo centrato nel 1961 abbraccia tre scarti nettamente positivi. In seguito la media mobile comincia ad avere un andamento altalenante con dei picchi (positivi) che tendono a smorzarsi con il proseguire degli anni fino a circa il 1971. Da questo ultimo in poi la media comincia ad oscillare sotto l'asse delle ascisse senza, tuttavia, mai allontanarsene.

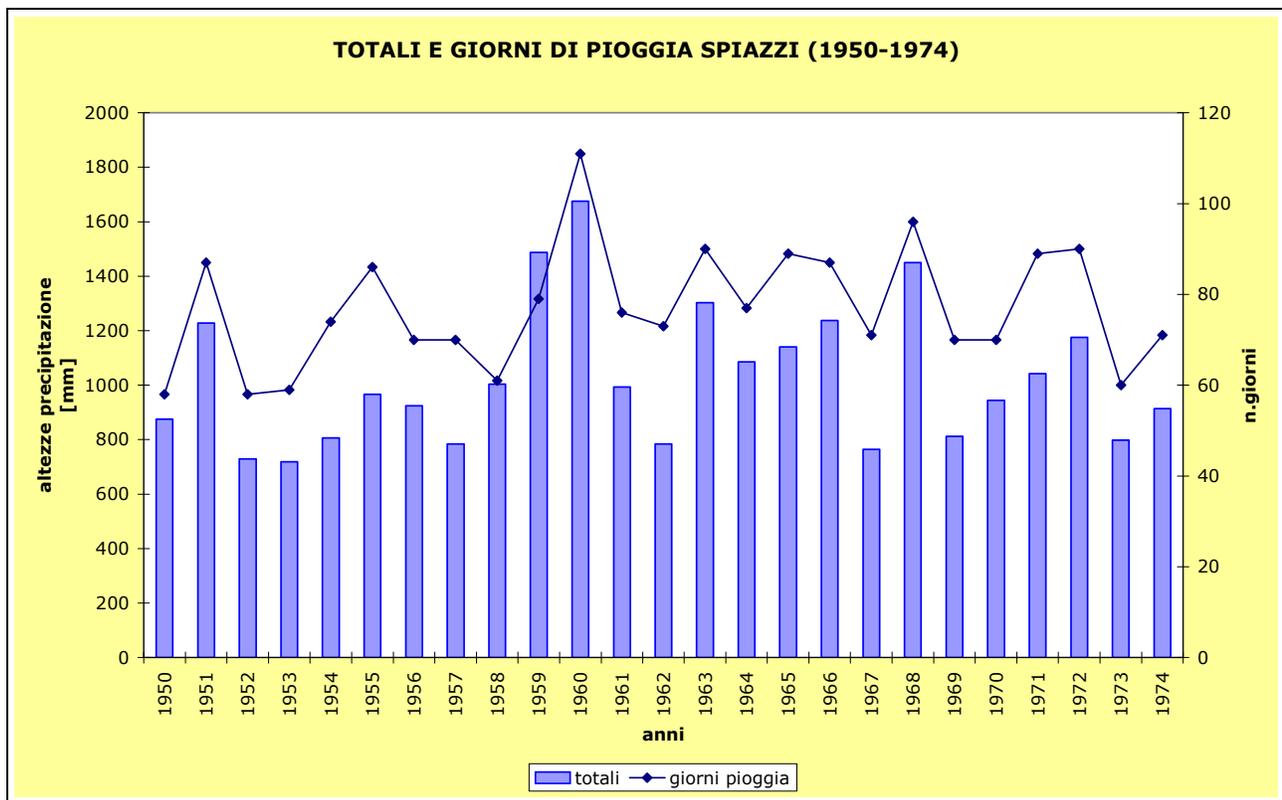


Figura 3.6: valori di pioggia annuali con relativi numeri di eventi alla stazione di San Zeno

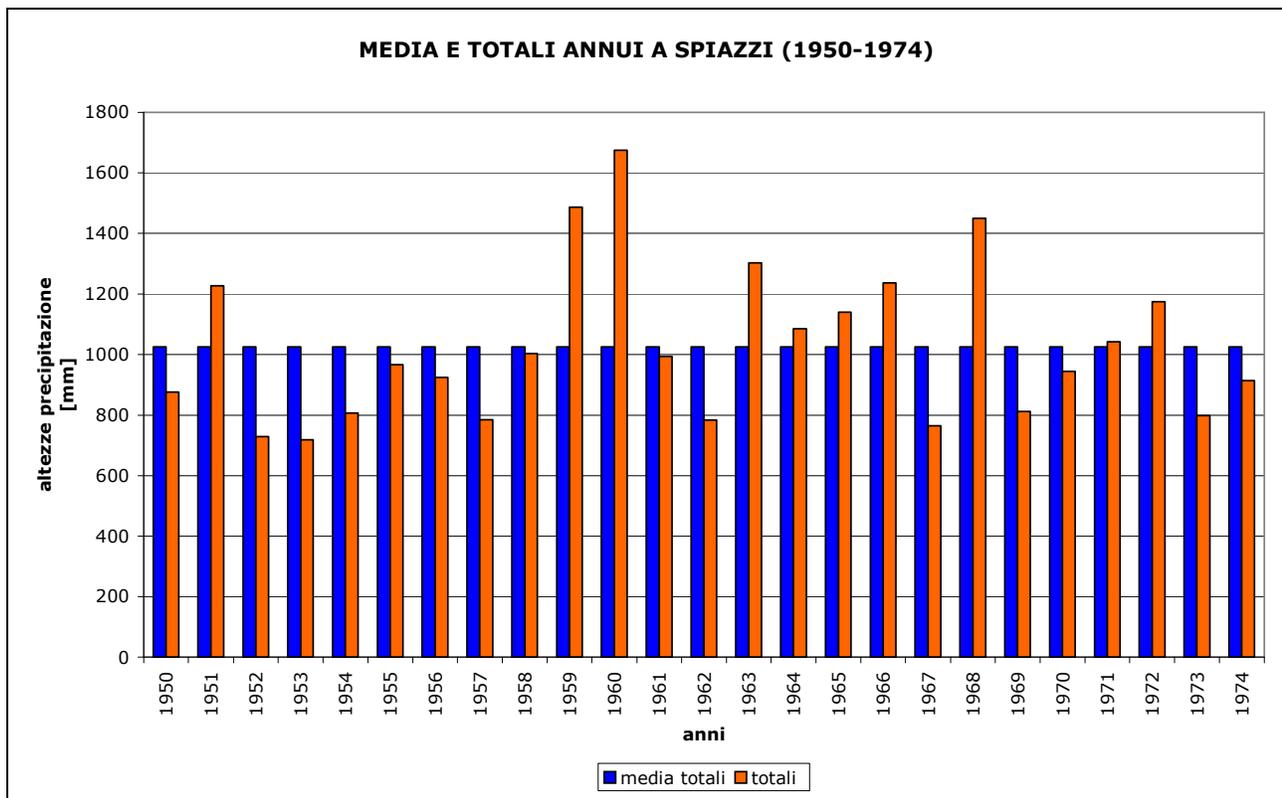


Figura 3.7: valori di pioggia annuali a confronto con la media annuale

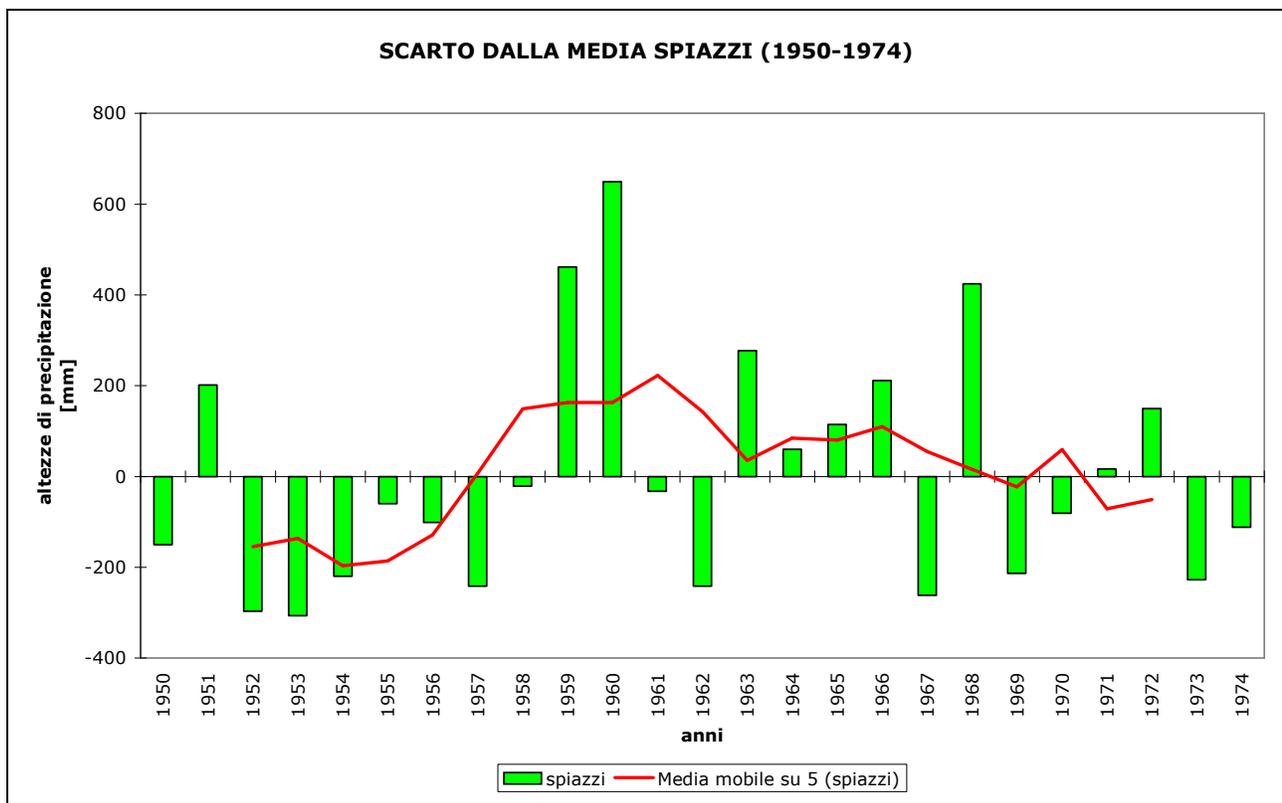


Figura 3.8: scarto dei totali annuali dalla media e media mobile per la stazione di Spiazzi

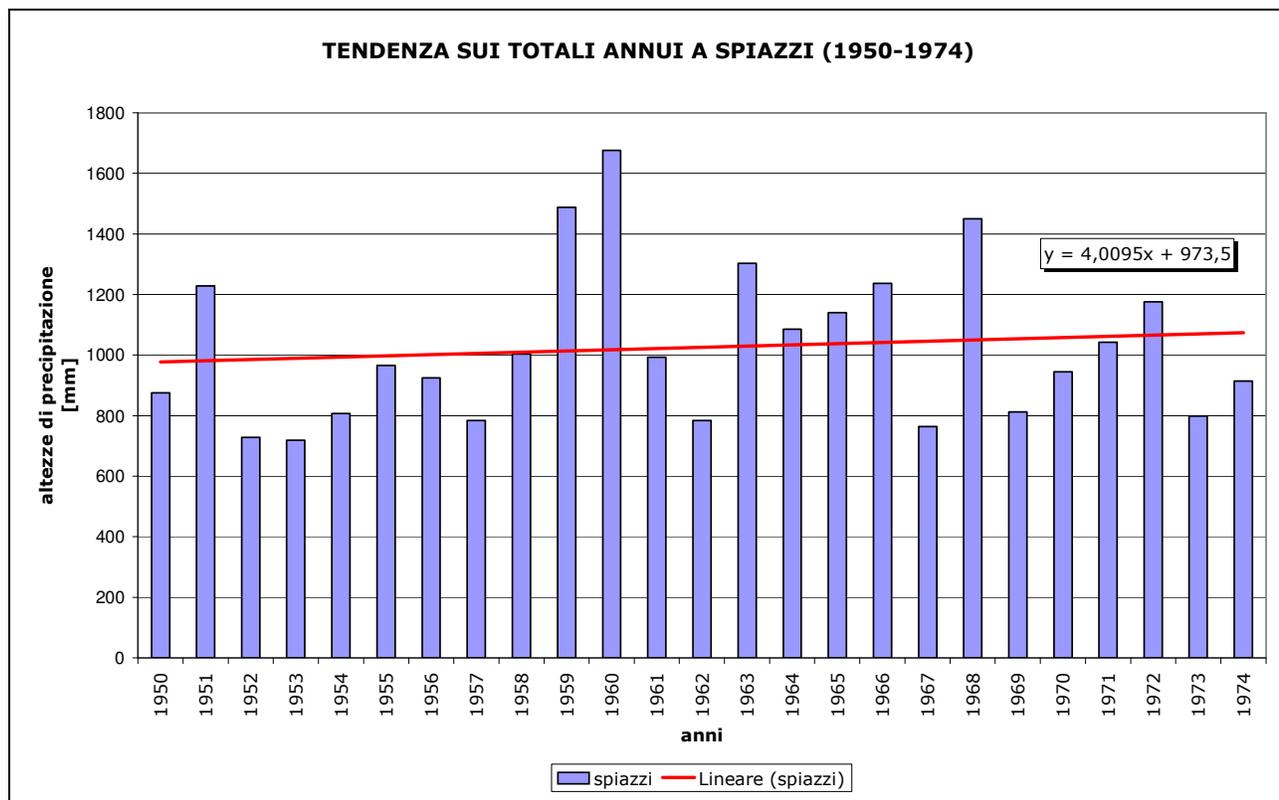


Figura 3.9: tendenza sui totali annui

Si noti la somiglianza tra le medie mobili di San Zeno e Spiazzi (cap. 3.1.4 figura 3.17b, dove vengono messe a confronto tutte e tre le medie mobili) dove ad un iniziale andamento negativo si con una risalita in prossimità del 1957, con un leggero anticipo di San Zeno per la verità, fino al valore massimo localizzato per entrambe nel 1961. In seguito le due medie mobili hanno andamenti completamente differenti: da una parte San Zeno torna rapidamente a valori negativi mentre Spiazzi persiste in quelli positivi per i maggior volumi apportati durante gli anni '60.

Per San Zeno il picco sicuramente si presenterebbe più accentuato e meno esteso con un rapido ritorno a valori negativi, mentre per Spiazzi al contrario avremmo valori meno elevati ma con una maggiore estensione che tendono quasi asintoticamente alla media, e solo verso fine della serie a valori negativi.

Per quanto riguarda un' indicazione sulle tendenze dal grafico riportato in figura 3.9 si nota un trend positivo di circa 4 mm annui, mentre la media degli scarti positiva anch'essa, risulta leggermente minore con 1,6 mm.

Per Spiazzi le grandezze cumulate sono rappresentate in figura 3.10.

Guardando l'andamento della cumulata media si vede nei primi giorni dell'anno un forte affossamento della stessa, dovuto al peso di un maggior numero di cumulate annuali che presentano scarsità di precipitazioni in questo periodo.

Ciò si traduce in un forte gap tra l'andamento lineare (in giallo) e la cumulata media, molto maggiore di quello corrispondente a San Zeno, che raggiunge il massimo attorno a Marzo (anche per San Zeno, esattamente al centesimo giorno).

Possiamo interpretare questa differenziazione tra gli andamenti lineari teorici e la cumulata media come un deficit di precipitazioni soprattutto concentrato nella stagione invernale per entrambe le stazioni. Tali considerazioni dovranno essere poi verificate dallo studio sui valori stagionali dato che in questa sede non si è tenuto conto dei diversi valori di R^2 e quindi delle diverse "precisioni" delle rette interpolanti.

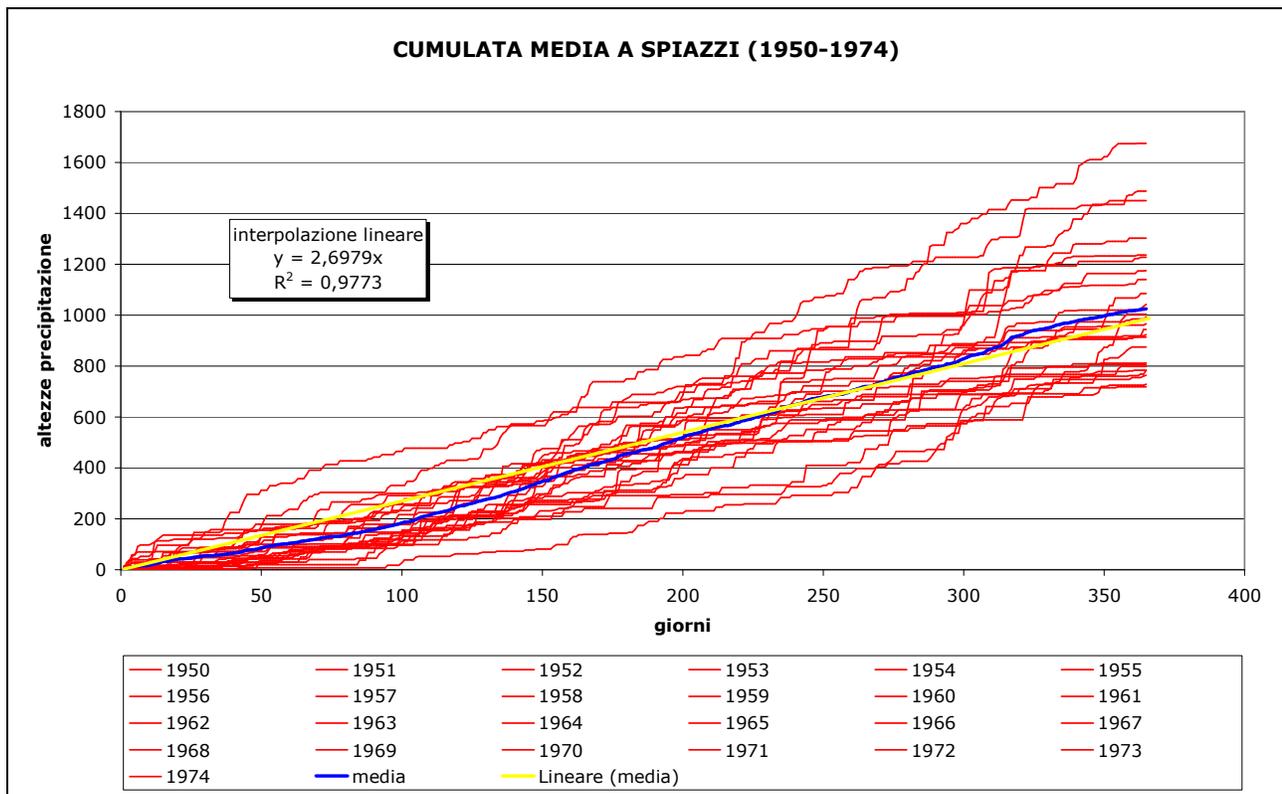


Figura 3.10: cumulate annuale con cumulata media e regressione lineare

In seguito si nota una progressiva diminuzione del gap tra l'andamento lineare e la cumulata arrivando all'incirca a fine maggio con gli stessi scarti sia a San Zeno che a

Spiazzì. Ciò lascia presumere una maggiore influenza primaverile sulle precipitazioni nella stazione del versante atesino. Nel periodo estivo si nota come il deficit venga completamente colmato, anzi tra luglio ed agosto la cumulata tende a sovrastare l'andamento lineare, e a San Zeno si nota addirittura un picco di circa venti millimetri, sintomo evidentemente di un maggior quantitativo caduto. Nel periodo restante la curva lineare e la cumulata hanno un andamento pressoché identico nelle due stazioni: si osserva un andamento praticamente coincidente della cumulata con la retta fino a cavallo tra ottobre e novembre dove le cumulate staccano decisamente le rette fino a fine anno, riducendo leggermente la differenza nel mese di dicembre. Si è osservato quindi un certo parallelismo nell'andamento annuale della cumulata nei confronti della regressione lineare nelle due stazioni di versante del Baldo: a fronte di un periodo primaverile ed invernale in deficit di precipitazioni (più o meno spinto) si contrappone un concentrazione delle stesse nella seconda metà dell'anno ad eccezione di dicembre.

3.1.3. MALCESINE

Con lo stesso occhio critico diamo un breve sguardo a quello che accade a Malcesine. Dal grafico 3.11 vediamo come Malcesine nel decennio tra gli anni cinquanta e sessanta presenti solo tre valori sotto i 1000 mm annui, tra il 54 e il 56, mentre gli altri quantitativi sono di tutto rispetto. A parte i soliti picchi comuni con le altre stazioni (1951, 1959, 1960, 1963, 1968) si nota a Malcesine una deciso contributo del decennio sopra nominato, e un tendenziale calo dagli anni sessanta in poi, molto significativo in particolare dal '70 al '74 (si è riscontrato un parallelismo tra la scarsità di precipitazioni in questi ultimi cinque anni e i valori degli indici NAO positivi mentre non valgono le stesse considerazioni per gli anni '50).

Altra cosa che il grafico 3.9 mostra in maniera sintetica è un'intensità media degli eventi maggiore dall'inizio della serie fino a circa il 1958 (fatta eccezione ricordiamo per i tre anni tra il '54 e il '56)

Nel 1951 (che è anche l'anno con il secondo quantitativo massimo) e 1952 si sono avuti più di 21 mm/gg mentre nel 1953, 1957 e 1958 la media si è aggirata tra i 19 e i 20 mm/gg.

Passando invece al 59 e 60 si vede come per raggiungere nuovamente totali sopra i 1700 mm i giorni di pioggia siano ben maggiori delle 100 unità (113 per ambedue gli anni) con una media giorno che si attesta sui 15 mm/gg. Questi due anni sembrano costituire un confine tra intensità molto maggiori che si sono avuti precedentemente e minori che si avranno successivamente.

Si è notato infatti come generalmente il numero degli eventi resti sui valori degli anni cinquanta ma come cambino di intensità dato i totali molto minori.

Il grafico 3.12 mostra molto chiaramente come i valori eccedenti la media siano tutti concentrati nei soliti anni cinquanta, ad eccezione di tre anni (63, 65, 68) nei sessanta, in cui tuttavia i quantitativi restano di molto inferiori ai precedenti.

Lo stesso grafico evidenzia anche la maggior ampiezza del campione rispetto ai due precedenti siti, essendo questa di 1213 mm, e anche una maggior variabilità dei valori attorno alla media, che si traduce nel più elevato valore della deviazione standard delle tre stazioni: 335,8 mm pari al 31% della media.

Dal grafico 3.13 osservando la media mobile degli scarti relativi rispetto la media dei totali si osserva un andamento completamente diverso rispetto alle due precedenti stazioni pluviometriche.

Mentre a Spiazzi e a San Zeno si osservava un iniziale deficit rispetto alla media negli anni 50, con un picco a cavallo dei 60 seguito da una tendenza alla decrescita più o meno marcata a seconda della stazione considerata, a Malcesine in linea generale nel primo decennio si osservano iniziali valori positivi (con eccezioni ormai dei tre ormai

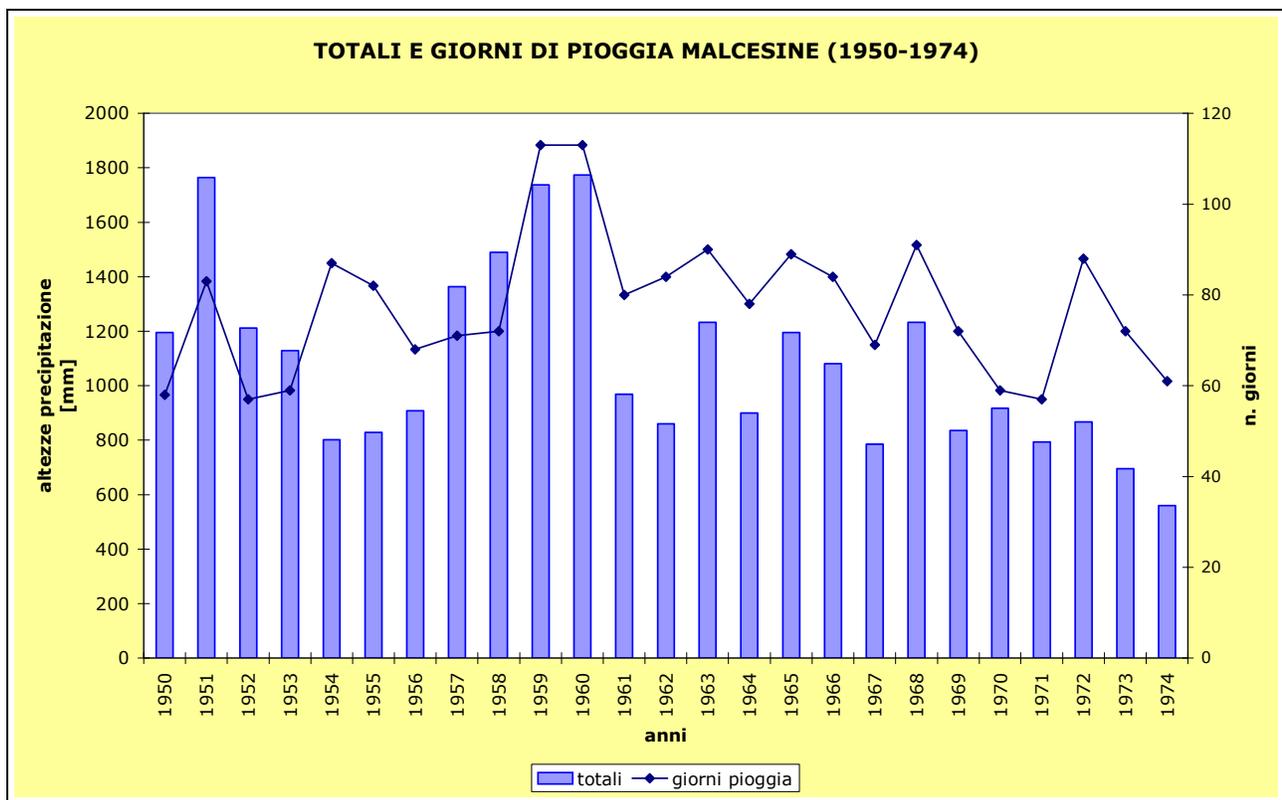


Figura 3.11: valori di pioggia annuali con relativi numeri di eventi alla stazione di San Zeno

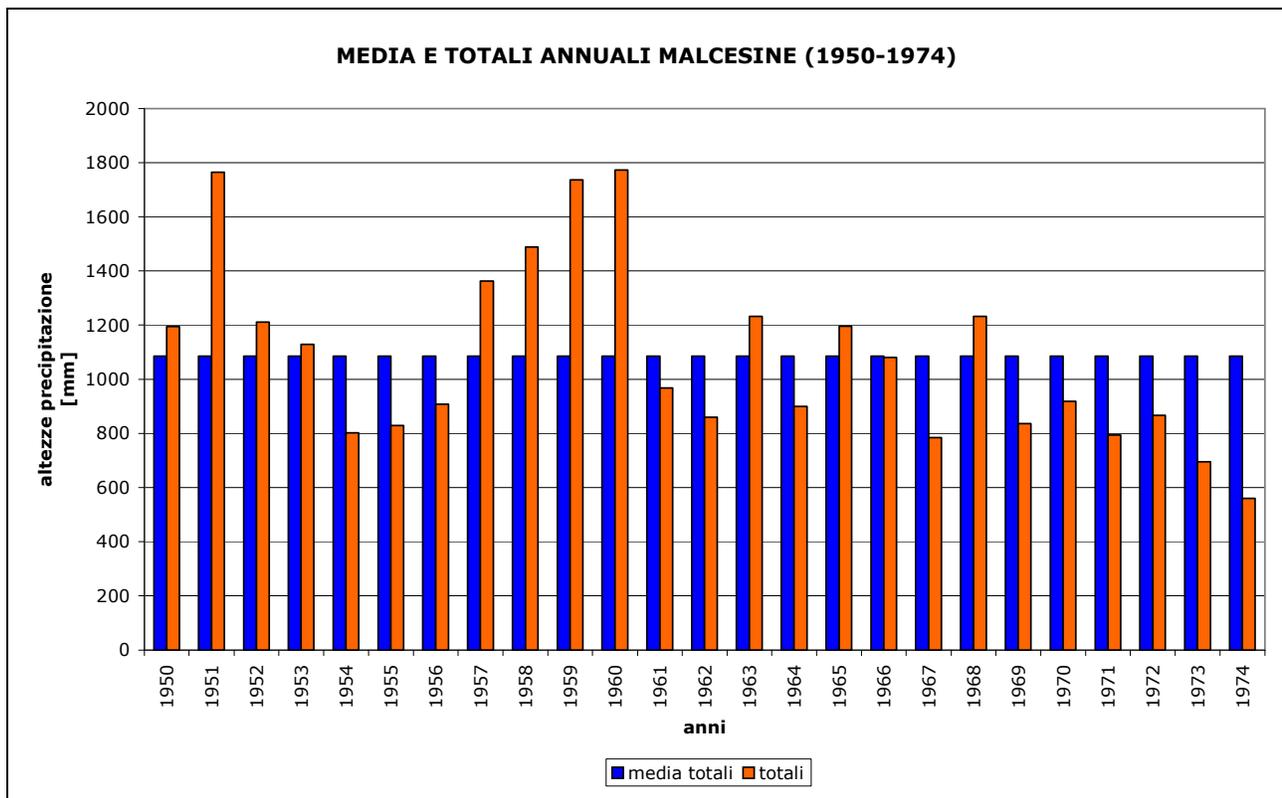


Figura 3.12: valori di pioggia annuali a confronto con la media annuale

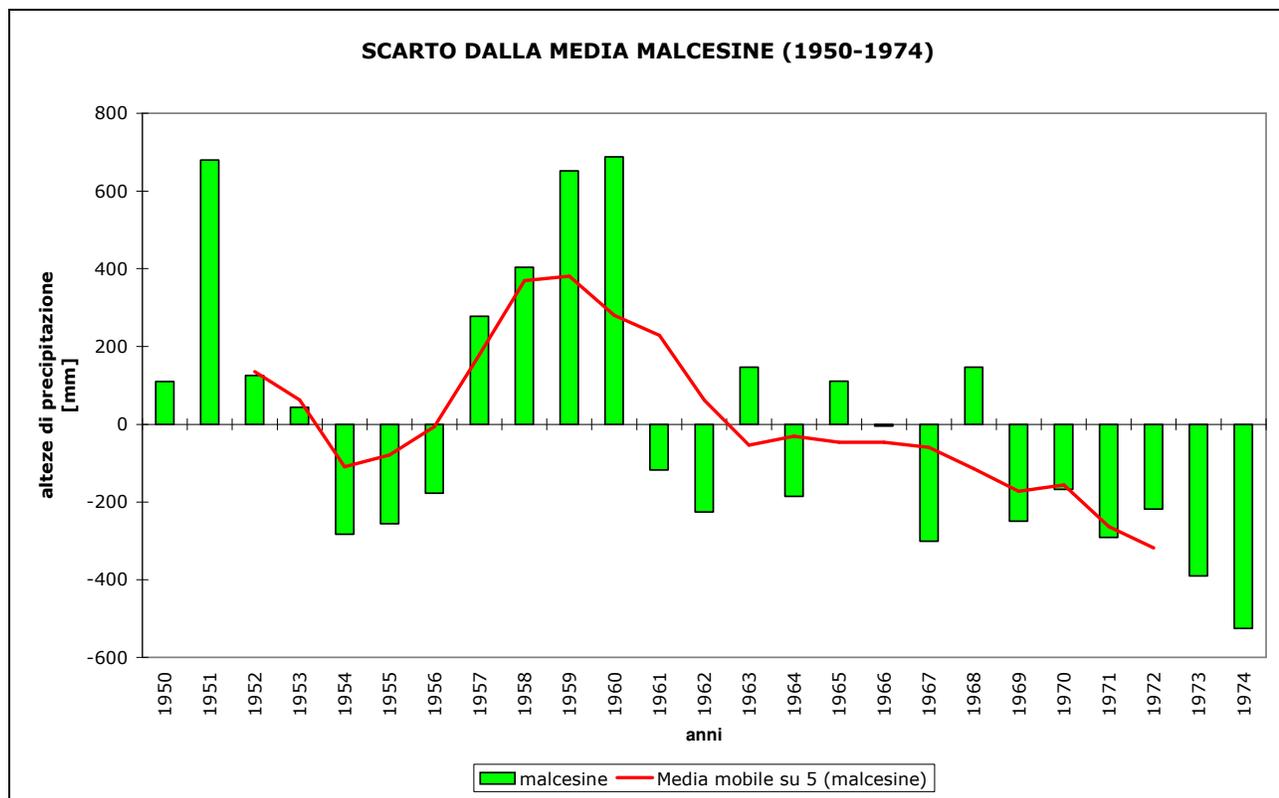


Figura 3.13: scarto dei totali annuali dalla media e media mobile per la stazione di Malcesine

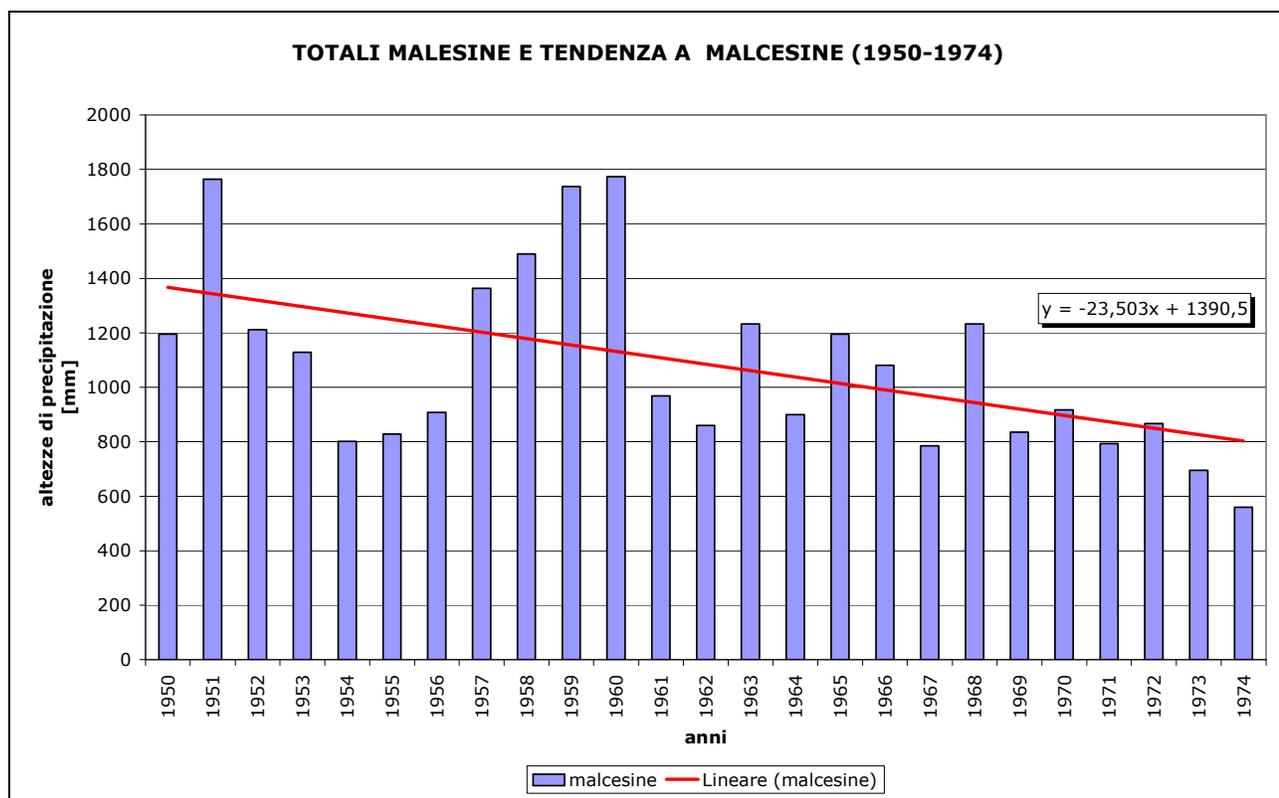


Figura 3.14: tendenza sui totali annui a Malcesine

noti anni a cavallo della metà), che raggiungono il loro massimo, con molta rapidità (data la presenza di quattro anni consecutivi con precipitazioni costantemente in crescita) concordatamente alle altre stazioni. Dal 60 in poi però si assiste una rapida tendenza della media mobile ad assumere valori sempre più negativi con culmine nel 1974 anno di minima piovosità (anche qui vi sono tre eccezioni in corrispondenza di altrettanti anni in cui i totali hanno superato la media che comportano un effetto "mitigante" sulla rapida inclinazione negativa della media mobile). La tendenza del periodo considerato presenta una pendenza decisamente negativa, con una diminuzione annua di circa 23 mm, a dimostrazione della progressiva riduzione riscontrata all'inizio degli anni '70.

Un inquadramento più generale di ciò che si è osservato con la media mobile si ha osservando la figura 3.14 dove viene riportata la linea di tendenza rispetto ai totali annui. Si vede una decisa pendenza negativa, con valori molto elevati, quasi anomali che possono esser sintomo di qualche errore nella raccolta dei dati, o della eccezionalità del decennio 1950-1960. Anche lo scarto medio tra due anni consecutivi è fortemente negativo: supera i 26 mm annui.

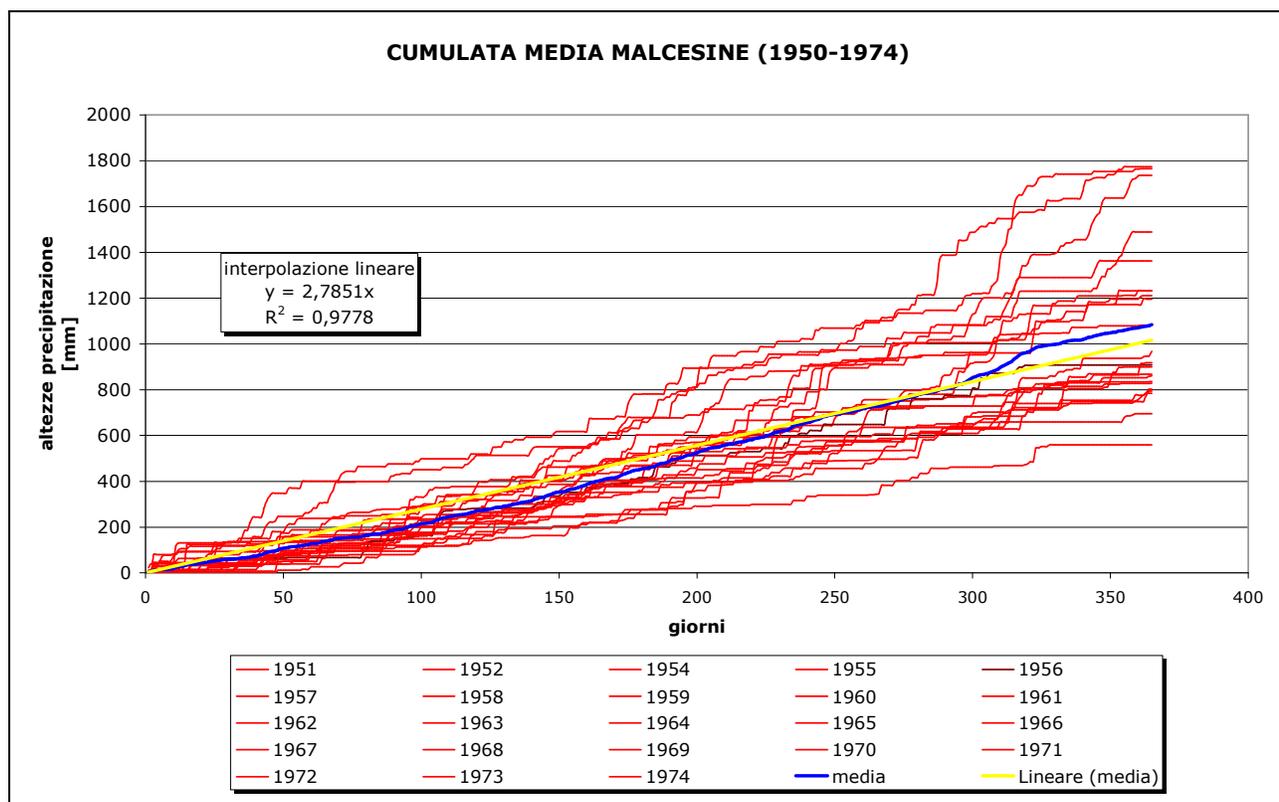


Figura 3.15: cumulate annuale con cumulata media e regressione lineare

Nel grafico in figura 3.15 vengono riportate le cumulate annuali, con la cumulata media e la sua regressione lineare.

Qualitativamente l'andamento di queste due ultime curve riprende quello già descritto nelle due stazioni precedenti, ovvero una sovrastima della retta ne primo periodo dell'anno e una sottostima in quello successivo. Rispetto alle altre stazioni si noti come la sovrastima per Malcesine sia estesa su un periodo molto maggiore, e mente nelle stazioni di versante raggiungeva il suo culmine tra la fine della stagione invernale e l'inizio di quella primaverile, a Malcesine questo viene raggiunto più tardi a primavera ormai inoltrata. (circa nella prima metà di maggio). Ciò può far pensare che Malcesine goda di maggior quantitativi invernali rispetto a San Zeno o Spiazzi, ma perda per quanto riguarda quelli primaverili.

Questo shift temporale fa sì che a fine estate la retta di regressione fornisca ancora una sovrastima rispetto alla cumulata media, mentre nelle altre stazioni una sottostima.

Nei mesi di settembre e ottobre una certa stazionarietà della situazione, con gli scarti tra le due curve che si mantengono circa costanti. La retta di regressione è sempre in sovrastima rispetto alla cumulata media.

A novembre si ha la brusca inversione di tendenza con la cumulata che sovrasta la retta in maniera netta (arrivando questa a stimare in difetto il quantitativo anche più di 80 mm), con una leggera flessione nel mese di dicembre, già riscontrata anche a Spiazzi e a San Zeno.

Si noti come la sottostima finale nel caso di Malcesine sia molto più marcata ad esempio di quella di Spiazzi, avendo valori di R^2 praticamente coincidenti.

Queste considerazioni suggeriscono che Malcesine presenti fenomeni precipitosi rilevanti nel periodo autunnale, comunque maggiori rispetto alle altre stazioni.

3.1.4 CONFRONTO TRA LE STAZIONI

Prima di tutto sembra il caso di proporre un confronto sulle grandezze principali proposte in analisi per ciascuna stazione: volumi totali e giorni di pioggia totali sull'anno.

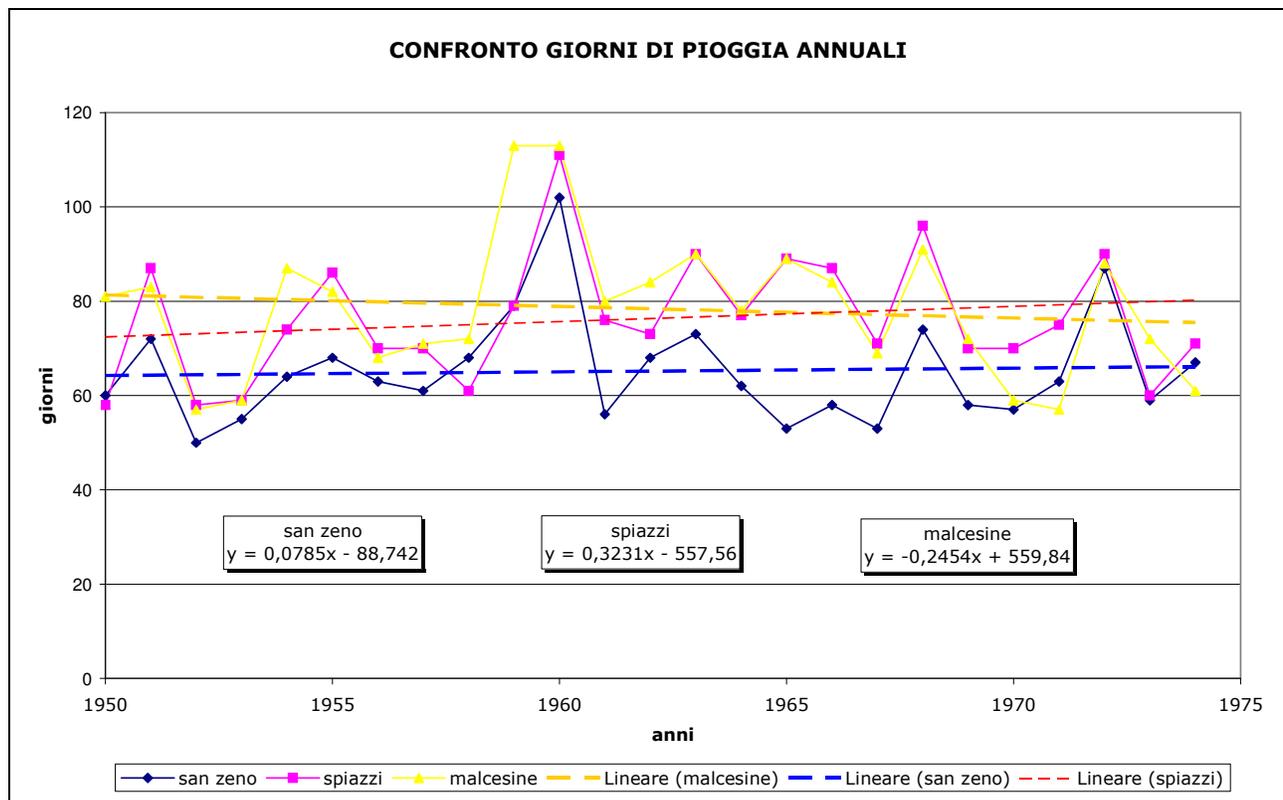


Figura 3.16: confronto sui giorni di pioggia annuali tra le tre stazioni con relative tendenze

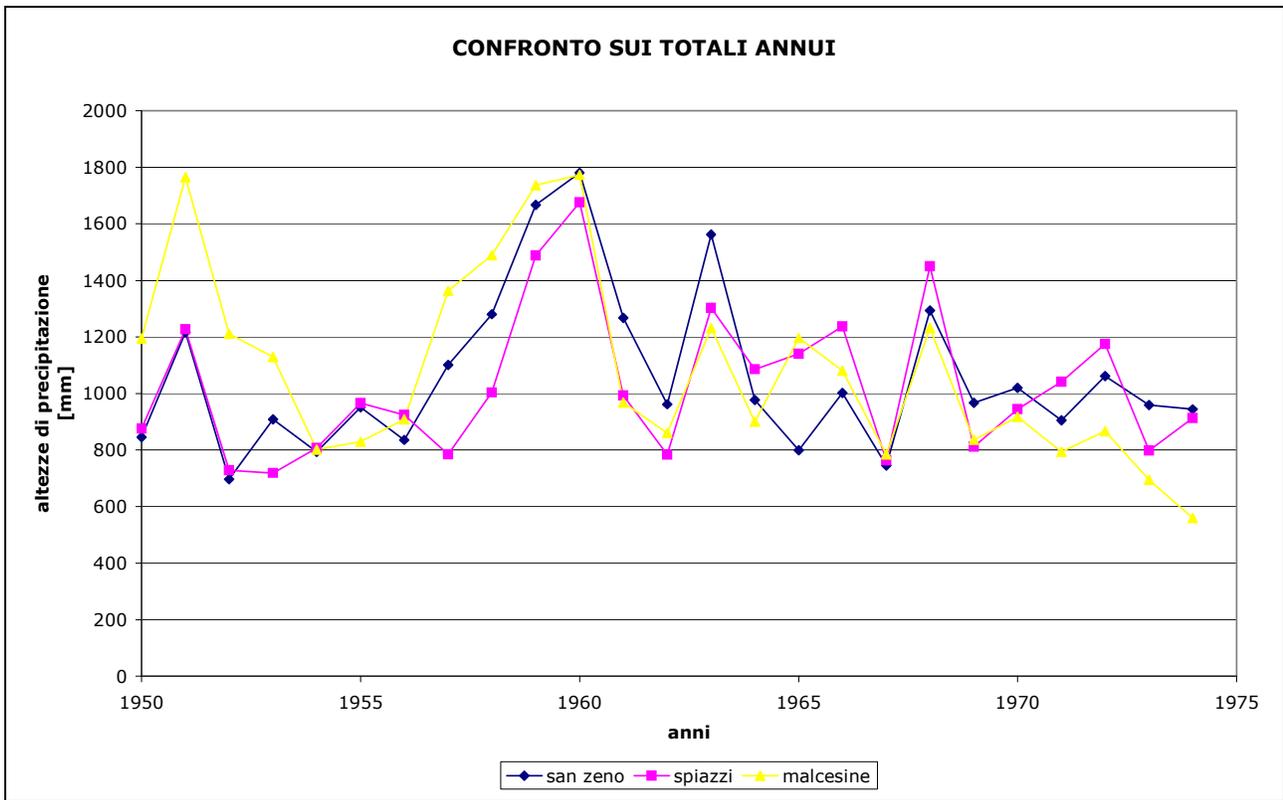


Figura 3.17: confronto sui totali annui tra le tre stazioni

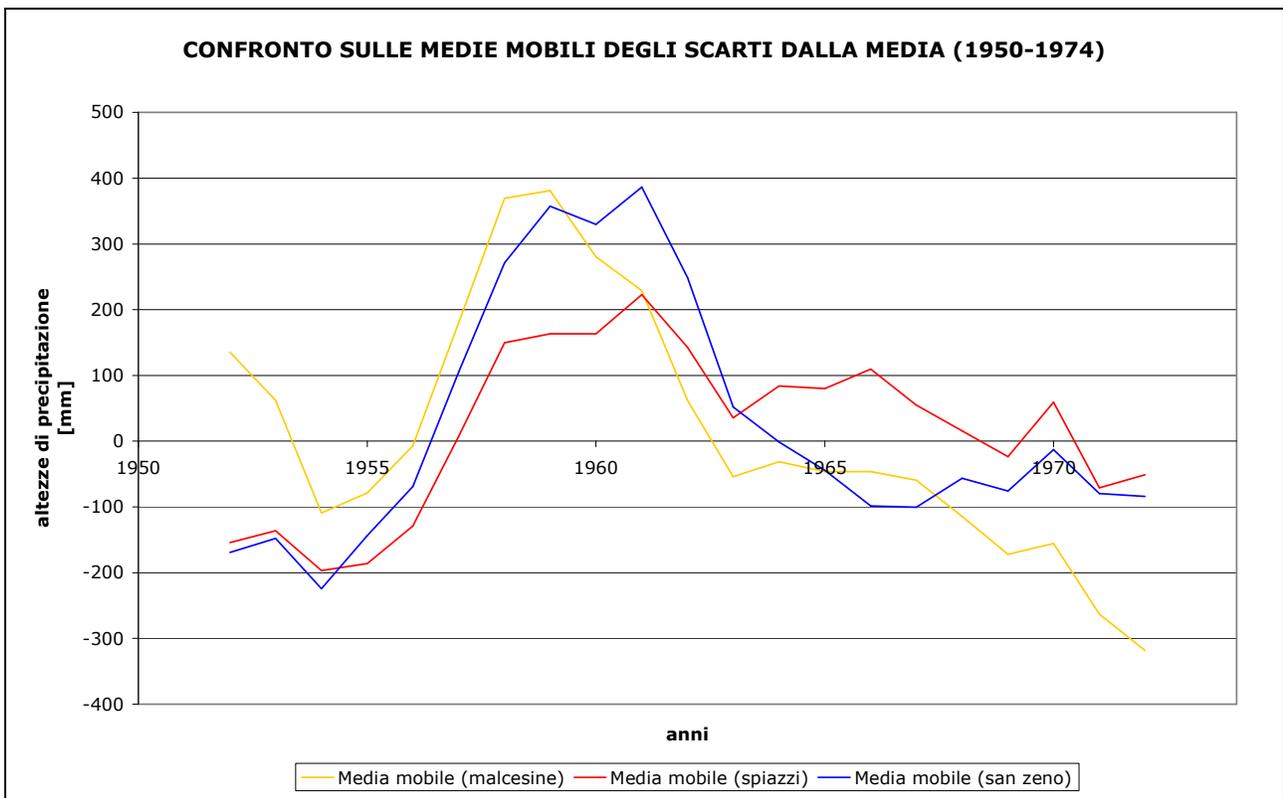


Figura 3.17b: confronto della media mobile degli scarti dei totali dalla media

Come si nota, in figura 3.16 la stazione di Malcesine ha una tipicamente meno eventi nell'anno mentre Spiazzi e San Zeno ne hanno di più.

Tuttavia i valori delle pendenze delle linee di tendenza, a parte il segno, sembrano trascurabili se raffrontate all'ordine di grandezza dei giorni di pioggia annui, e inoltre la variazione calcolata su uno spazio temporale di 25 anni è minima.

Nel caso di Malcesine e Spiazzi si ha concordanza nella tendenza di volumi annui e giorni di pioggia, mentre per San Zeno ciò non avviene.

Con la stessa tipologia grafica vengono messi a confronto i totali annui.

Per completezza vengono calcolati i coefficienti di correlazione tra i volumi annuali e il numero di eventi.

| | |
|----------------------|---------|
| San Zeno di Montagna | 0,74758 |
| Spiazzi | 0,83865 |
| Malcesine | 0,55237 |

Tabella 3.1: coefficienti di correlazione tra volumi annui e giorni di pioggia per le tre stazioni

La correlazione massima si ha per la stazione di Spiazzi, mentre la minima per Malcesine, come del resto ci si aspettava già graficamente dal grafico 3.11.

Dai valori ottenuti è logico aspettarsi quindi una certa costanza dell'intensità media degli eventi per Spiazzi, mentre Malcesine è quella che presenta una maggior variabilità avendo scarsa correlazione tra giorni di pioggia e volumi apportati.

Dopo questa analisi di massima dei totali annuali, sembra il caso di fare un veloce confronto tra le stazioni tramite la comparazione delle cumulate nell'arco di tutta la serie storica sui totali mensili.

La scelta dei totali mensili è stata fatta per vedere meglio nel dettaglio alcune particolarità.

Come si vede dal grafico 3.18 la cumulata di Malcesine risulta sempre maggiore delle altre due per tutta la serie storica, grazie ai maggiori quantitativi ricevuti nel primo decennio.

Si noti come questo vantaggio raggiunga i massimi valori sia nei confronti di San Zeno che di Spiazzi nel maggio 1960, che è risultato veramente povero di precipitazioni con un totale di 38 mm per Malcesine e di 25 per le altre due stazioni.

Il gap dopo un'iniziale diminuzione nel 1961, si mantiene all'incirca costante (tra vicende alterne per esempio un leggero aumento nel 1963 e 1968) fino al 1969, dove inizia a ridursi costantemente e in maniera anche piuttosto rapida. La causa è riposta nei scarsi valori dei totali annui registrati a Malcesine, che dalla data sopra riportata sono in continua diminuzione fino al 1974 dove si registra il minimo della stazione.

Come avevamo visto in precedenza gli anni settanta avevano coinciso con una marcata riduzione delle precipitazioni; riduzione che come il grafico 3.12 evidenzia, molto più marcata a Malcesine.

Molto particolare è invece notare a confronto gli andamenti di San Zeno e Spiazzi.

All'inizio il loro andamento risulta quasi coincidente, fino a novembre 1957 dove nella prima cadono 165 mm praticamente in una settimana mentre nella seconda 15 in sei giorni. La localizzazione degli eventi all'interno del mese è molto simile ma quello che più sorprende è che il giorno 11 corrispondeva per tutte e due all'estremo mensile con l'unica differenza che per San Zeno era di 70 mm mentre per Spiazzi di 4,3.

Da qui ad ottobre 1963 il divario si presenta in continua crescita. La cosa lascia certamente qualche interrogativo. Sembra strano che per un periodo di ben sei anni si siano instaurate condizioni a scala sinottica che sistematicamente abbiano favorito precipitazioni sul versante occidentale del Baldo. Dal 1963 in poi la differenza ha una inversione di tendenza facendo avvicinare nuovamente le due cumulate, fino al 1966

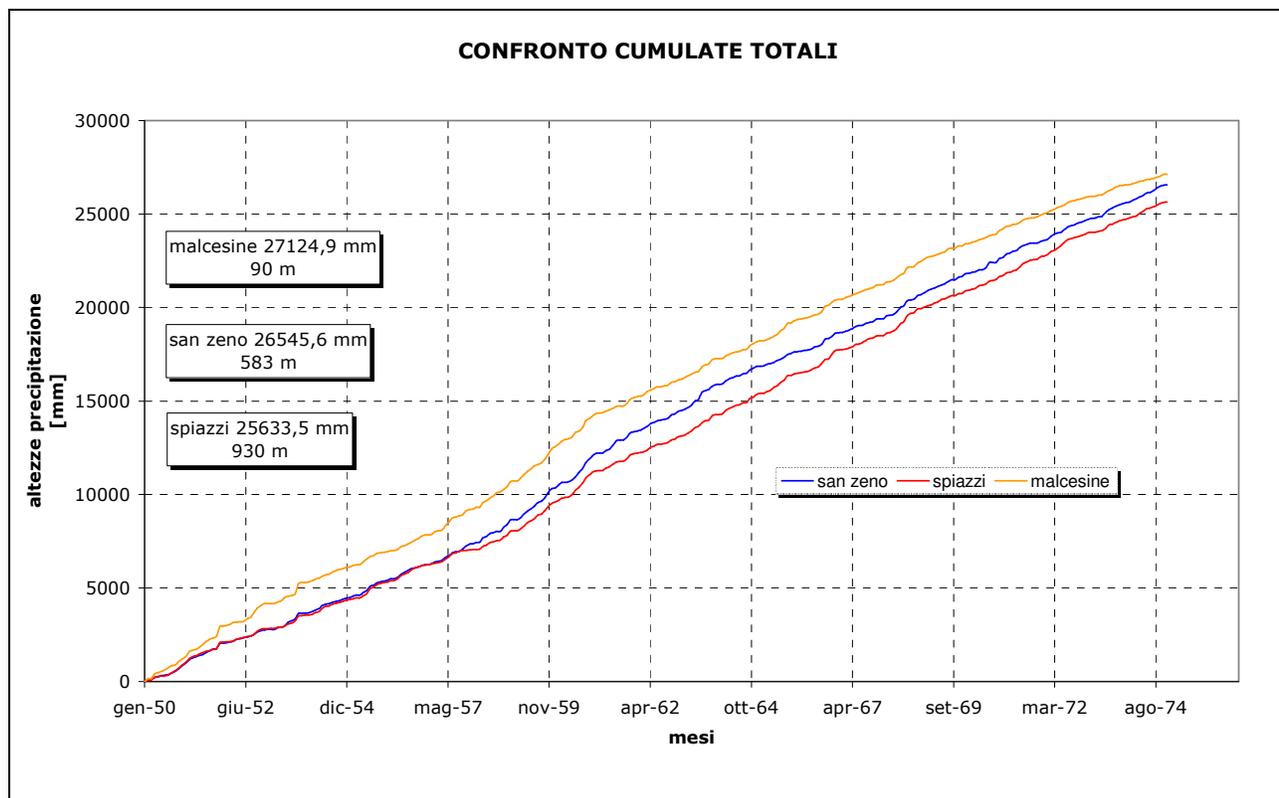


Figura 3.18: confronto tra le cumulate delle tre stazioni

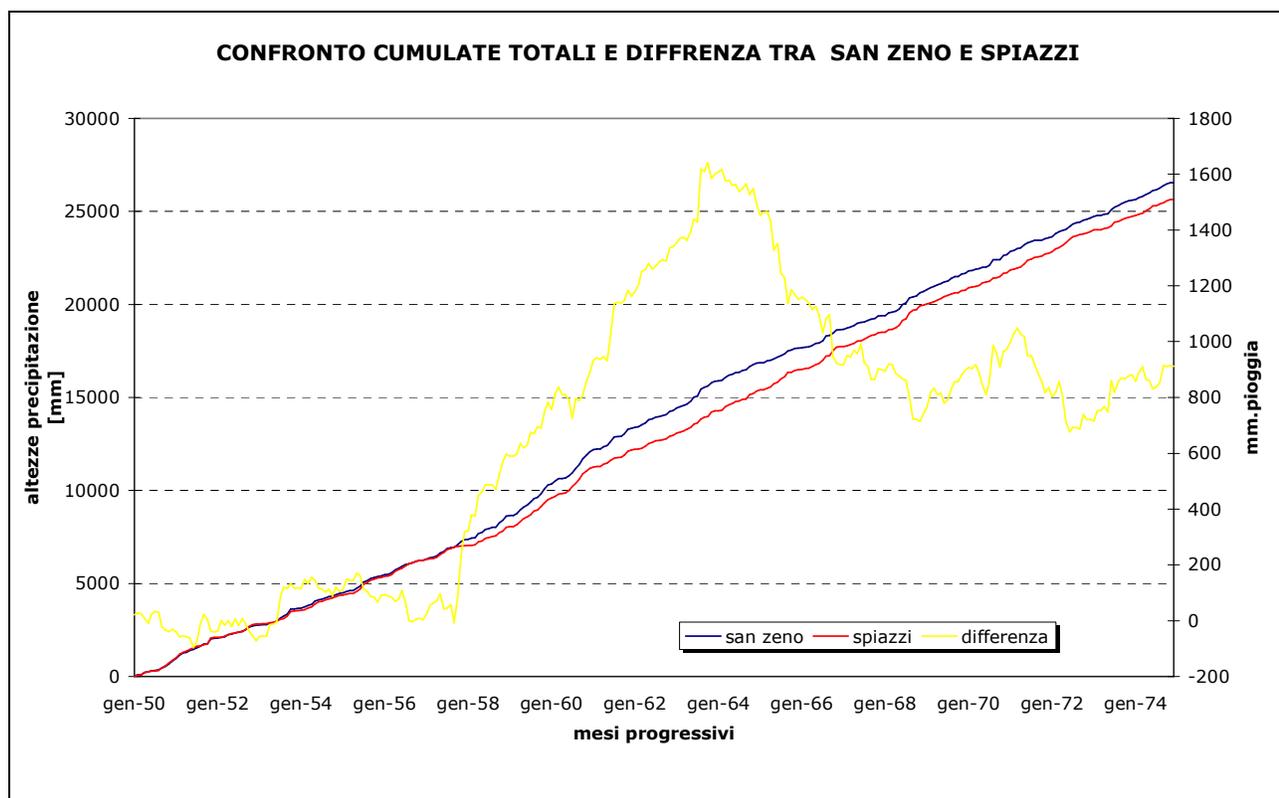


Figura 3.19: confronto tra le cumulate di San Zeno e Spiazzi e relativa differenza

(vedere nuovamente i grafici 3.3 e 3.9), da dove l'andamento risulta molto simile a quello degli anni prima del 57, solo graficamente traslato di 800 mm più in alto. Nel grafico 3.19 vengono nuovamente riportate le cumulate di San Zeno e Spiazzi e viene messo la differenza con l'anomalo andamento nei sei anni compresi tra il 57 e il 63.

3.2. ANALISI DEI TOTALI STAGIONALI

Come abbiamo visto dal reciproco andamento delle cumulate con la retta di regressione lineare, le precipitazioni presentano una periodicità che abbiamo visto avere caratteri qualitativamente simili.

Vogliamo indagare a fondo e verificare se questa presunta periodicità si può tradurre in stagionalità delle precipitazioni o meno.

A tal fine sembra opportuno dare uno sguardo ai totali stagionali, intesi come grandezze aggregate dei totali mensili.

E' opportuno ricordare che il concetto di stagione è leggermente differente dalla stagione in senso lato. In meteorologia i mesi componenti la stagione vengono considerati nella loro totalità, quindi risulta evidente che queste ultime non vengono più delimitate da equinozi o solstizi; la stagione meteorologica differisce dalla ordinaria praticamente per uno scarto di ventuno giorni.

I totali sulla stagione si sono calcolati per poter avere un andamento stagionale medio della particolare stazione poiché in un'ottica di gestione della risorsa idrica non si può far altro che fare riferimento ad eventi medi e non sul singolo caso.

La media di una singola stagione (ovvero la media sui 25 valori della stagione considerata), viene poi messa a confronto con la media dei 100 valori stagionali a disposizione. Ovviamente per quantificare il fenomeno serve anche la misura di dispersione quindi vengono riportati nei grafici anche le barre di errore, proporzionali al valore della deviazione standard.

E' ovvio che la somma dei valori medi di stagione per stagione e la media stagionale, deve dare la medesima quantità che in generale sarà diversa dal totale medio annuo per la discrepanza tra stagione meteorologica e quella da "calendario" già prima precisata.

Passiamo ora velocemente in rassegna le stazioni una ad una, evidenziando da subito il fatto che per tutte e tre le stazioni si riscontrano quantità inferiori alla media nelle stagioni invernali e

primaverili, mentre spostandosi pochi chilometri più ed Est la situazione si ribalta nel bacino del Chiese (Poletti Caratterizzazione del regime pluviometrico nel bacino del Chiese). In seguito vengono anche proposte le influenze stagionali sui totali annui e le tendenze della singola stagione nel periodo oggetto di esame.

3.2.1 SAN ZENO

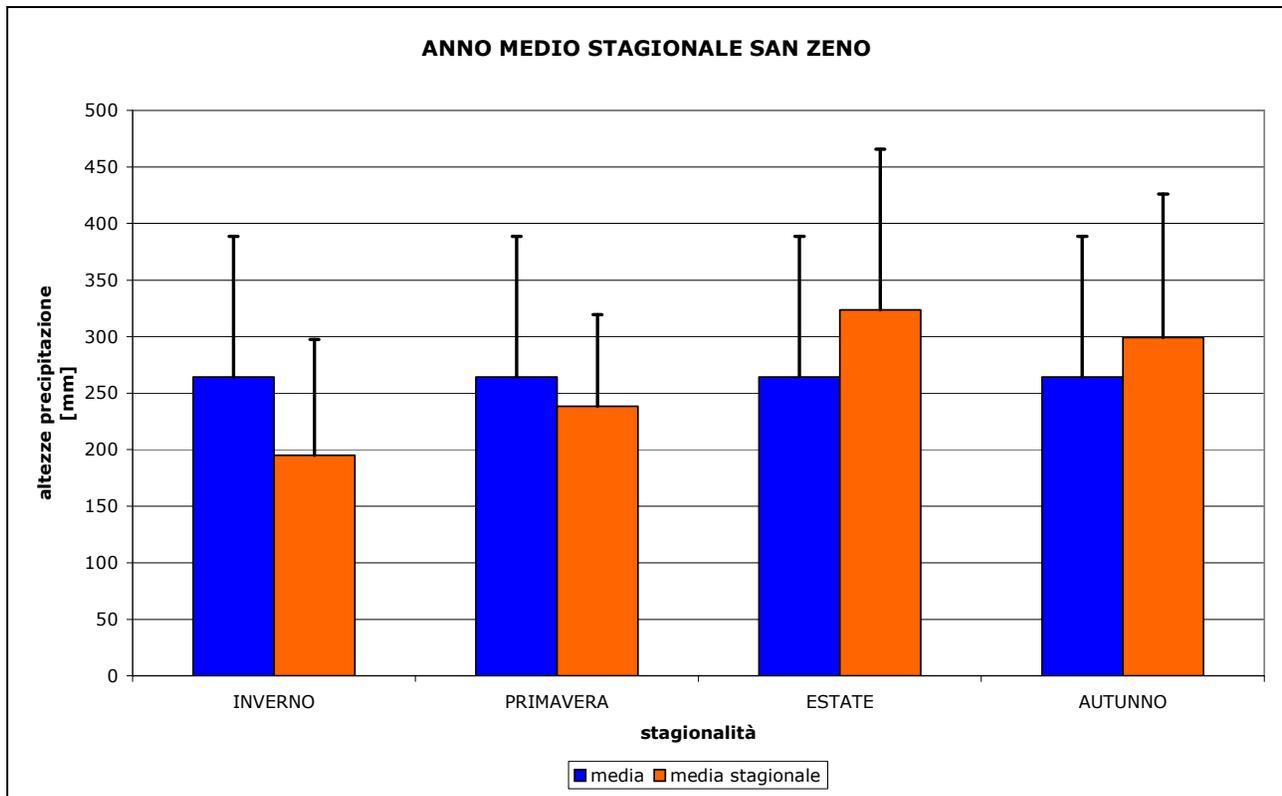


Figura 3.22: valori medi stagionali per la stazione di San Zeno

La stazione di San Zeno di Montagna presenta i seguenti valori medi delle singole stagioni:

- inverno : 195,1 mm
- primavera: 238,5 mm
- estate: 323,5 mm
- autunno: 299,1 mm

Facendo a 100 la media stagionale e confrontandola con la media delle altre singole stazioni si ricavano le seguenti percentuali:

- inverno : 74%
- primavera: 90,3%
- estate: 122,5%
- autunno: 113,2%

E' sicuramente necessario osservare le deviazioni standard delle stagioni, per capire quella che presenta la maggior variabilità attorno alla media.

Nel caso di San Zeno notiamo come i maggiori valori si riscontrino nelle stagioni più piovose, evidenziando una forte variabilità nei quantitativi (si veda figura 3.23).

INFLUENZA STAGIONALE SUL TOTALE ANNUO A SAN ZENO (1950-1974)

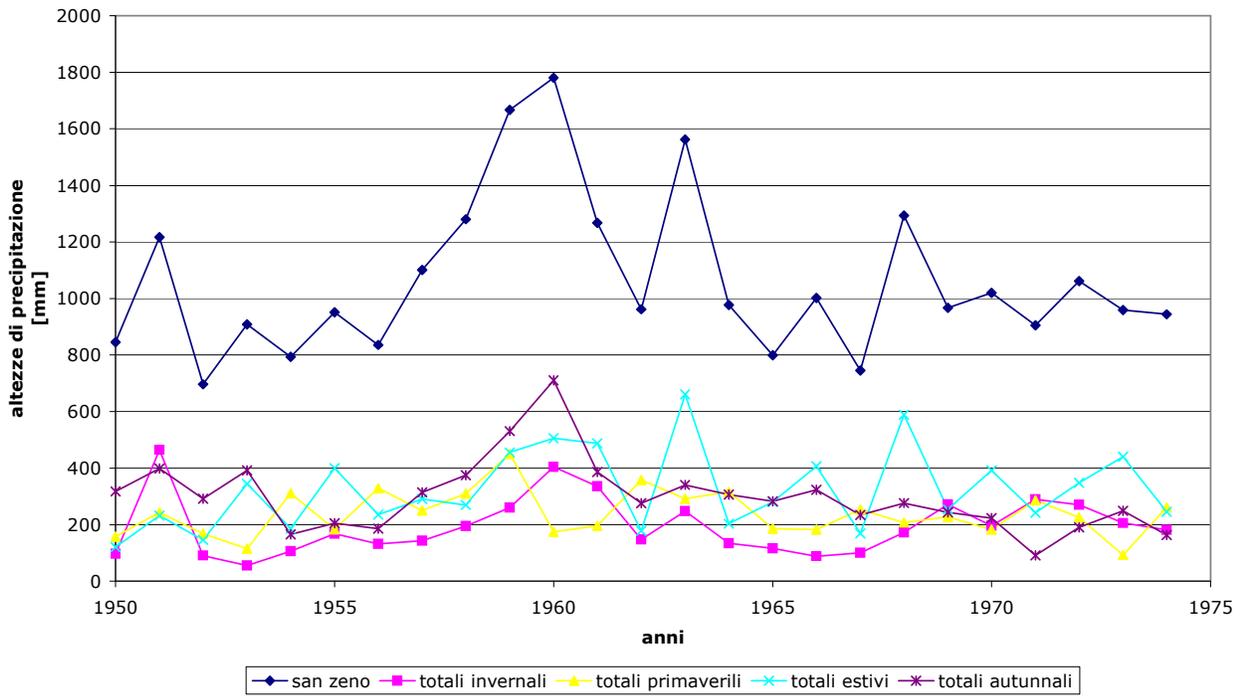


Figura 3.23: confronto tra i totali annui e quelli stagionali per la stagione di San Zeno

TENDENZE STAGIONALI A SAN ZENO (1950-1974)

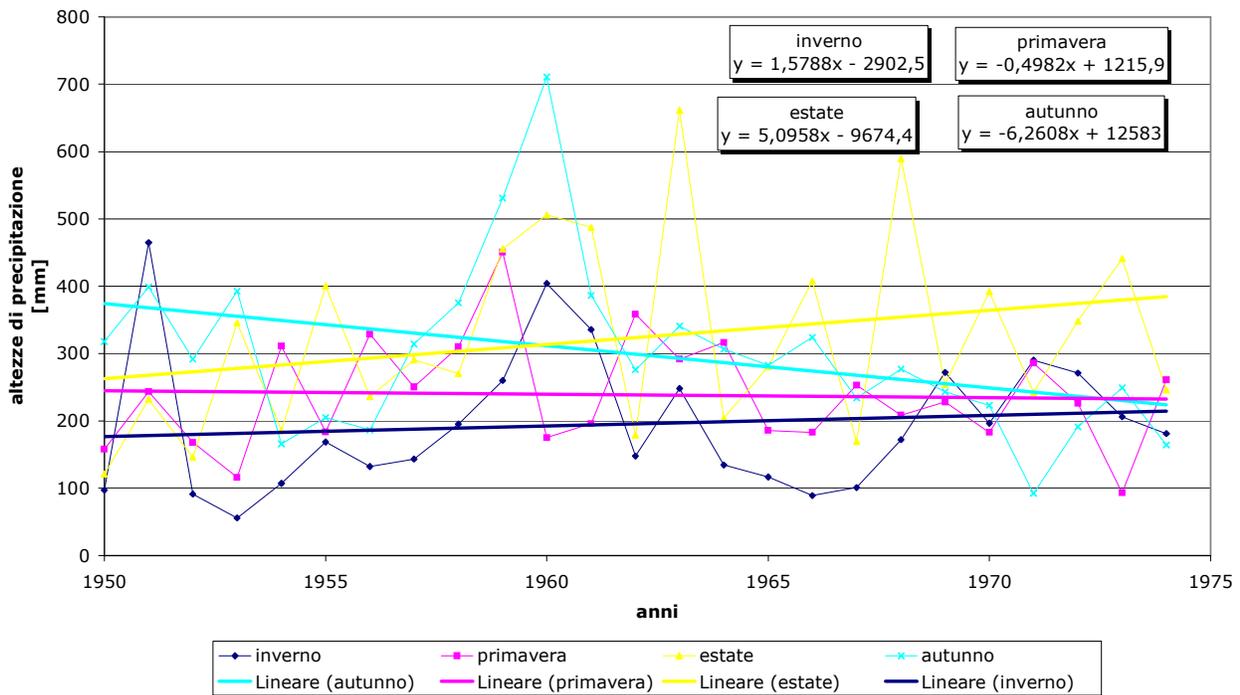


Figura 3.24: tendenze stagionali nella serie storica 1950-1974 per la stazione di San Zeno

Curioso è vedere come la stagione invernale abbia scarto quadratico medio maggiore di quella primaverile, molto probabilmente dovuto ai forti apporti dati nel 1951 (la

stagione invernale è stata la più piovosa), 1960, e dal 1970 al 1974.. Ciò denota quindi una maggior costanza nelle precipitazioni in questa ultima stagione, pur non presentando quantitativi rilevanti.

Il maggior picco si verifica in estate, come già le grandezze cumulate avevano evidenziato, e dato la misura della deviazione standard è presumibile che sia dovuto in gran parte agli apporti temporaleschi

Si noti che i maggior quantitativi estivi non staccano di molto quelli autunnali e i loro scarti quadratici medi mostrino come questi ultimi siano stati nei venticinque anni considerati più costanti.

Diamo ora uno sguardo d'insieme di come pesano le singole stagioni nel computo dei totali annui.(figura 3.23) Si nota come generalmente i valori estivi presentino un andamento molto simile a quello dei totali annui, in scala minore, tranne negli anni dal 1957 al 1960, dove la consistenza dei valori finali sembra dipendere in misura maggiore dai quantitativi autunnali.

La stagione primaverile presenta scarse affinità se non tra il 1955 e il 1957; leggermente superiori quelli invernali che mostrano la loro marcata dipendenza nell'anno 1951. Analiticamente il problema si può inquadrare mediante il calcolo dei coefficienti di correlazione tra i totali annui e i totali stagionali. I valori ricavati sono riportati in tabella 3.2.

| | |
|---------------------------------|------|
| Totali annui-totali invernali | 0,65 |
| Totali annui-totali primaverili | 0,23 |
| Totali annui-totali estivi | 0,73 |
| Totali annui-totali autunnali | 0,75 |

Tabella 3.2: coefficienti di correlazione tra i valori totali annui e i totali stagionali per San Zeno

Come si vede numericamente la correlazione tra i valori annui e quelli autunnali è leggermente più marcata di quella con i valori estivi, a differenza di quanto si vede graficamente; questo probabilmente è dovuto al maggior peso dei volumi autunnali nel primo decennio oggetto di analisi. E' curioso in effetti vedere come i valori massimi annuali raggiunti tra il 1950 e il 1960 siano strettamente legati a stagioni autunnali particolarmente ricchi in apporti idrici, eccezion fatta per il 1951 dove il maggior contributo è stato invernale; dal 1960 invece si osserva una marcata dipendenza dagli apporti estivi contrapposta ad una progressiva diminuzione dei valori autunnali.

La cosa risulta più palese se si osservano le tendenze in figura 3.24. Si vede come l'autunno presenti una pendenza fortemente negativa, ovvero ogni anno la stagione mostra un decremento maggiore di 6 mm di pioggia. Anche la stagione primaverile mostra segni di flessione seppur molto più lievi. Tendenze opposte invece compaiono in estate ed in inverno, che mostrano incrementi di tutto rispetto, soprattutto per quanto riguarda la prima. Tuttavia operando un bilancio dei coefficienti angolari delle rette interpolanti si ottiene un valore negativo, a dimostrazione che sostanzialmente il periodo annuale presenta una propensione alla diminuzione dei volumi precipitati. Ovviamente osservando le cifre in gioco si capisce quanto pesi l'autunno nei bilanci pluviometrici, da cui il più elevato coefficiente di correlazione.

3.2.2 SPIAZZI

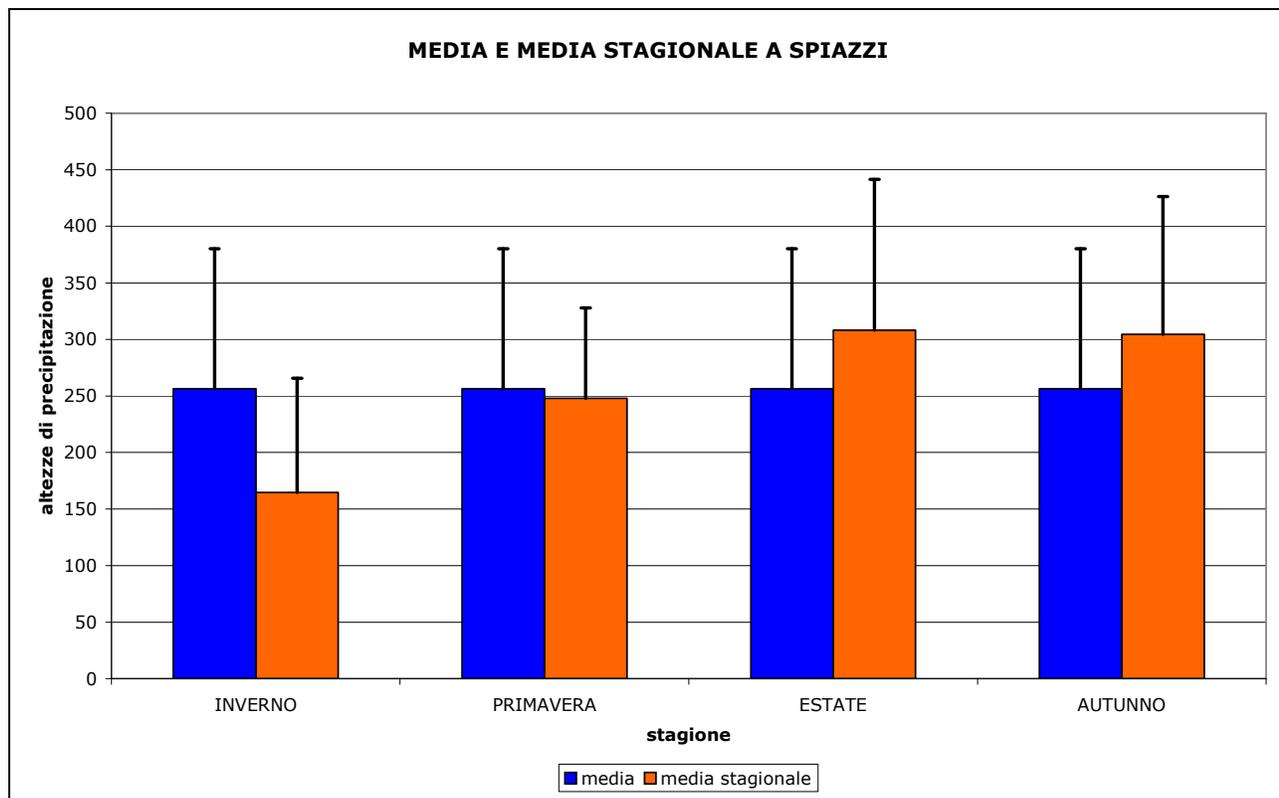


Figura 3.25: valori medi stagionali per la stazione di Spiazzi

Passando sull'altro versante tocchiamo la stazione di Spiazzi di cui riportiamo come al solito l'anno medio:

- inverno: 164,8 mm
- primavera: 247,9 mm
- estate: 308,1 mm
- autunno: 304,3 mm

Nuovamente, ponendo a 100 la media dell'insieme delle stagioni otteniamo le percentuali delle singole stagioni:

- inverno: 64,3%
- primavera: 96,7%
- estate: 120,2%
- autunno: 118,7%

Come si vede Spiazzi ha un comportamento del tutto analogo a quello di San Zeno nella distribuzione dei valori massimi, con la differenza che lo scarto tra estate ed autunno è ridotto al minimo.

Anche la distribuzione delle deviazioni standard presenta forti analogie con San Zeno: si notano infatti i valori più elevati nella stagione estiva seguiti da quelli autunnali.

Si riscontrano inoltre gli identici valori primaverili e invernali, quindi questi ultimi nuovamente più elevati dei primi.

Dai dati appena esposti sembra evidente che nonostante i maggior quantitativi estivi rispetto a quelli autunnali passando da San Zeno a Spiazzi questi assumono rilevanza sempre maggiore

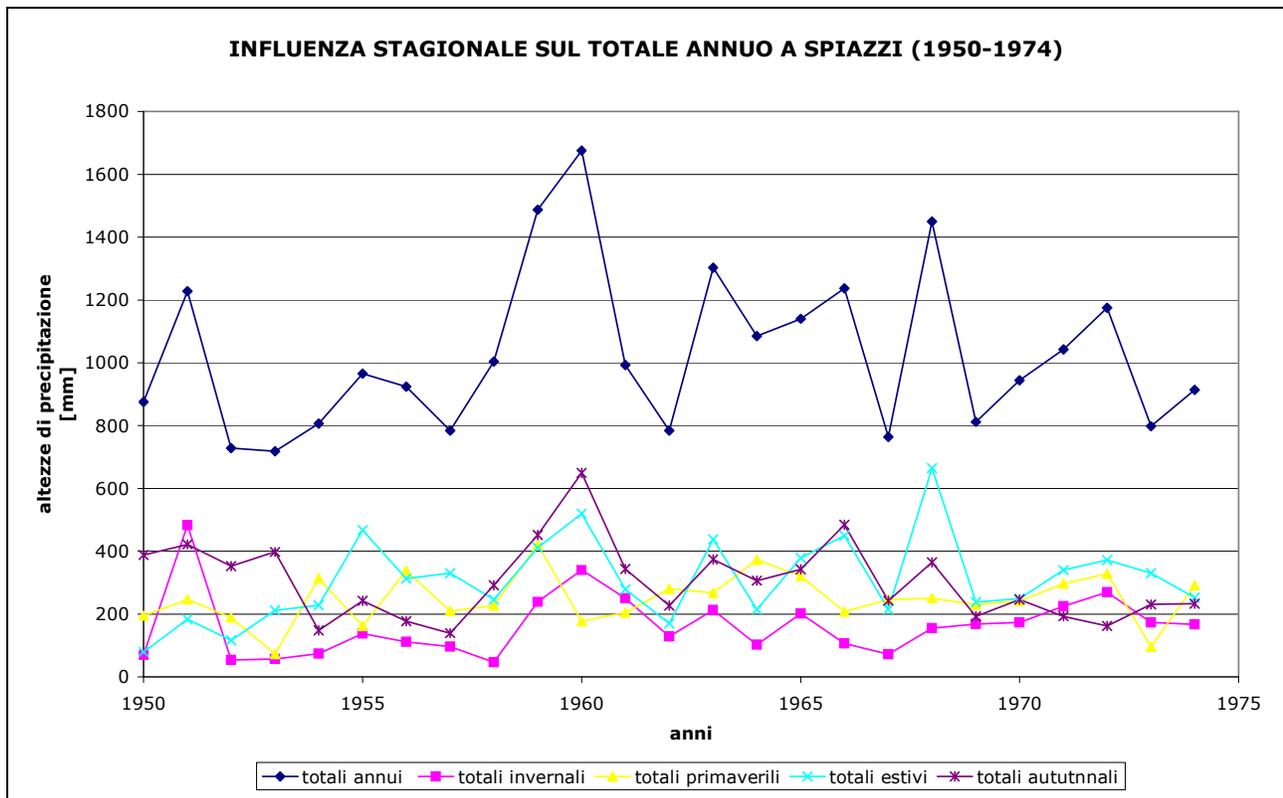


Figura 3.26: confronto tra i totali annui e quelli stagionali per la stazione di Spiazzi

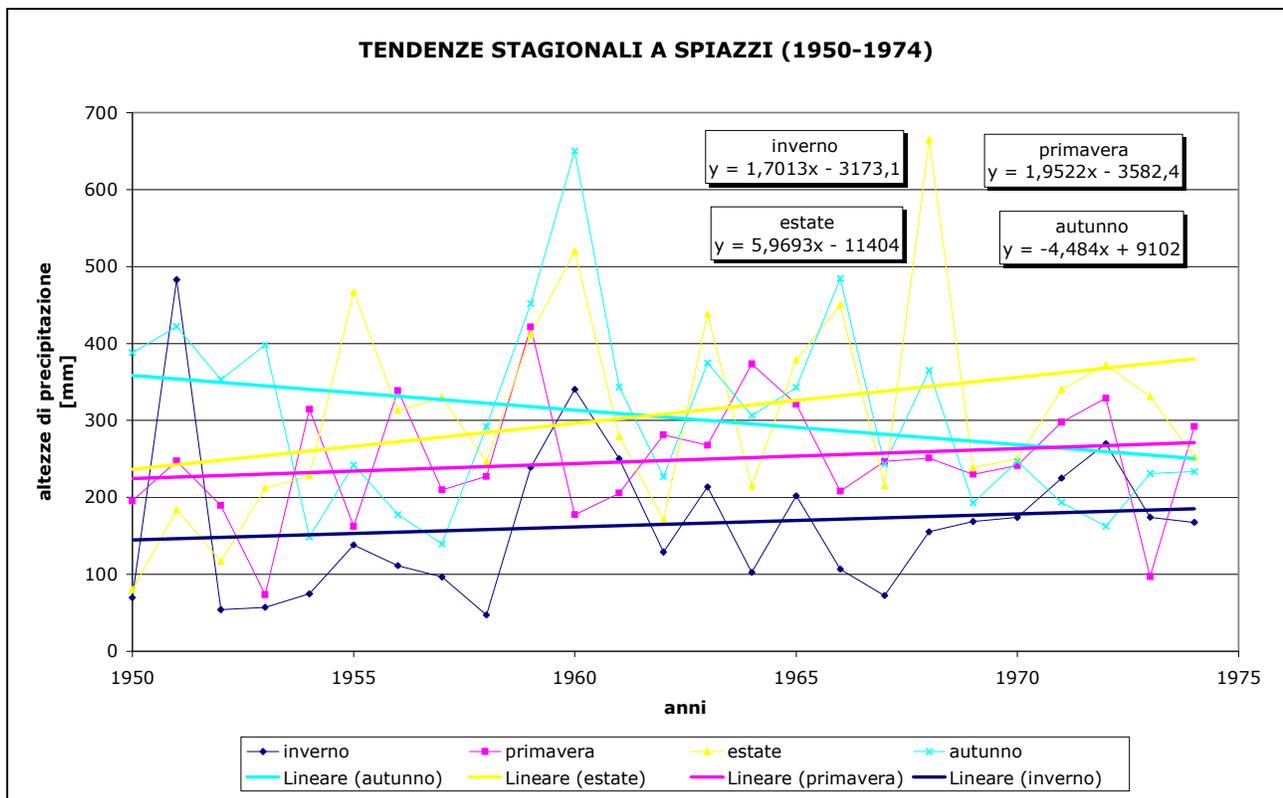


Figura 3.27: tendenze stagionali nella serie storica 1950-1974 per la stazione di Spiazzi

Osserviamo ora come i totali stagionali influiscono i corrispondenti totali annui, ovviamente intesi come volume precipitato. Dal grafico in figura 3.26 si nota come le curve delle stagioni estiva ed autunnale seguano abbastanza fedelmente l'andamento di quella dei totali annuali. Guardando gli anni che hanno mostrato i maggiori eventi si osserva nel 1951 una decisa dipendenza da un inverno particolarmente precipitoso, mentre negli anni 1959 e 1960 sono sicuramente favoriti dai quantitativi autunnali. Il 1963 come anche il 1968, mostrano invece forti contributi da parte delle stagioni estiva.

Mediamente per valutare il peso della singola stagione nei confronti dei volumi totali annui vengono calcolati i coefficienti di correlazione tra le due grandezze riportate in tabella 3.3

| | |
|---------------------------------|------|
| Totali annui-totali invernali | 0,61 |
| Totali annui-totali primaverili | 0,31 |
| Totali annui-totali estivi | 0,72 |
| Totali annui-totali autunnali | 0,67 |

Tabella 3.3: coefficienti di correlazione tra i totali annui e totali stagionali per Spiazzi

Si nota come la stagione estiva sia quella che pesi di più al fine del computo annuo, seguita da quella autunnale. Dai valori medi osservati precedentemente si è notato come tuttavia l'estate costituisca la stagione più variabile dato il maggior valore della deviazione standard, ciò fa presumere che la correlazione (ricordandone anche la definizione) elevata possa essere dovuta ad episodi occasionali. La cosa si vede meglio guardando il basso coefficiente correlativo primaverile contrapposto ad uno molto più elevato invernale, quando i quantitativi della prima sono molto maggiori della seconda, tranne in corrispondenza degli inverni 1951, 1960, 1973, a dimostrazione di come pochi episodi significativi possano influenzarlo.

Il grafico 3.27 mette in evidenza le tendenze stagionali per la stazione di Spiazzi per il periodo compreso tra il 1950 e il 1974. Viene mostrata una decisa diminuzione dei volumi autunnali, alla quale i contrappone variazioni positive nelle altre stagioni, in moda particolare in quella estiva. Come al solito, mettendo a bilancio i vari coefficienti angolari si nota, come riscontrato nella sezione dedicata ai totali, una tendenza all'aumento dei totali annui, anche piuttosto decisa.

3.2.3 MALCESINE

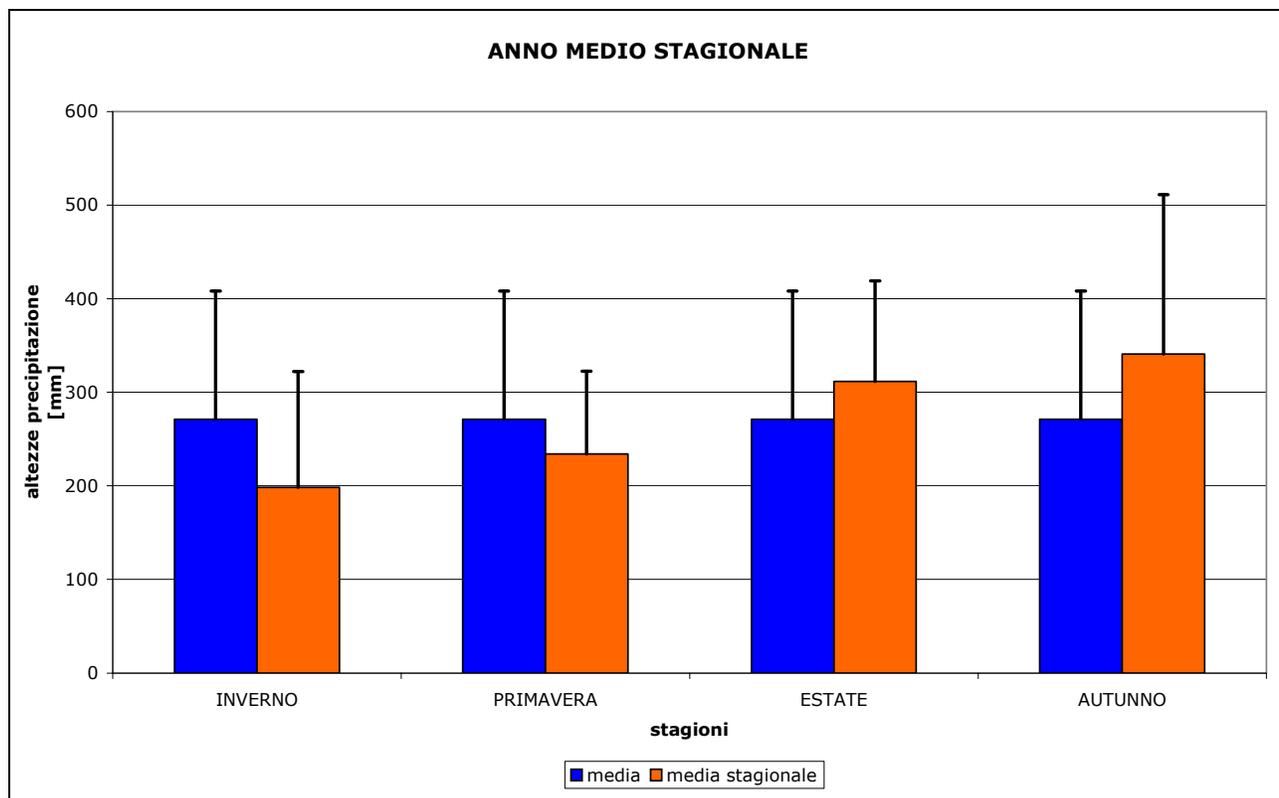


Grafico 3.28: valori medi stagionali per la stazione di Malcesine

Salendo verso Nord incontriamo Malcesine. Come per San Zeno riportiamo i valori dell'anno medio stagionale:

- inverno: 198,3 mm
- primavera: 234 mm
- estate: 311,7 mm
- autunno: 340,9 mm

Calcolando le medie della singola stagione otteniamo:

- inverno: 73,1%
- primavera: 86,3 %
- estate: 114,9%
- autunno: 125,7%

Rispetto a San Zeno si riscontrano alcune differenze. Inverno e primavera mantengono all'incirca i medesimi valori, mentre si riscontra una decisa prevalenza dei quantitativi autunnali rispetto a quelli estivi.

Per quanto riguarda la deviazione standard si nota come il valore invernale sia molto elevato, paragonabile con quelli autunnali di San Zeno, superiore anche di quello estivo, sintomo che la stazione dell'alto Garda abbia beneficiato di inverni particolarmente abbondanti in precipitazione. Il valore minore si riscontra ancora in primavera, mentre il maggiore in autunno, presagendo per questo ultimi fenomeni particolarmente intensi, che a San Zeno tendenzialmente sembrano verificarsi nella

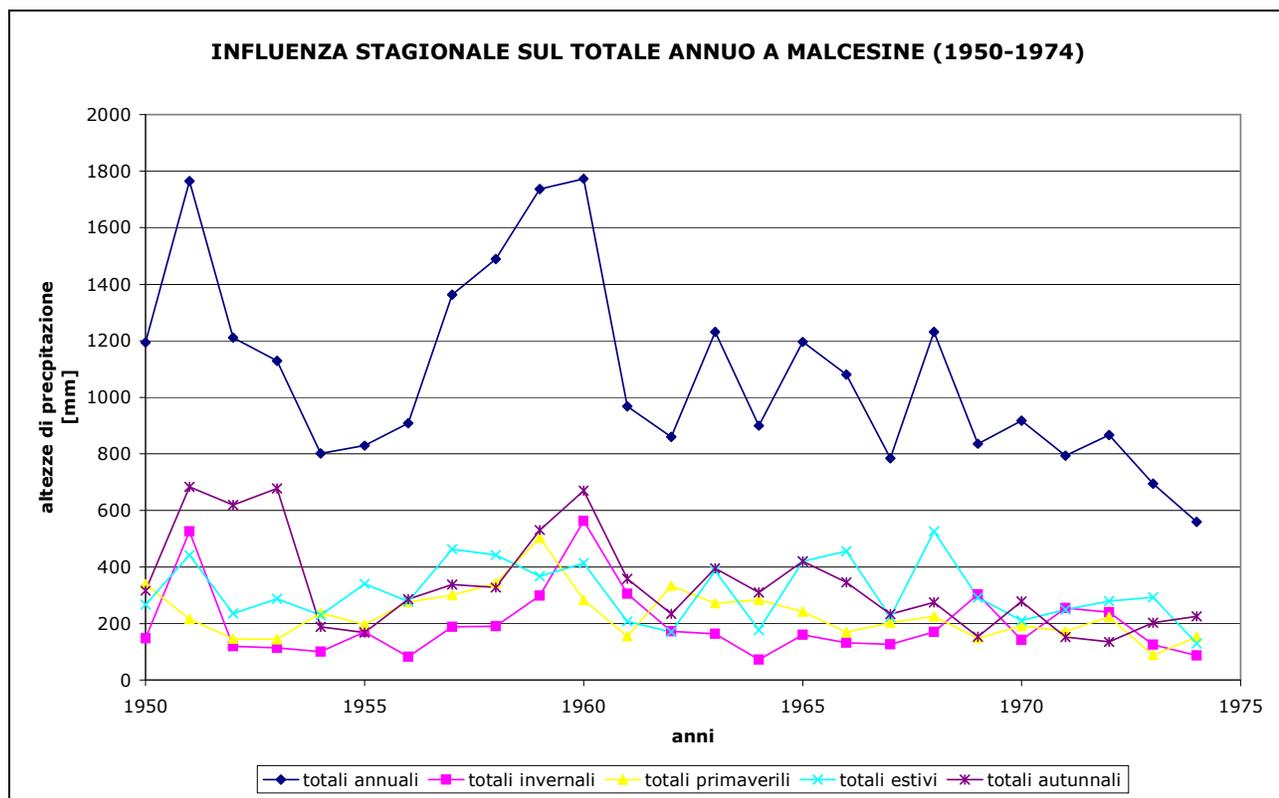


Figura 3.29: confronto tra i totali annuali e quelli stagionali per la stazione di Malcesine

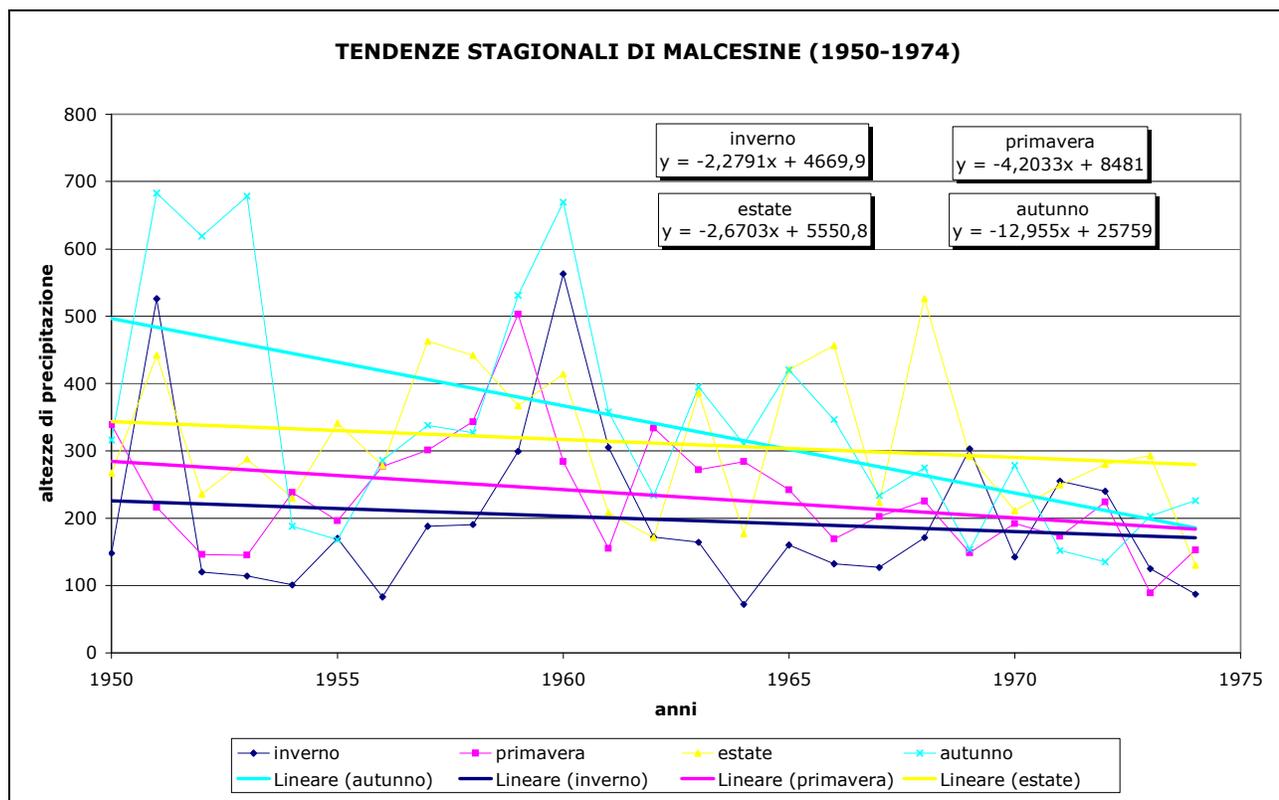


Figura 3.30: tendenze stagionali nella serie storica 1950-1974 per la stazione di Malcesine

stagione estiva. Osservando nell'Annale i valori giornalieri si nelle stagioni autunnali, si nota qui vi siano localizzati i massimi.

La presenza di valori così elevati, paragonabili come già detto a quelli estivi di San Zeno Il grafico in figura 3.29 mostra l'influenza dei totali stagionali su quelli annui, in particolar modo per quanto riguardano gli anni di massima piovosità.

Calcolando i coefficienti di correlazione si notano valori generalmente più elevati rispetto alle altre stazioni.

| | |
|---------------------------------|------|
| Totali annui-totali invernali | 0,64 |
| Totali annui-totali primaverili | 0,56 |
| Totali annui-totali estivi | 0,69 |
| Totali annui-totali autunnali | 0,77 |

Tabella 3.4: coefficienti di correlazione tra totali annui e totali stagionali per Malcesine

In articolare si riscontra un forte peso da parte della stagione autunnale seguito da quello estivo. Come nelle altre stazioni si nota il valore minimo nella stagione primaverile, solo che si attesta su valori molto più elevati rispetto alle altre stazioni.

Per quanto riguarda le tendenze stagionali di Malcesine si nota in tutte una generale diminuzione. Questa risulta particolarmente gravosa per l'autunno, che è anche la stagione che ha dimostrato anche il coefficiente correlativo più alto. Si noti dal grafico 3.29 come in corrispondenza degli anni di massima piovosità della stazione corrispondano anche gli anni in cui i contributi autunnali sono stati i più rilevanti. I decrementi nelle altre stagioni sono meno marcati di quelli autunnali, ma nell'insieme contribuiscono a dare a Malcesine una decisa tendenza alla riduzioni dei volumi precipitati annuali.

3.2.4 CONFRONTO TRA LE STAZIONI

Dopo aver visto il comportamento di ogni singola stazione con l'aiuto del grafico 3.31 faremo un confronto tra le tre, mentre Malcesine verrà confrontata anche con i valori stagionali medi di Riva del Garda.

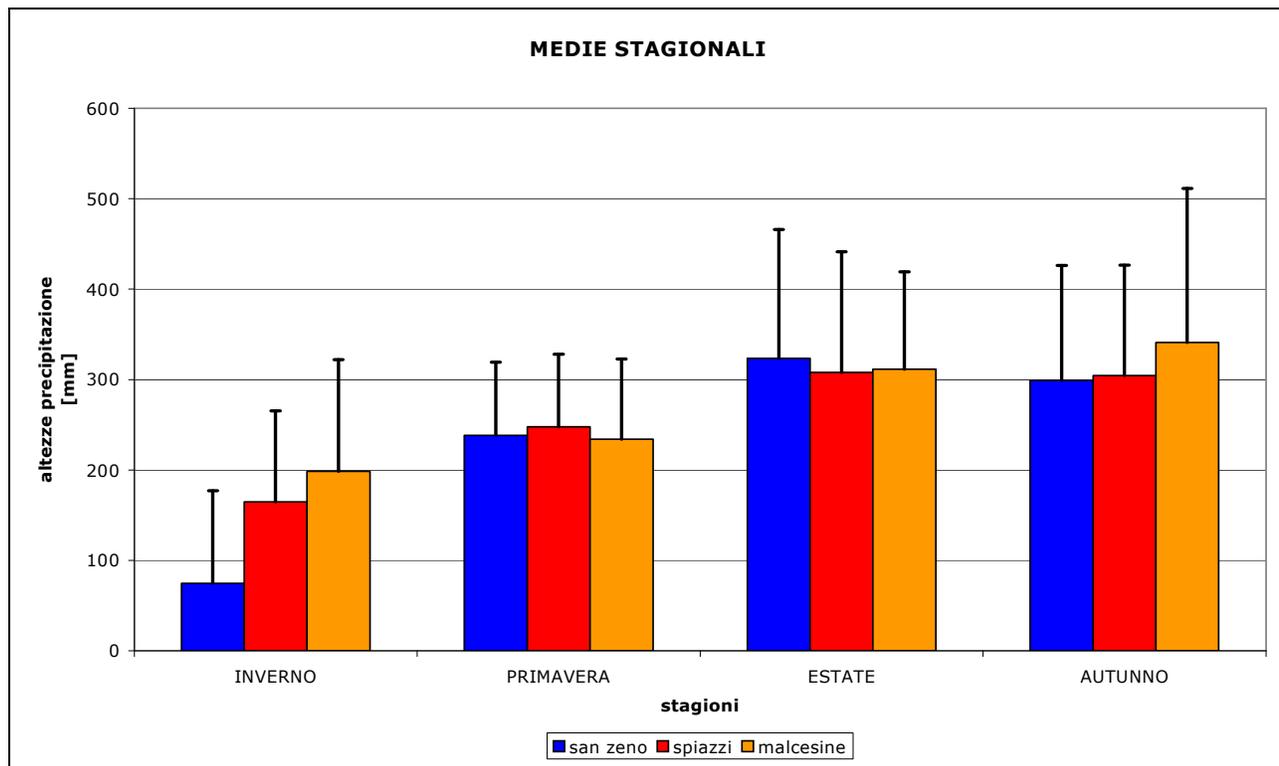


Figura 3.31: confronto tra le medie stagionali delle tre stazioni nel periodo 1950-1974

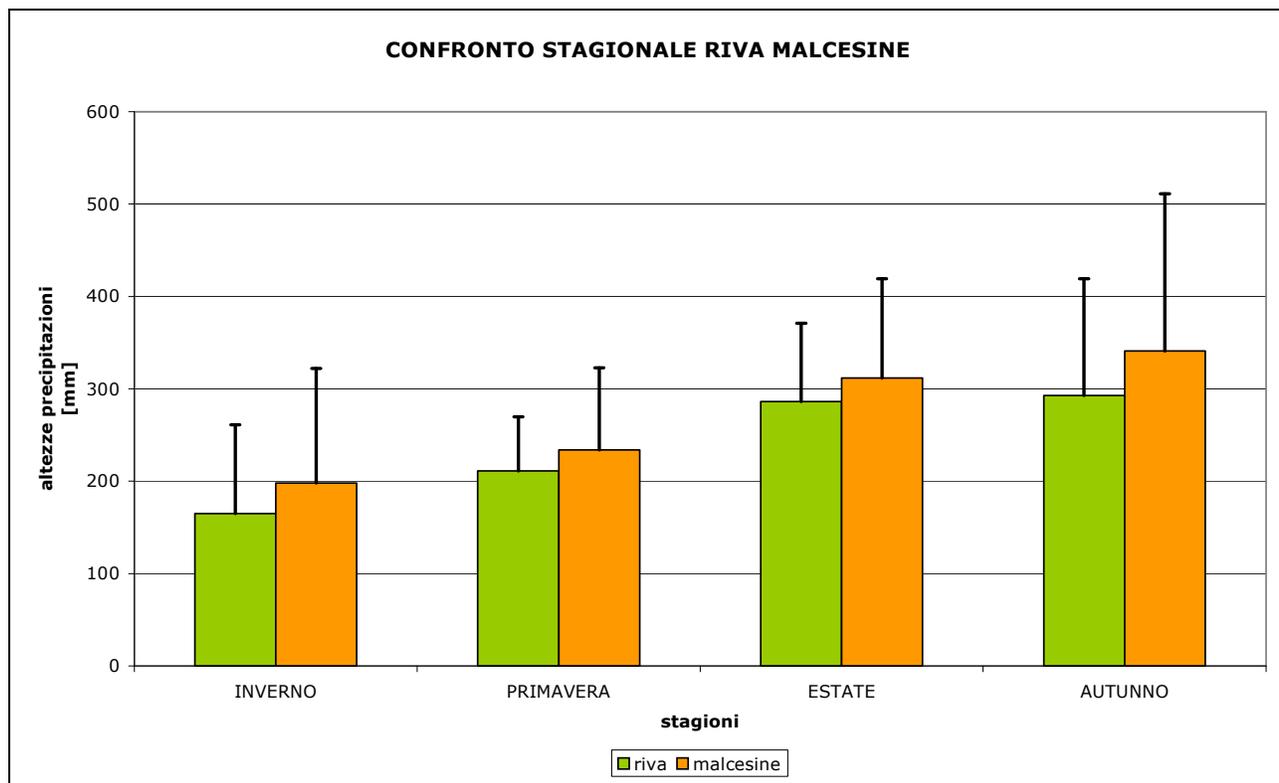


Figura 3.32: confronto tra le medie stagionali di Malcesine e Riva nel periodo 1950-1974

Le barre di errore nei grafici rappresentano la deviazione standard del campione. Dal grafico 3.31 si vede come nella stagione invernale la stazione più siccitosa risulti San Zeno, mentre si evidenziano valori pressoché uguali per le altre due, ricordando nuovamente come però a Spiazzi non vengano conteggiate le precipitazioni nevose a causa della strumentazione installata. A fronte di un maggior quantitativo, Malcesine è anche quella che presenta la maggior variabilità dato il più elevato valore nella deviazione standard. La stazione che meglio viene rappresentata dal valor medio risulta Spiazzi. Nella stagione primaverile Spiazzi mostra i totali maggiori con anche la deviazione minore, che risulta uguale a quella di San Zeno (seconda per quantitativi). Malcesine presenta per contro quantitativi minori e scarto quadratico medio maggiore. La stagione estiva sembra pesi molto nei quantitativi per San Zeno (che presenta anche la maggior deviazione). Il totale più basso lo registra Spiazzi, ma anche una misura di varianza maggiore di quella di Malcesine. Nella stagione autunnale Malcesine sembra godere senz'altro di contributi più importanti, mentre le altre due stazioni mostrano tutto sommato valori molto simili, anche per ciò che concerne la misura di deviazione. Il grafico mostra molto bene la netta differenza tra le prime due stagioni e le seguenti, evidenziando come in inverno e primavera i totali non superino mai rispettivamente i 200 e i 250 mm, mentre nelle rimanenti la soglia dei 300 viene praticamente sempre uguagliata o maggiorata. Questa netta spaccatura dell'anno sotto il profilo precipitazionale mostra evidentemente come il monte Baldo presenti caratteri intermedi tra il clima continentale, con precipitazioni concentrate in primavera ed autunno, e quello alpino che prevede i maggiori eventi in estate ed inverno.

Come visto nell'analisi dei coefficienti di correlazione sembra il caso di fare un confronto con la stagione media di Riva del Garda, mostrato nel grafico 3.32.

Gli andamenti stagionali a confronto sembrano senza dubbio molto simili a parte negli incrementi tra l'estate e l'autunno, estremamente residui che tendono ad avvicinare la stazione di Riva a quella di Spiazzi. E' per questo motivo che in questa sede si sono calcolati i coefficienti di correlazione stagionale anche tra Riva e Spiazzi, che si è rivelato essere leggermente più basso di quello Riva-Malcesine (0.81 contro 0.83).

Per evidenziare in maniera più decisa la similarità negli andamenti stagionali si sono calcolate anche la percentuali delle singole stazioni rispetto alla media delle 100 stagionalità anche per Riva, e nuovamente se ne è calcolato la correlazione.

Per completezza di informazione lo si è fatto anche per la coppia Riva-Spiazzi.

Dai valori ottenuti si evince una maggior similarità tra Riva e Malcesine piuttosto che Riva e Spiazzi, forse dovuta, oltre alle differenti esposizioni, sicuramente anche alla minor differenza di quota tra la stazione veronese e quella trentina.

Concludendo, dall'analisi stagionali si possono estrapolare le seguenti considerazioni:

- in tutte le stazioni si nota una netta distinzione tra un periodo di scarse precipitazioni, costituito dalle stagioni invernali e primaverili, seguito da uno con forti apporti precipitazionali (estate ed autunno)
- Calcolando i coefficienti di correlazione sulle percentuali sull'anno medio rispetto alla media stagionale (riportati in tabella 3.1) non si riscontrano grandi differenze dato i valori tutti molto elevati.
-

| | |
|--------------------|------|
| San Zeno-Malcesine | 0,93 |
| San Zeno-Spiazzi | 0,96 |
| Spiazzi-Malcesine | 0,93 |

Tabella 3.5: coefficienti di correlazione tra le stazioni sull'anno medio stagionale

Si nota tuttavia una maggior affinità di comportamento tra le stazioni poste sui versanti del Baldo, quindi San Zeno e Spiazzi, che presentano anche la minor differenza di quota tra le tre stazioni in esame

- Si verifica anche la maggior correlazione tra Riva e Malcesine (la correlazione sull'anno medio arriva a 0,98) rispetto alle altre, da cui si presume un comportamento precipitazionale di questa ultima molto più simile alla stazione trentina piuttosto che a San Zeno o a Spiazzi.
- Gli andamenti stagionali sembrano influenzati in misura maggiore dalle quote altimetriche piuttosto che quelle planimetriche, infatti alla minor differenza di quota corrisponde una maggior correlazione e viceversa

3.3 ANALISI DEI VALORI MENSILI

Si vuole ora aumentare ulteriormente la risoluzione della nostra indagine andando a vedere cosa succede a livello mensile, e osservare come sono distribuite all'interno della stagione le precipitazioni per ogni singola stazione. Come di consueto si cercheranno in seguito analogie o differenze tramite confronto tra le stazioni.

I grafici riportano a confronto la media sulla serie temporale di ogni singolo mese contro la media mensile.

3.3.1 SAN ZENO

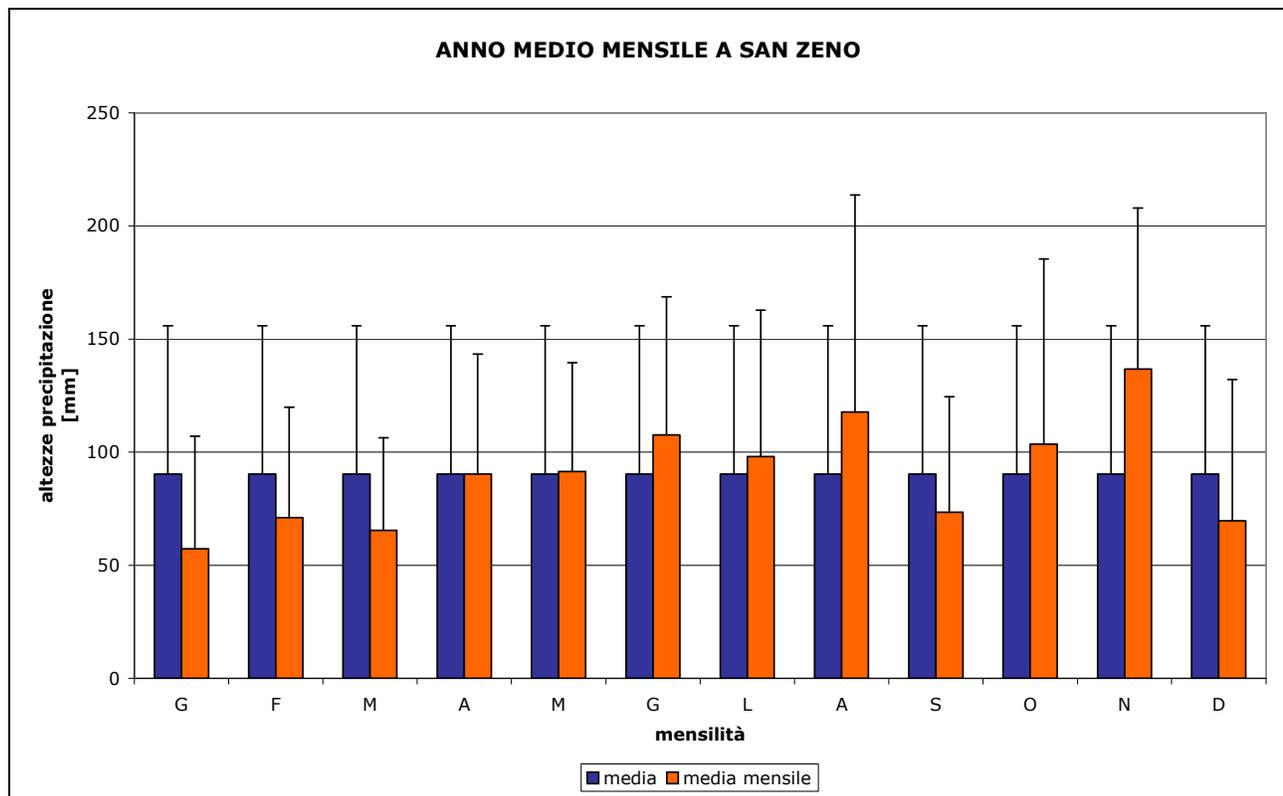


Figura 3.33: valori medi mensili per la stazione di San Zeno

Cominciando da San Zeno si nota come, nuovamente, le stagioni invernali appaiano piuttosto deficitarie sotto l'aspetto delle precipitazioni. La stagione primaverile presenta marzo

ancora con un pesante deficit mentre aprile e maggio si attestano sui valori della media.

Sappiamo che l'estate è la stagione in cui sono presenti gli apporti maggiori, si notano infatti sempre valori sopra la media in particolar modo nel mese di giugno ed agosto dove vengono superati abbondantemente i 100 mm (rispettivamente 107 e 117 mm). Dopo un settembre scarso di apporti si hanno poi valori autunnali di tutto rispetto specialmente in novembre, che risulta anche il mese con i quantitativi maggiori, con 136 mm.

Sommariamente nell'anno medio di San Zeno si hanno 8 mesi su 12 con valori sopra la media, tra i quali ne spiccano quattro sopra i 100 mm localizzati nei mesi giugno agosto, ottobre e novembre.

Nei confronti della deviazione standard la stazione presenta i minimi assoluti nella stagione invernale, mentre i massimi si localizzano nei mesi di Agosto, Ottobre e Novembre. Se rapportata alla media del mese notiamo come la deviazione risulti massima nella stagione invernale e nel mese di agosto e ottobre; mesi che presentano anche un'elevata ampiezza del campione di misure, e i due valori massimi, con 386 mm nell'agosto del 63, e 315 mm nell'ottobre del 60.

3.3.2 SPIAZZI

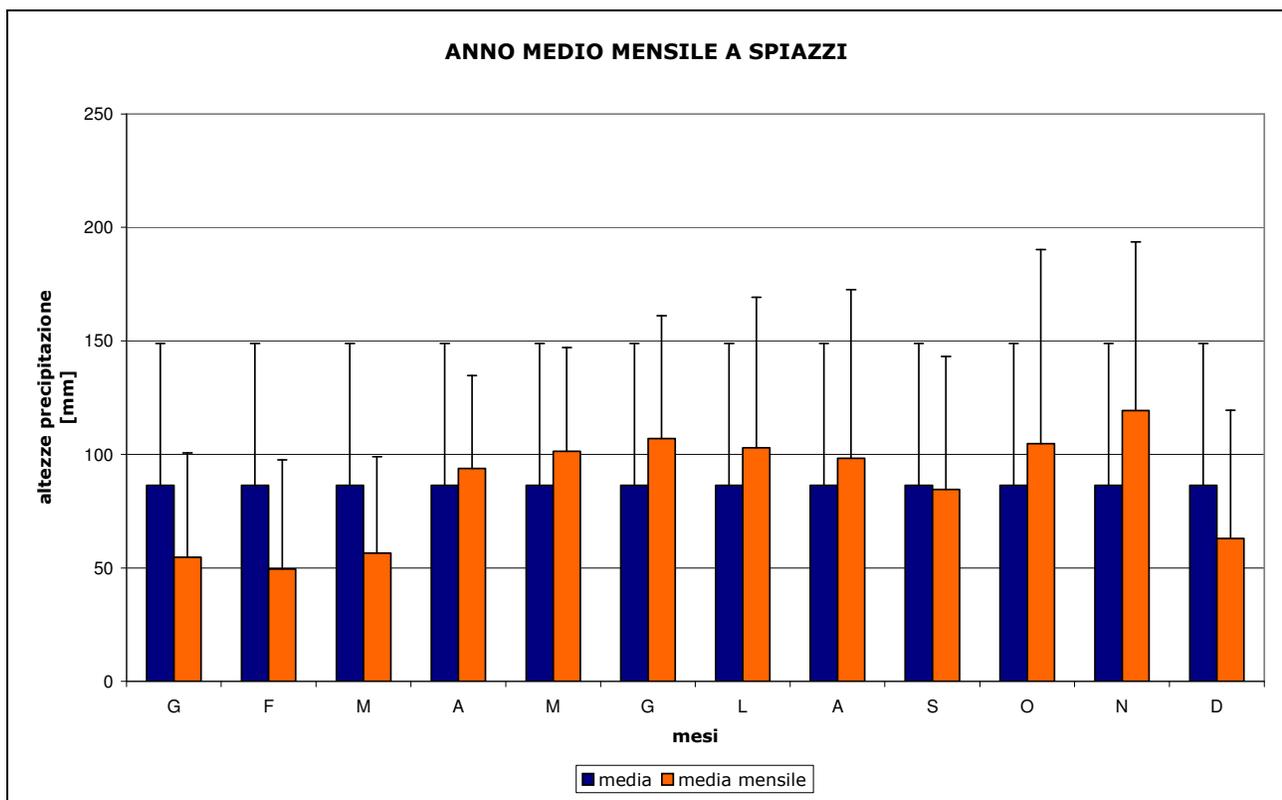


Figura 3.34: valori medi mensili per la stazione di Spiazzi

Passando alla stazione di Spiazzi tutto sommato si riscontrano forti similitudini con San Zeno, valori massimi esclusi.

Anche qui la stagione invernale si presenta costantemente sotto la media, con dicembre che presenta il massimo contributo stagionale.

Nei mesi primaverili, eccezion fatta per marzo, i valori sono sopra il valor medio e superiori anche ai corrispondenti di San Zeno.

La seconda parte dell'anno presenta la maggior quantità di precipitazioni anche a Spiazzi, le quali risultano praticamente equamente tra la stagione estiva ed autunnale.

La cosa si riscontra molto bene guardando il grafico 3.34 delle medie mensili. La stagione estiva presenta valori costantemente sopra la media, con la differenza rispetto a San Zeno che non si ritrovano valori particolarmente elevati ma piuttosto omogenei in tutti i tre mesi. L'autunno a fronte di un settembre con un leggero deficit presenta un ottobre in linea con le quantità estive e un novembre in cui il valore aumenta ulteriormente costituendo il mese più piovoso dell'anno con 119 mm. Per quanto riguarda la deviazione standard in valore assoluto si hanno i massimi nel mese di ottobre mentre i minimi si riscontrano nei mesi invernali. Rapportando la varianza alla media mensile si nota come questa pesi molti negli ultimi mesi citati, nell'ottobre stesso, mentre i mesi più costanti ancora una volta risultano quelli primaverili, tipicamente aprile e maggio.

3.3.3. MALCESINE

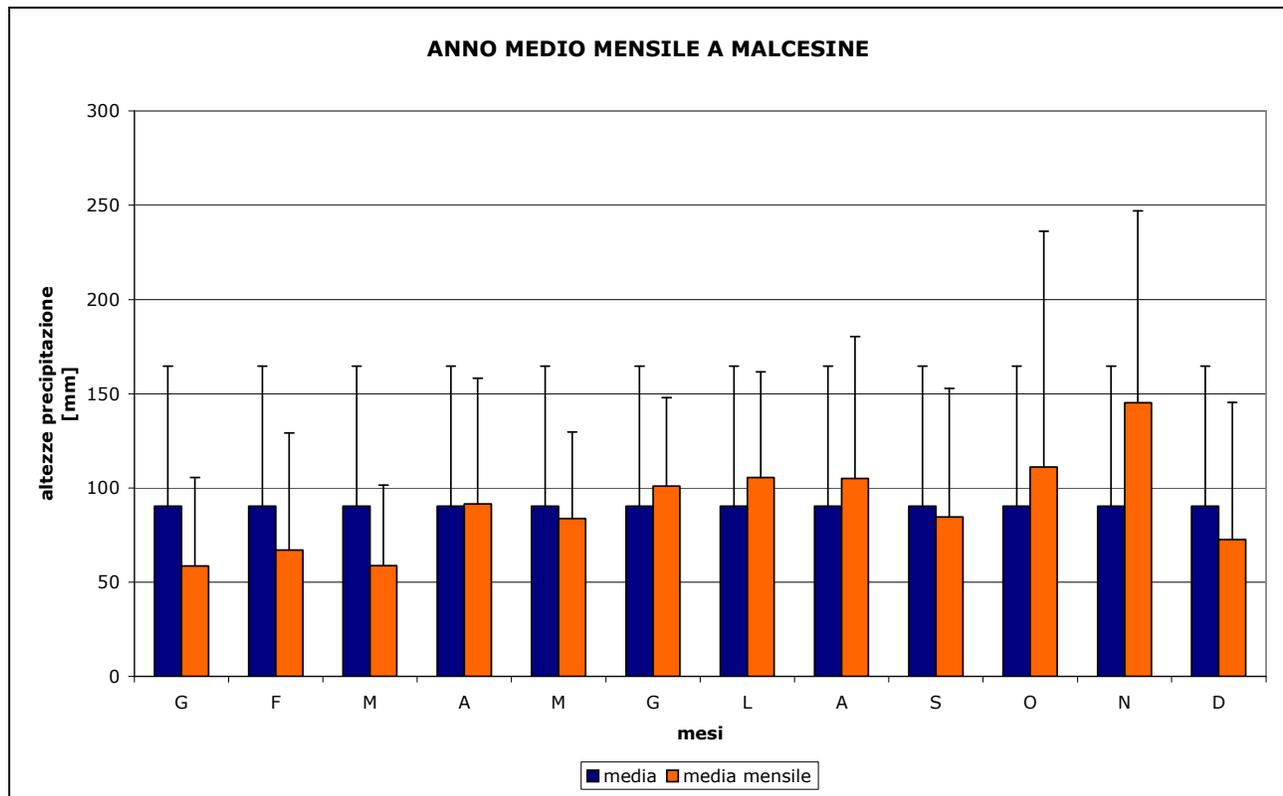


Figura 3.35: valori medi per la stazione di Malcesine

Osservando la situazione di Malcesine ci si rende conto che la distribuzione mensile è molto simile a quella di Spiazzi.

Si osserva quindi un inverno sottotono; anche la primavera eccezion fatta per il mese di aprile risulta carente sotto l'aspetto precipitazionale.

L'estate presenta una costanza nei tre mesi e come per Spiazzi, contrariamente a San Zeno, non si notano particolari valori negli apporti mensili.

Come al solito l'autunno comincia con un settembre con valori sotto la media, passando poi a progressivi aumenti ad ottobre e novembre che risultano essere i mesi maggiormente precipitosi con 111 e 145 mm.

Per la deviazione standard forse è il caso di soffermarsi; si è notato durante l'anno come tendenza generale la presenza di valori più bassi rispetto alle altre stazioni tranne nei mesi di ottobre e novembre, dove lo scarto quadratico medio supera senza problemi i 100 mm.

Rapportato alla media del mese è curioso notare come si aggiunga solamente ottobre ai canonici mesi invernali (con un 112%, nei mesi invernali si hanno percentuali così elevate a causa della ridotta media mensile), a dimostrazione della forte variabilità del mese (ovviamente è quello che presenta anche l'ampiezza del campione maggiore), tanto da presentare anche l'estremo mensile massimo di tutta la serie storica con 550 mm. Nel mese di novembre la deviazione standard pesa il 70% del valor medio a testimonianza di una maggior regolarità delle precipitazioni.

3.3.4 CONFRONTO TRA LE STAZIONI

Nei grafici 3.36 e 3.37 vengono riportati rispettivamente i confronti tra le tre stazioni in esame, sui quantitativi e sui giorni di pioggia.

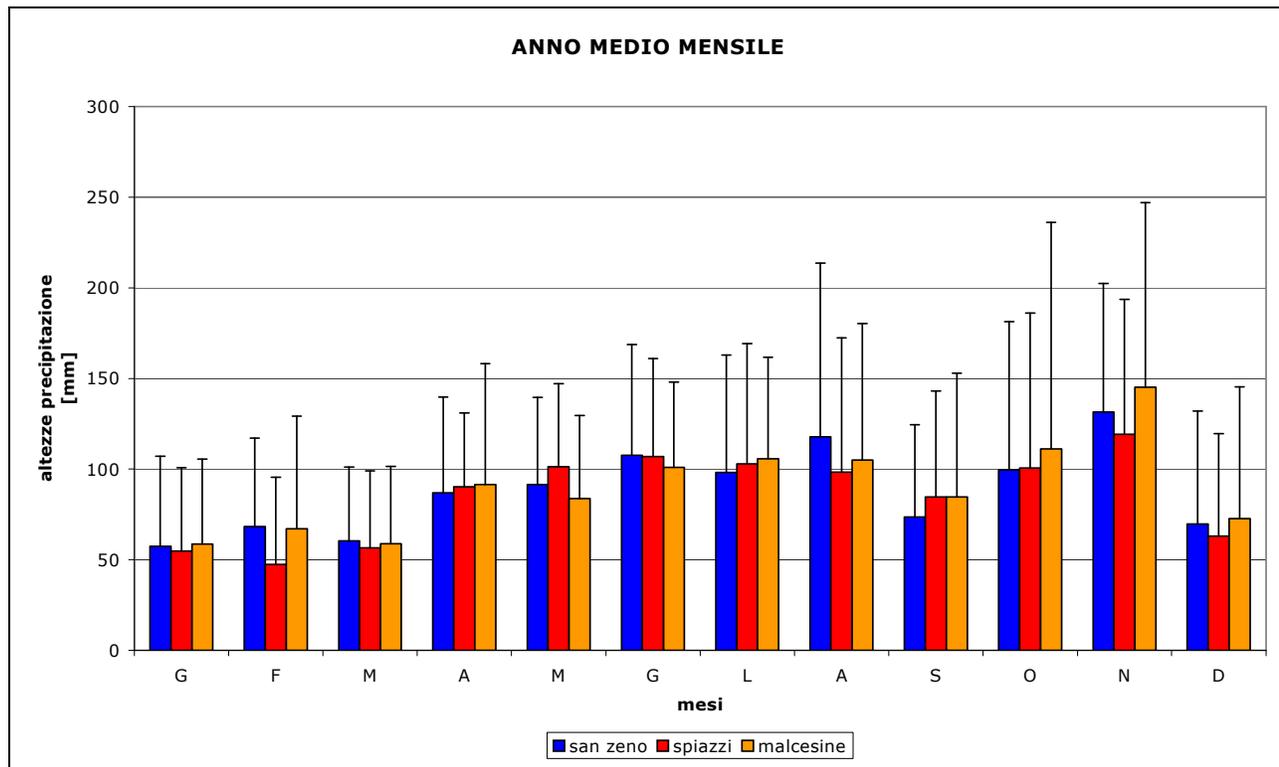


Figura 3.36: confronto tra i valori medi mensili delle tre stazioni

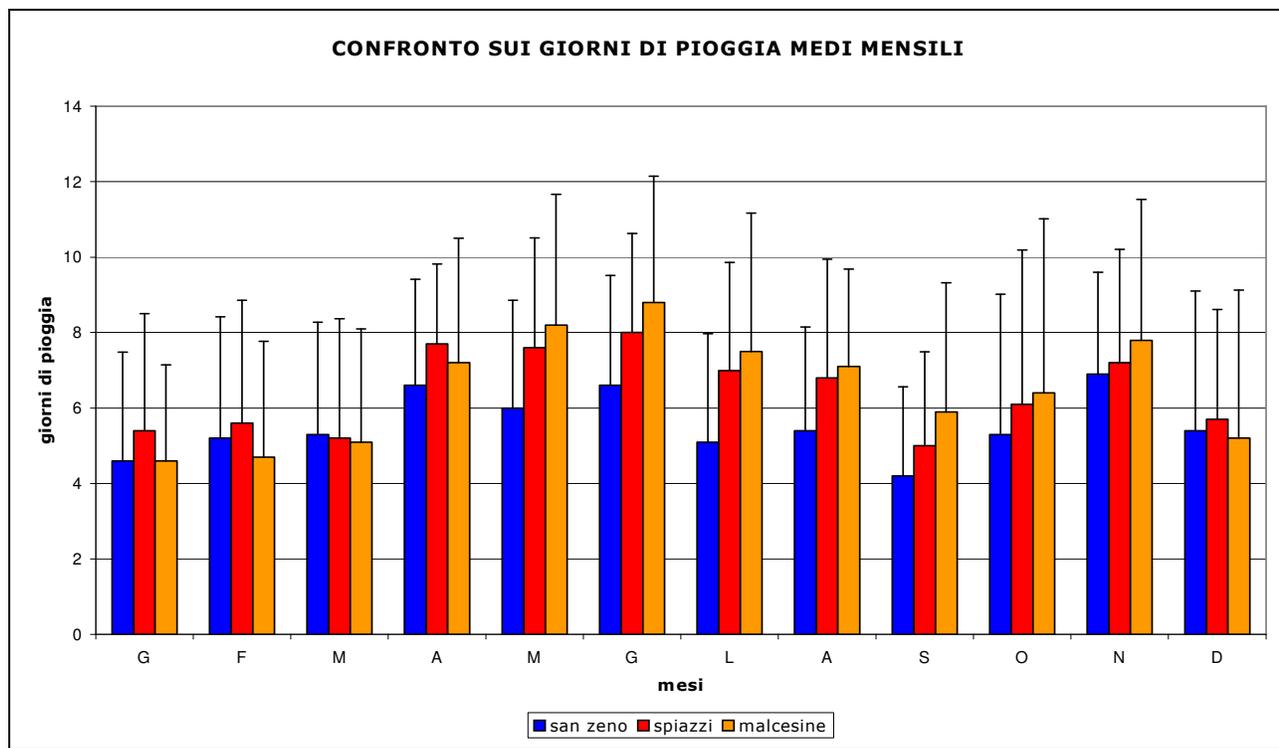


Figura 3.37: confronto tra i valori medi mensili del numero di eventi

Il grafico 3.36 mostra come nelle distribuzioni mensili aumentino le differenze nei volumi apportati, cosa comprensibile dato che aggregando dei valori medi si tende a compensare le differenze.

Analiticamente lo si riscontra andando a calcolare nuovamente i valori dei coefficienti di correlazione sui valori medi.

I valori vengono riportati nella tabella 3.6.

| | |
|--------------------|------|
| San Zeno-Malcesine | 0,90 |
| San Zeno-Spiazzi | 0,94 |
| Spiazzi-Malcesine | 0,89 |

Tabella 3.6: coefficienti di correlazione tra le stazioni sull'anno medio mensile

A parte le considerazioni sulla similarità o meno delle distribuzioni mensili è interessante notare nella stagione autunnale un continuo crescendo, a partire da settembre che si è rivelato mese piuttosto povero di precipitazioni, fino a novembre che si rivela il mese di massima piovosità per tutte e tre le stazioni.

Si vede anche chiaramente dalle barre di errore come la variabilità maggiore sia posta nel mese di ottobre. Questa fenomenologia osservata è dovuta molto probabilmente dal fatto che settembre e ottobre costituiscono mesi di transizione tra le precipitazioni tipicamente estive di carattere temporalesco e quelle autunnali di origine frontale organizzata. Il mese di settembre presenta sempre valori scarsi sia nei quantitativi sia nella deviazione standard a testimonianza di una certa stabilità nelle modalità di precipitazione. Questo è imputabile a una ridotta fonte termica per lo sviluppo di fenomeni temporaleschi rilevanti, oltre al fatto che solitamente l'anticiclone delle Azzorre tipicamente insiste ancora alle latitudini del Mediterraneo.

La forte variabilità del mese di ottobre è in dipendenza alla persistenza o meno dell'anticiclone sopra nominato alle latitudini mediterranee. Solitamente ciò viene meno in un periodo compreso tra la seconda metà di ottobre e il mese di novembre.

Si presume il verificarsi di copiose precipitazioni nel mese di ottobre sia dovuto appunto alla traslazione anticipata dell'anticiclone; tale ipotesi può essere suffragata dal fatto che nei mesi di ottobre che presentano i valori massimi si riscontra una concentrazione degli eventi principali nella seconda metà del mese.

Curioso è anche riscontrare che in coincidenza di mesi di ottobre altamente precipitosi seguono mesi di novembre con valori decisamente sotto la media stagionale.

Vengono ora calcolati i coefficienti di correlazione tra giorni di pioggia e volumi totali e riportati in tabella 3.6b

| | San Zeno | Spiazzi | Malcesine |
|-----------|----------|---------|-----------|
| Gennaio | 0,87 | 0,89 | 0,73 |
| Febbraio | 0,89 | 0,85 | 0,78 |
| Marzo | 0,89 | 0,90 | 0,81 |
| Aprile | 0,83 | 0,80 | 0,82 |
| Maggio | 0,73 | 0,81 | 0,57 |
| Giugno | 0,76 | 0,67 | 0,54 |
| Luglio | 0,78 | 0,77 | 0,64 |
| Agosto | 0,83 | 0,85 | 0,84 |
| Settembre | 0,71 | 0,73 | 0,79 |
| Ottobre | 0,88 | 0,87 | 0,81 |
| Novembre | 0,55 | 0,68 | 0,77 |
| Dicembre | 0,93 | 0,88 | 0,92 |
| Media | 0,81 | 0,81 | 0,75 |

Tabella 3.6b: coefficienti di correlazione volumi-giorni di pioggia per stazione

Dato che il coefficiente di correlazione indica l'attitudine del problema ad essere rappresentato da una relazione lineare e sapendo che queste mantengono costante il rapporto tra le variabili si può presumere che i mesi che presentano mediamente le correlazioni più elevate siano quelli in cui si manifesta una intensità media di precipitazione circa costante negli anni. Generalmente si nota che i mesi che presentano i valori più elevati sono quelli tipicamente invernali a cui si aggiunge ottobre ed agosto, mentre tra i più variabili si registrano novembre, maggio e giugno in diversa misura a seconda della stazione. I coefficienti presentano l'estremo massimo a San Zeno nel mese di dicembre con 0,93 e il minimo nella stazione di Malcesine nel mese di giugno con 0,54. Mediamente la stagione che presenta un'intensità maggiormente costante è Spiazzi, mentre quella più disomogenea risulta Malcesine

La figura 3.37 mostra chiaramente la minor presenza di eventi nella stazione di San Zeno rispetto alle altre, che mostrano un comportamento nei confronti degli eventi piuttosto simile. Si è notato che nel comportamento medio durante la stagione estiva nelle stazioni di Malcesine e San Zeno al diminuire dei numeri di pioggia aumentano i volumi apportati, mentre a Spiazzi avviene esattamente il contrario. I mesi più ricchi di eventi risultano essere in generale quelli fine primaverili, giugno e novembre, a cui corrisponde anche il mese con i massimi volumi apportati. Sul grafico sono anche riportate le barre di errore proporzionali alla deviazione standard della grandezza, da cui si osserva nuovamente come il valore massimo spetti al mese di ottobre in analogia ai volumi, a dimostrazione della forte instabilità del mese..

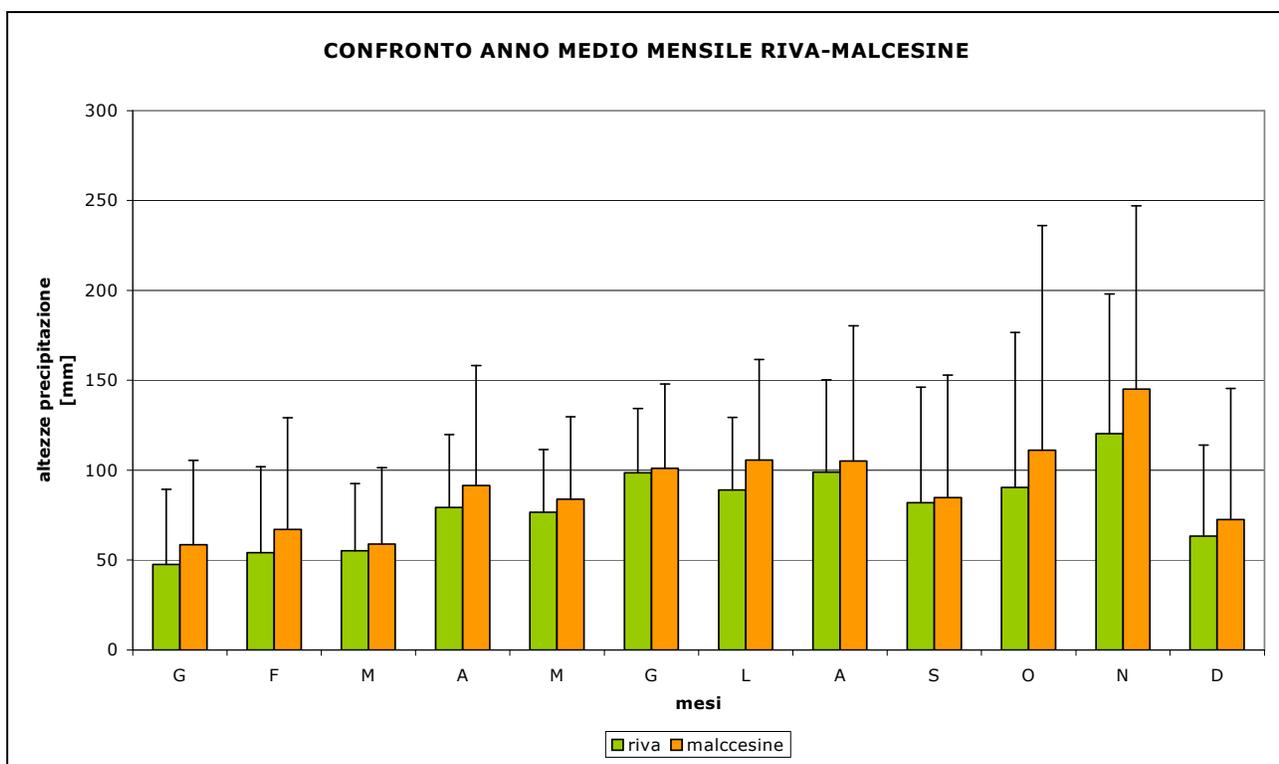


Figura 3.38: confronto tra i valori medi mensili delle stazioni di Malcesine e Riva

Il grafico 3.38 mostra la notevole somiglianza negli andamenti di Riva e Malcesine, rispetto alle altre stazioni, confortata anche dall'alto valore del coefficiente di correlazione sui valori medi mensili (0.96).

Le maggiori differenze si notano nel mese di luglio, che per Malcesine costituisce il massimo estivo mentre per Riva il minimo.

Comunque viene ribadita la maggior somiglianza tra Riva e Malcesine rispetto alle altre stazioni veronesi.

Per inciso tra le quattro serie storiche viste Riva è quella che presenta i quantitativi più modesti. Vista la somiglianza nelle modalità di precipitazione con Malcesine fa presumere che ciò sia dovuto alla progressiva diminuzione dell'umidità nelle correnti d'aria che risalgono verso Nord, a causa della progressiva condensazione che si ha per spinta orogenetica risalendo il lago, e che probabilmente raggiunge i suoi massimi a livello di Malcesine.

3.4 MODALITA' DI DISTRIBUZIONE DELLE PIOGGIE A LIVELLO MENSILE

Sui mesi mensili si è deciso di approfondire l'analisi studiando le modalità di precipitazione. A tal fine si sono divise i totali mensili in diverse categorie, ognuna delle quali ha un'ampiezza di 20 mm di pioggia. Per ogni categoria di pioggia vengono identificati i mesi appartenenti e ne vengono estratti i rispettivi giorni di pioggia.

Dei valori sul numero di eventi ne viene fatta poi la media, vengono identificati gli estremi minimi e massimi, quindi viene calcolata lo scarto dalla media minimo e massimo. Queste grandezze vengono tutte rappresentate in un grafico a dispersione XY. La coordinata x rappresenta il punto di mezzera dell'intervallo di categoria delle altezze di precipitazione, mentre la coordinata y indica la media dei giorni di pioggia dei corrispondenti valori che ricadono nella categoria. L'insieme delle barre di errore lungo l'asse delle ascisse (la positiva e la negativa) costituisce l'ampiezza di un intervallo di una delle categoria, che risulta uguale per tutte.

Le barre di errore parallele all'asse delle ordinate rappresentano lo scarto quadratico massimo rispetto alla media (la superiore) e lo scarto quadratico minimo (quella inferiore) che sono stati presi di ugual entità. Questo è grafico è stato scelto per semplificare la lettura e l'interpretazione rispetto a quello con i medesimi assi coordinati ma che presentava tutti i 300 valori corrispondenti ad altri tanti mesi, ovvero quelli della serie storica.

Ovviamente le coppie di valori che nel grafico non presentano le barre di errore y significano che sono referenti ad un unico mese, ovvero la categoria è rappresentata da un singolo valore, e solitamente sono i casi di alcuni valori estremi, talvolta eccezionali, isolati.

In calce a tali grafici ne vengono riportati altri a colonne in cui ogni barra rappresenta la frequenza di ogni categoria; da questa è possibile risalire al numero di mesi appartenenti ad ogni classe semplicemente moltiplicando la specifica frequenza per 300, il numero totali dei mesi costituenti la serie storica.

E' ovvio che la somma di tutte le frequenze delle diversi classi deve essere uguale ad uno.

3.4.1 SAN ZENO

Il grafico 3.39 mostra le modalità di distribuzione dei giorni di precipitazione in base ai diversi range di altezza per la stazione di San Zeno. Si nota in maniera molto evidente una relazione di tipo lineare tra i giorni di pioggia, intesi come valori medi, e le altezze di precipitazione, anche qui la coordinata x rappresenta il punto di mezzera dell'intervallo, fino al limite di 150 mm (che corrisponde all'intervallo 140-160 mm).

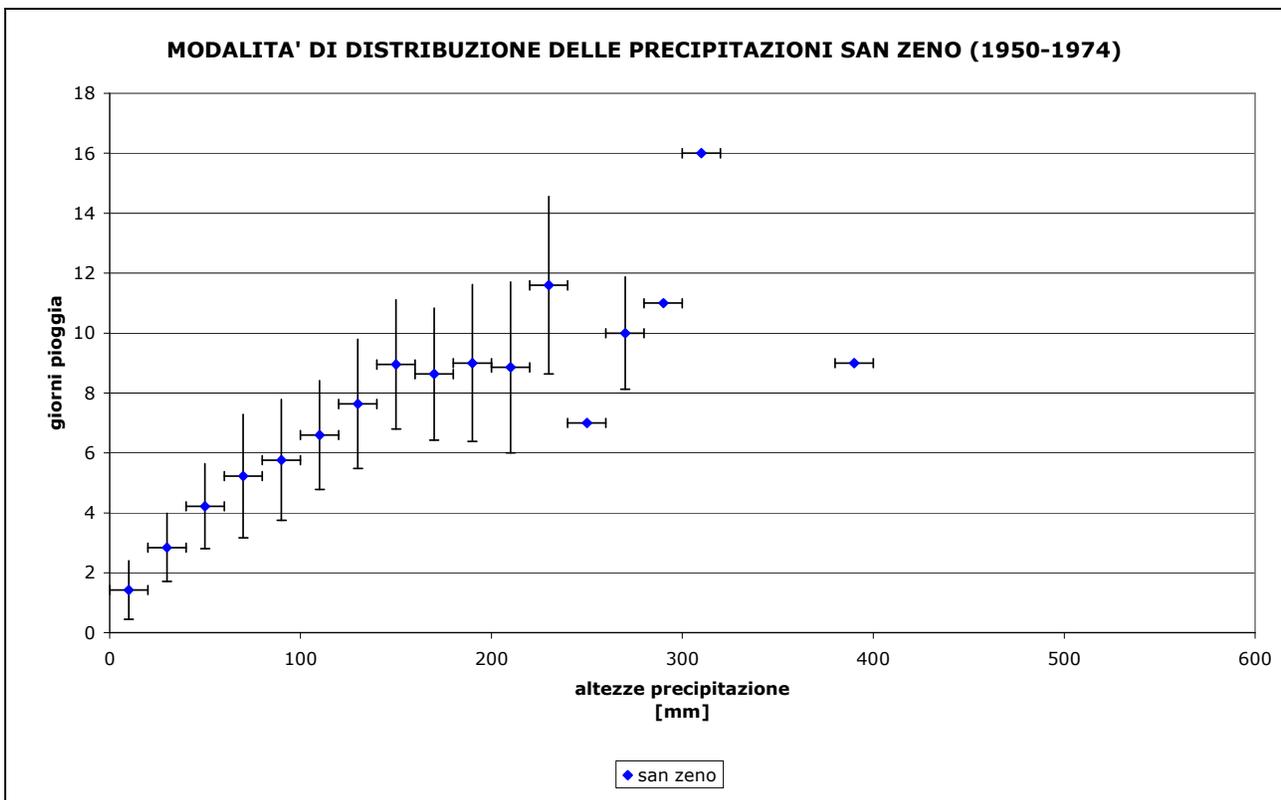


Figura 3.39:modalità di distribuzione delle piogge a livello mensile

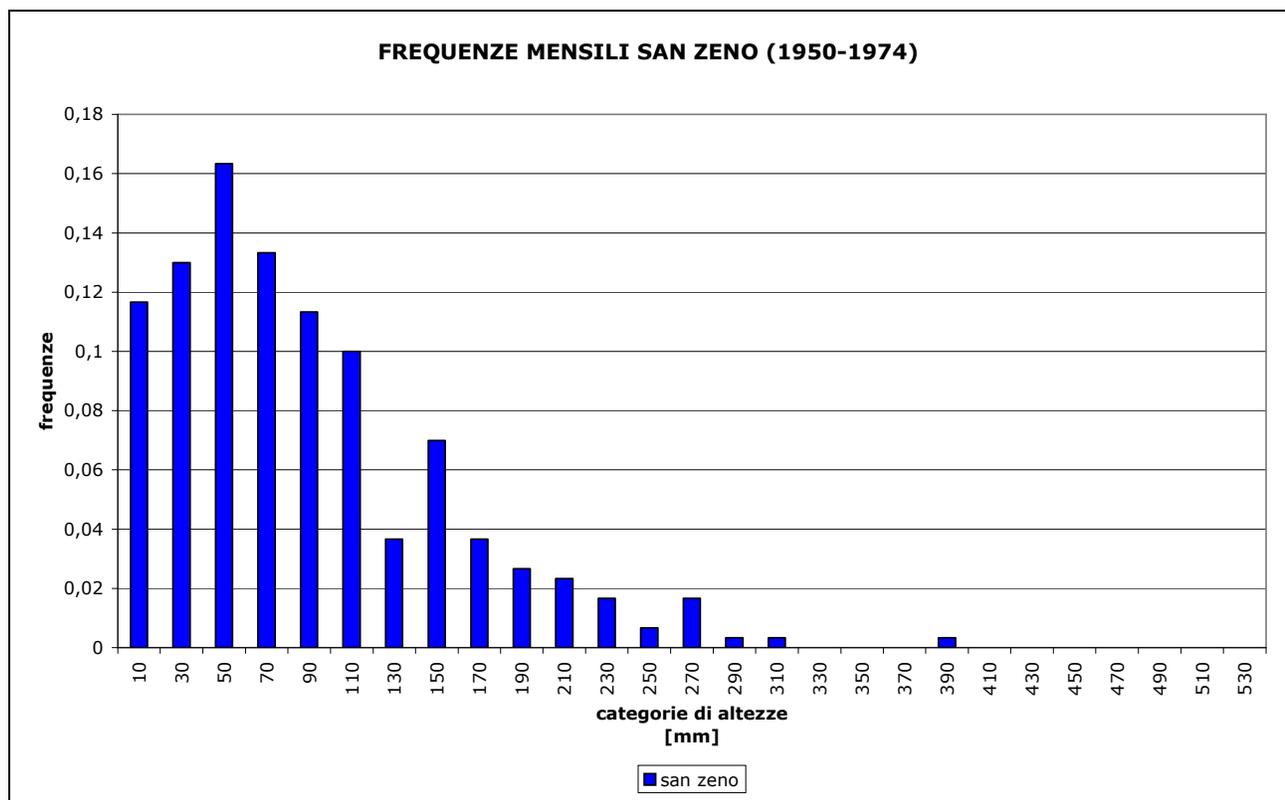


Figura 3.40: frequenze di avvenimento per ogni categoria

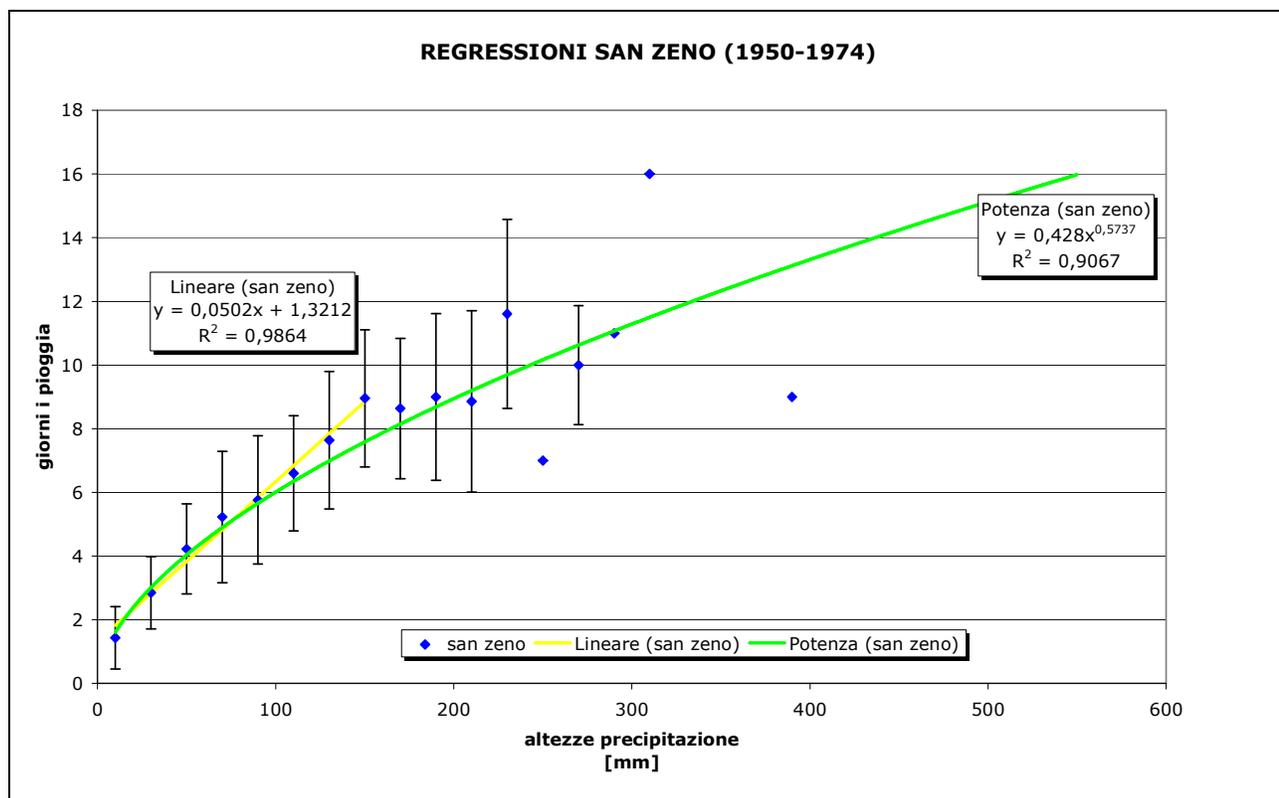


Figura 3.41: regressioni proposte: lineare e a potenza

Per gli intervalli successivi si nota un progressivo aumento della dispersione dei punti con una conseguente diminuzione di correlazione tra le due grandezze prese in esame (mm di precipitazione e giorni di pioggia).

Si è notato inoltre che l'andamento generale dei punti fittati tende a disporsi lungo una immaginaria curva, simile a quelle delle scale delle portate che si usano in idrologia, avente forma di una potenza.

Ci è sembrato utile effettuare l'operazione di regressione, per ricercare l'espressione analitica di questa possibile relazione tra le altezze e i giorni di pioggia, per avere una qualche metodologia, anche se rudimentale e di validità limitata al periodo da noi analizzato, che indichi mediamente quanti giorni servono per coprire dei quantitativi di precipitazione compresi in un intervallo di 20 mm.

Nel grafico 3.41 vengono riportate le due regressioni possibili, quella lineare limitata fino ad altezze di 150 mm e quella in forma di potenza, con le relative espressioni analitiche ed i valori di R^2 (nel caso di regressione lineare il valore di R^2 si riferisce al limite sopra citato ovvero 150 mm).

Si osserva come la regressione lineare rappresenti molto bene la prima parte del problema mentre difetti in maniera piuttosto decisa nella seconda dove l'andamento generale tende ad "appiattirsi". Per questo motivo si è cercato di interpolare con una curva a potenza in modo da plasmare la curva sull'andamento dei punti fittati.

Il risultato rappresentato dalla curva verde però non si adatta molto bene ai punti sperimentali a disposizione, dato il non elevatissimo valore di R^2 ; si può quindi assumere che nella stazione di San Zeno è possibile avere una relazione tra le grandezze di tipo lineare fino a precipitazioni dell'ordine dei 150 mm, dopo la marcata variabilità dei punti impedisce di dare qualsiasi tipo legame predittivo.

Il risultato ottenuto a prima vista può sembrare limitato, però bisogna considerare che nel limite dei 150 mm rientrano tutti i mesi dell'anno medio. Inoltre osservando il grafico 3.40 possiamo vedere che fino alla soglia sopra citata rientra più del 86% del campione a disposizione. Quindi il modello proposto non copre 41 mensilità di cui 5 costituiscono valori estremi che non avuto, o solo una, ripetizione nella serie storica

dove in questo caso la variabile x rappresenta le altezze di precipitazione. La curva a prima vista si presenta come una gaussiana fortemente asimmetrica, determinata quindi oltre che dai soliti parametri di media e varianza anche dal momento del terzo ordine (coefficiente di Skeweness). La determinazione della curva ci è sembrata limitante poiché i dati di 25 anni sono piuttosto carenti, inoltre non dà informazioni aggiuntive rilevanti oltre a quelle che già si possono estrapolare dal grafico 3.40.

Le frequenze aumentano fino a toccare un massimo in corrispondenza degli eventi compresi tra 40 e 60 mm. Da qui all'aumentare delle altezze, le frequenze diminuiscono abbastanza linearmente con un brusco calo nella categoria centrata in 130 mm, fino a 150 mm. Come già detto in precedenza fino a questo punto rientra più del 86% del campione a disposizione, e in seguito le frequenze di avvenimento subiscono una forte riduzione a dimostrazione della forte sporadicità degli eventi.

In particolare si è osservato nei 41 mesi che rappresentano gli eventi sopra i 150 mm la maggior presenza di mesi tipicamente autunnali ed estivi. Oltre ai 270 mm sono presenti solo tre avvenimenti in altrettante categorie che costituiscono propriamente eventi estremi caratterizzati dai tempi di ritorno maggiori di tutta la serie.

3.4.2 SPIAZZI

Come San Zeno anche Spiazzi mostra, idealmente, nel grafico 3.42 un andamento inizialmente lineare che in seguito tende ad appiattirsi fino a raggiungere i valori estremi caratterizzati da una accentuata dispersione.

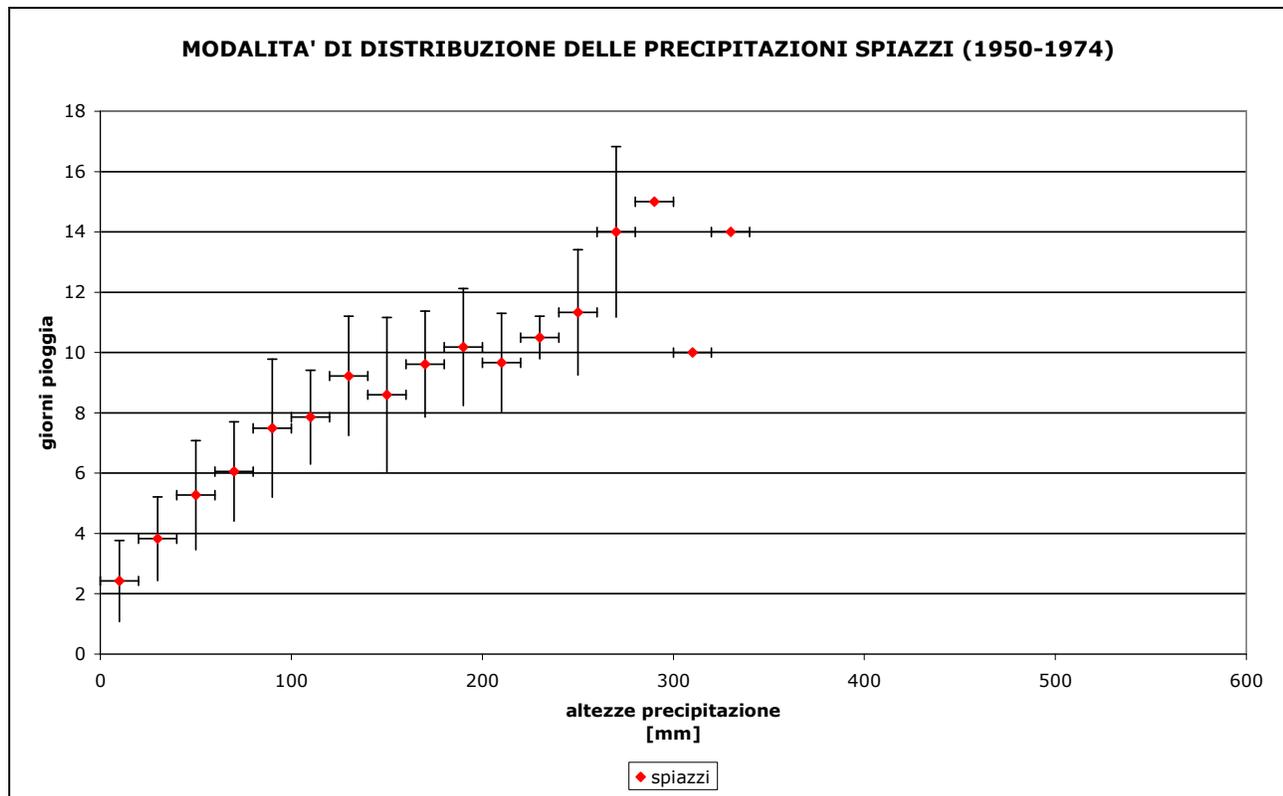


Figura 3.42: modalità di distribuzione delle piogge a livello mensile

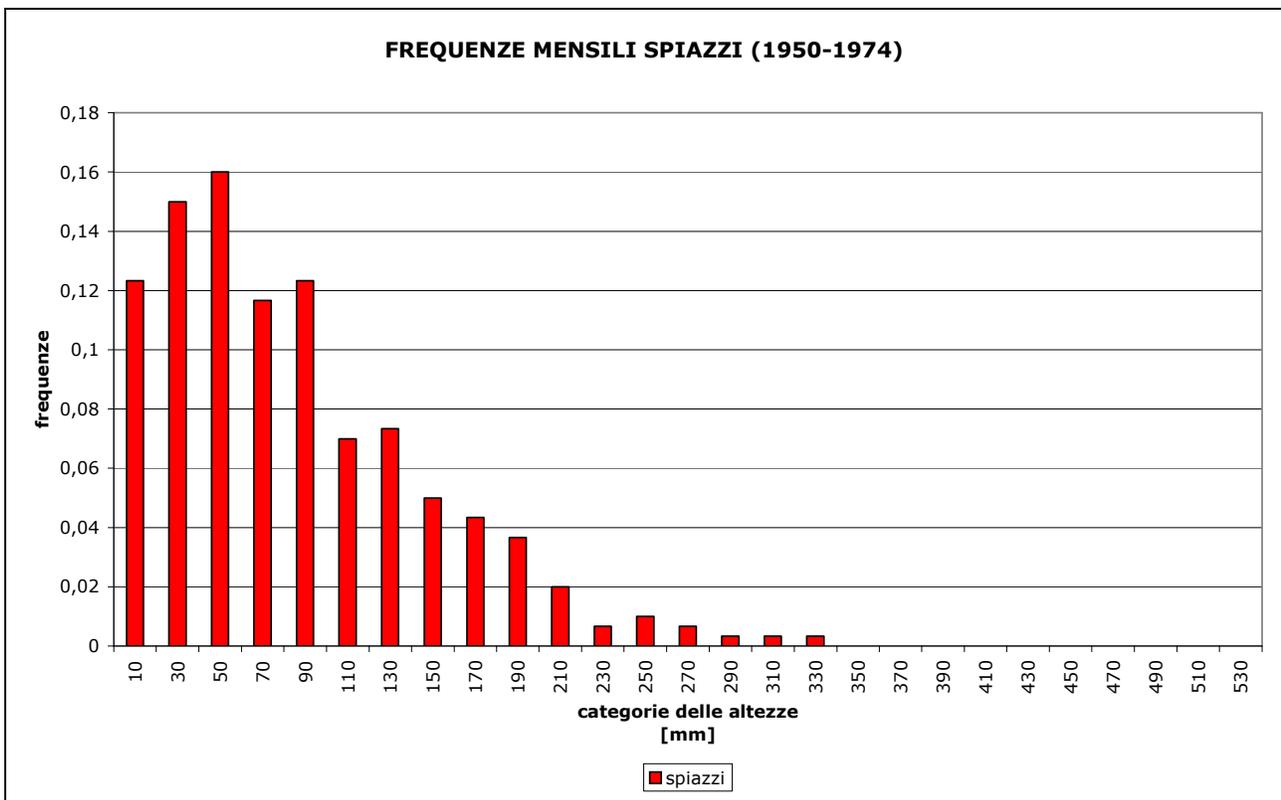


Figura 3.43: frequenze di avvenimento per ogni categoria

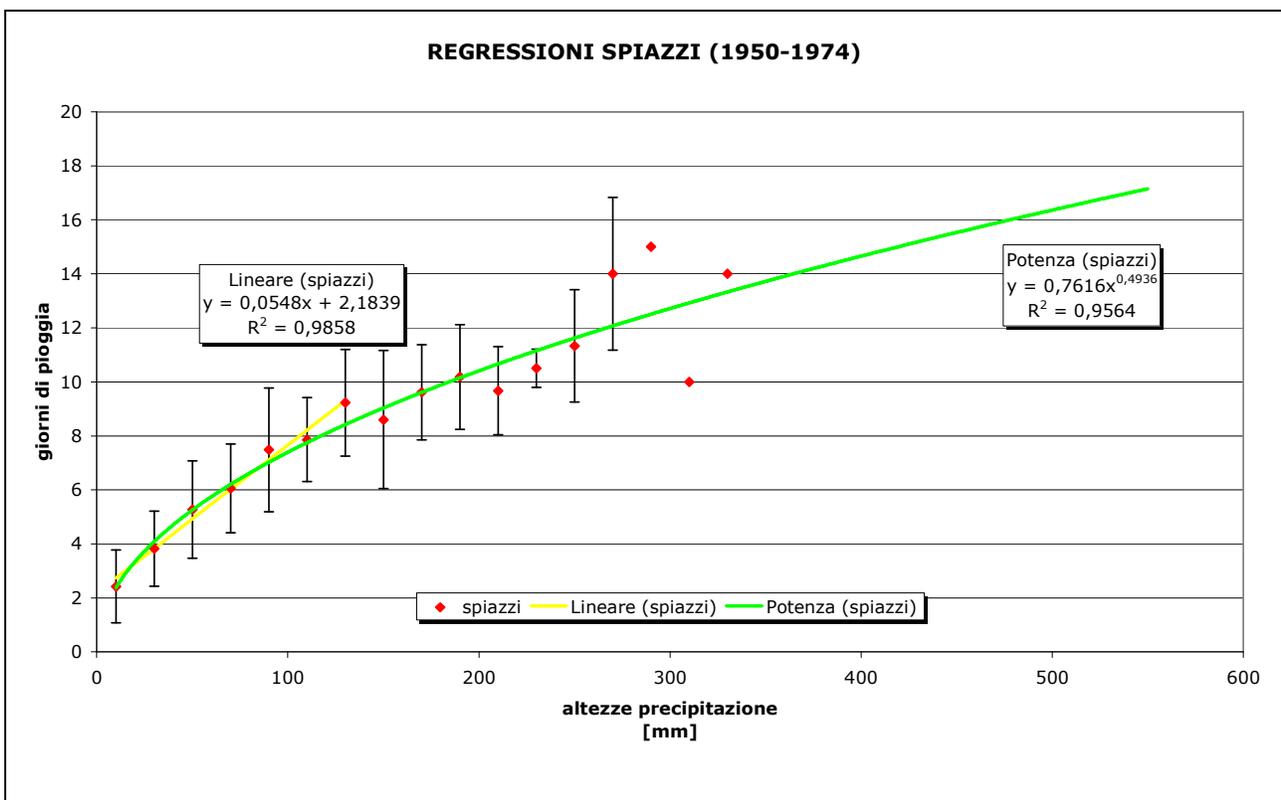


Figura 3.44: regressioni proposte: lineare e a potenza

Viene riproposta ora la medesima tipologia di lavoro di regressione già fatta per la stazione di San Zeno; abbiamo cercato quindi un andamento lineare fino al limite di 130 mm (quindi leggermente inferiore rispetto a San Zeno) e in seguito una regressione a potenza che potesse adattarsi alla serie completa. I risultati vengono proposti nel grafico 3.44.

Nuovamente la regressione di tipo lineare rappresenta molto bene il problema (si vedano i valori di R^2) per poco più del 81% del campione.

Per avere una regressione completa nell'insieme si è proposto l'interpolazione con una funzione di potenza con dei buoni risultati di R^2 , che migliorano sensibilmente se vogliamo trascurare magari quei eventi che presentano una frequenza ridotta al minimo (si sta parlando ovviamente di quei mesi eccezionali che nel grafico 3.43 non presentano le barre di errore lungo y in quanto sono avvenimenti singoli in tutta la serie). In questo caso R^2 passa da 0,95 a più di 0,98, circa la precisione dell'andamento lineare circoscritto però a una parte del campione.

Il grafico 3.43 mostra le frequenze rispettive ad ogni classe di altezze. La situazione di Spiazzi presenta molte analogie con San Zeno, in particolare si nota la frequenza massima nel medesimo intervallo centrato in 50 mm, dopo di che si ha un tendenzialmente un progressiva diminuzione fino ai valori di altezze più elevati in cui si registrano le frequenze minime.

3.4.3 MALCESINE

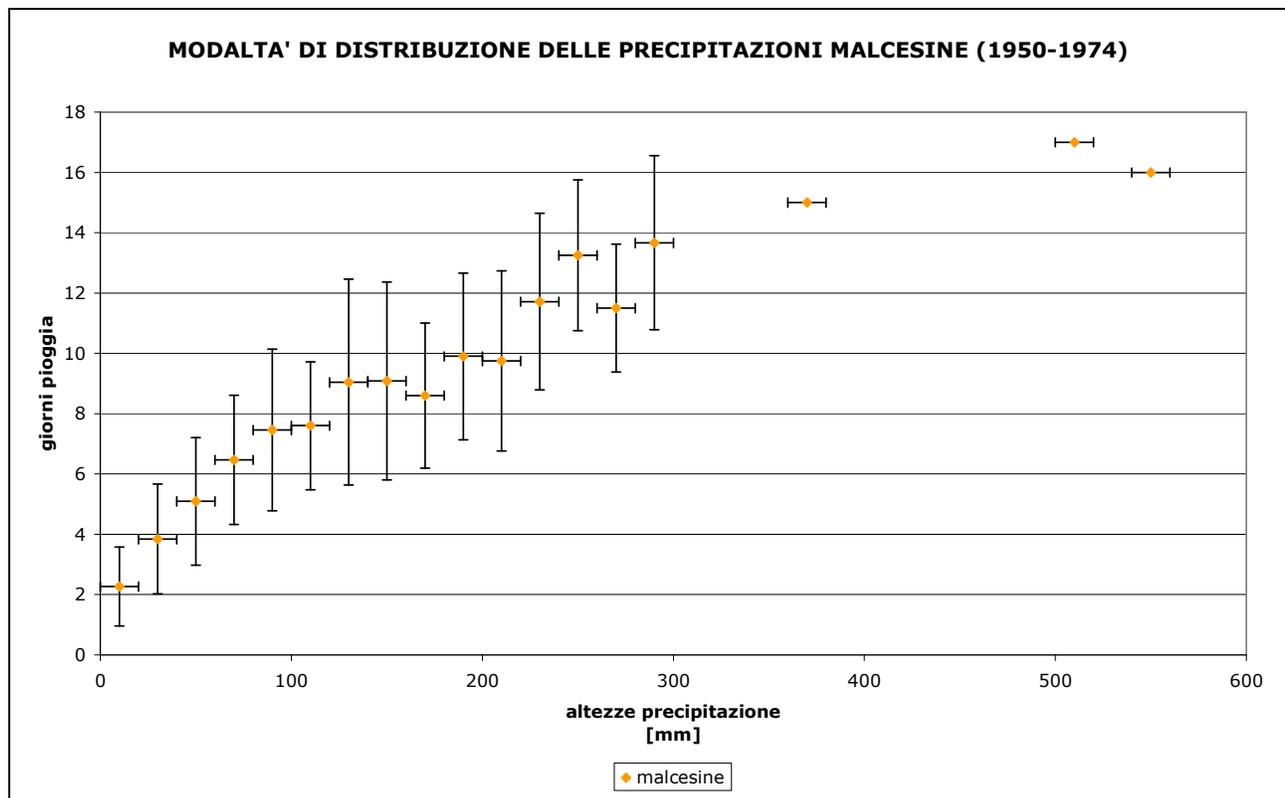


Figura 3.45: modalità di distribuzione delle piogge a livello mensile

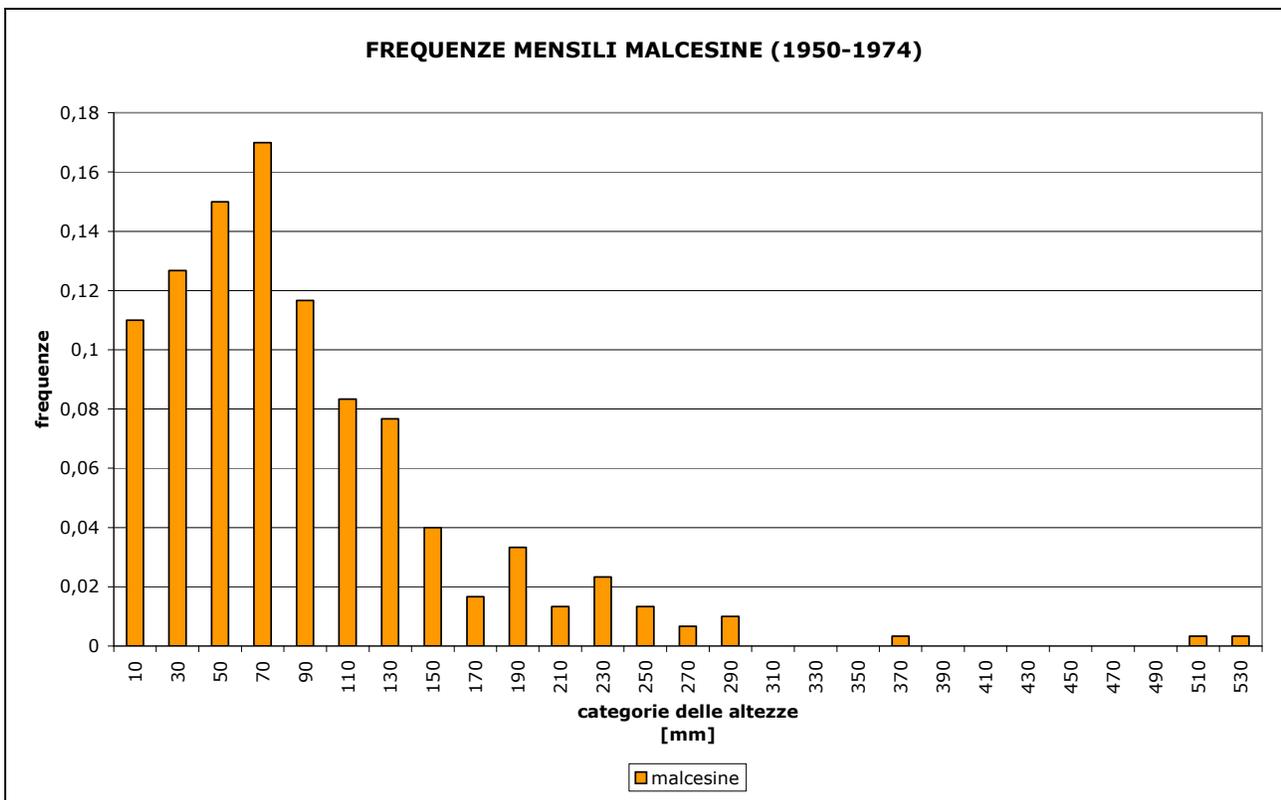


Figura 3.46: frequenze di avvenimento per ogni categoria

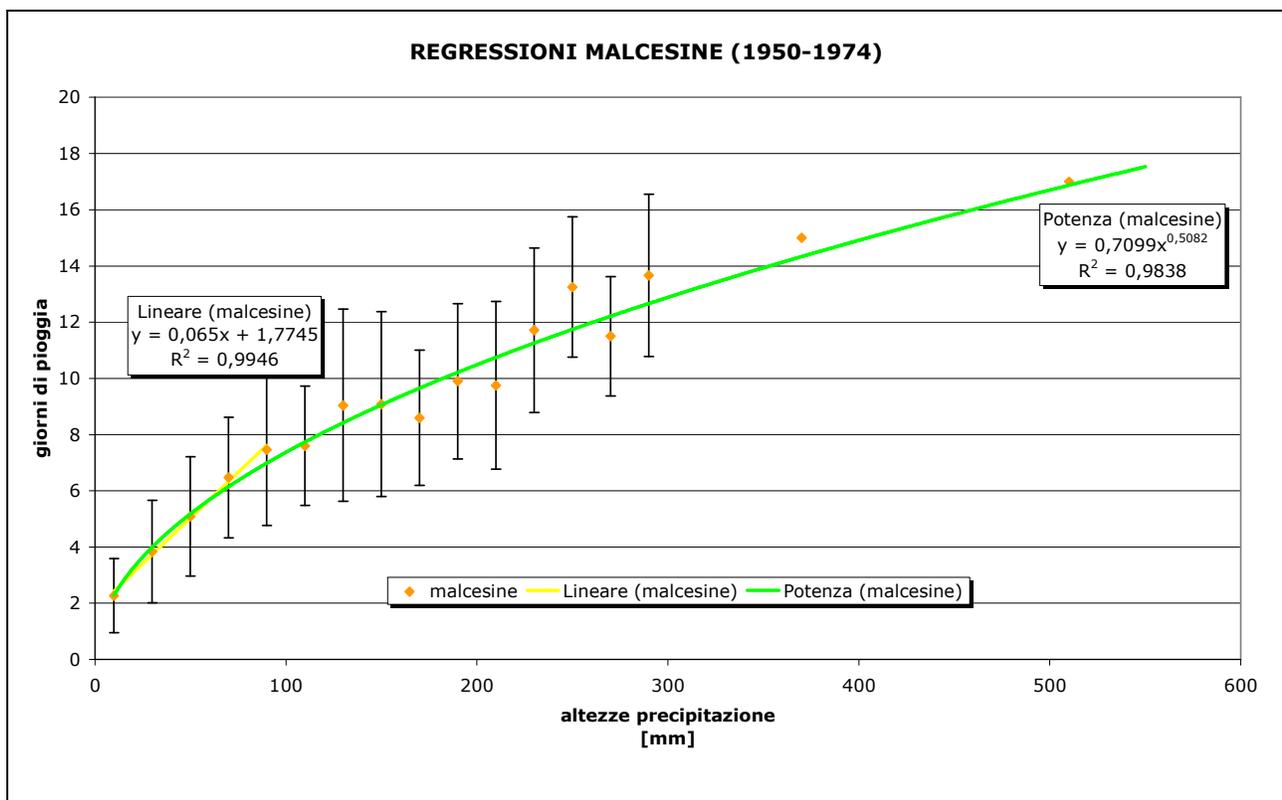


Figura 3.47: regressioni proposte: lineare e a potenza

Viene ora riproposta la stessa metodologia anche per l'ultima stazione: Malcesine. Nuovamente sono state fatte le due tipologie di regressione, che vengono proposte nel grafico 3.47. L'interpolazione lineare presenta un limite superiore notevolmente inferiore alle precedenti, infatti approssima molto bene il problema fino a 90 mm di altezza.

Come si nota subito i valori di R^2 sono in generale molto levati, più che nelle altre stazioni. Ovviamente il valore riferente all'interpolazione lineare è limitato all'intervallo considerato. A 90 mm corrisponde una copertura del campione di circa il 67%, quindi molto minore alle precedenti. Per questo motivo si è portati a considerare migliore la regressione a potenza, anche perché dà comunque un elevato valore di R^2 , comparabile a quello dell'andamento lineare.

Il grafico 3.46 mostra l'andamento delle frequenze di Malcesine in funzione delle diverse classi di altezze.

Si osserva innanzitutto la presenza della frequenza massima, diversamente a quanto era caduto nelle stazioni precedenti, nella categoria centrata in 70 mm. Inoltre si vede come le categorie che comprendono le altezze fino a 130 mm abbiano frequenze assai maggiori rispetto a quelle di categorie successive. Da 150 mm in poi si osserva una tendenziale diminuzione della frequenza fino ad arrivare a 290 mm, dove sono stati censiti 297 mesi su 300. Gli altri tre appartengono ad altrettante categorie e sono completamente staccate dal corpo principale del grafico; e rappresentano due mesi di ottobre (1953 e 1960) ed un mese di novembre, che abbiamo visto essere per la stazione di Malcesine i periodi più piovosi. Però questa forte variazione rispetto a tutti gli altri potrebbe essere sintomo di valore aberrante specie per gli ultimi due, che però non possiamo verificare dato la mancanza di test statistici ad hoc.

Prima di vedere differenze od analogie tra le stazioni si vuole ricordare che i risultati qui proposti si riferiscono a valori medi riferiti sia ai giorni di pioggia che alle altezze di precipitazione, e non tengono conto della deviazione o della variabilità del dato rappresentata dalle barre di errore nei grafici 3.39, 3.42, 3.45.

Quindi il risultato va preso per quello che è, e in generale con validità limitata alle serie considerate (1950-1974) poiché venticinque anni di dati sono un campione limitato per poter ricavare modelli previsionali. Il nostro è solo un esempio di come potrebbe esser svolta l'indagine, magari con una serie che corrisponda alla vita completa della stazione, e di come si possa dalla disposizione di dati in millimetri e in giorni di pioggia, correlarli anche con metodi molto empirici e ottenere modelli di comportamento generale. Magari non risulteranno molto precisi, ma sicuramente molto utile alla fine della gestione idrica per una zona in cui questa costituisce un grosso problema come il Monte Baldo.

CAPITOLO 4

Sommario:

In questo capitolo viene svolta un'indagine sugli avvenimenti che hanno massimizzato o minimizzato, le precipitazioni su scale temporali annuali e mensili.

EVENTI ESTREMI

4.1 ANNO DI MASSIMA PIOVOSITA'

Come già sopra ricordato per tutte e tre le stazioni l'anno con piovosità eccezionale è stato il 1960; anno in cui i quantitativi totali annui sono andati ben oltre le medie delle stazioni. Dato che tutte tre presentano il massimo nello stesso anno, ma cosa interessante non il minimo, cercheremo se vi sono analogie tra le stazioni è una possibile causa.

Dal piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche della provincia di Trento si scopre che le misurazioni per la stazione di San Zeno di Montagna sono iniziate nel 1912 con 69 anni coperti, per Spiazzi nel 1923 con 52 anni coperti (quindi tutti) e per Malcesine nel 1911 con 63 anni coperti. Sempre nello stesso elaborato sono riportate le precipitazioni massime e coincidono con quelle del 1960, questo significa che l'anno in questione non è solo il massimo solo per la serie storica oggetto di studio ma è un massimo assoluto per l'intero arco di vita delle stazioni stesse.

Anche in questo caso si nota il fatto che il versante più precipitoso resta quello gardesane dove cadono circa 100 mm in più rispetto a Spiazzi sul versante atesino (a San Zeno e Malcesine cadono praticamente i medesimi quantitativi).

Riportiamo a seguito i dati riassuntivi dell'anno in questione:

| | G | F | M | A | M | G | L | A | S | O | N | D |
|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|
| san zeno | 4 50,5 | 10 148,2 | 8 140 | 2 10 | 3 25,1 | 10 120,3 | 10 155,5 | 11 230 | 6 210 | 16 315,4 | 9 185,2 | 13 190,4 |
| spiazzi | 6 77,1 | 11 92,3 | 9 114,4 | 7 37,6 | 4 25,4 | 13 139,6 | 10 221,7 | 8 158,6 | 7 217,1 | 15 296,1 | 8 136,8 | 13 158,6 |
| malcesine | 6 134 | 9 133 | 11 157 | 9 89 | 3 38 | 6 107 | 17 228 | 6 79 | 12 183 | 15 365 | 9 121,4 | 10 139 |

Se la tabella del 1960 la affianchiamo a quella dei totali medi mensili delle tre stazioni si possono notare alcune cose interessanti:

| | G | F | M | A | M | G | L | A | S | O | N | D |
|-----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| san zeno | 57,4 | 71,2 | 65,6 | 90,4 | 91,4 | 107,6 | 98,1 | 117,8 | 73,5 | 103,6 | 136,9 | 69,7 |
| spiazzi | 54,7 | 49,4 | 56,4 | 93,9 | 101,4 | 107,0 | 102,9 | 98,3 | 84,5 | 104,8 | 119,3 | 63,0 |
| malcesine | 58,7 | 67,1 | 58,8 | 91,5 | 83,7 | 101,1 | 105,6 | 105,0 | 84,7 | 111,1 | 145,1 | 72,6 |

Ovvero in tutte e tre le stazioni sono stati abbondantemente superati i valori medi nei venticinque anni tranne nei mesi di aprile e maggio.

La stazione di San Zeno di Montagna mostra invece un'ulteriore flessione nelle precipitazioni nel mese di gennaio (non particolarmente indicativo dato che i mesi invernali sono tipicamente quelli più secchi); più strana è l'anomalia di Malcesine che non raggiunge la media nel mese in cui solitamente risulta essere la stazione più piovosa, ovvero novembre.

Altrettanto anomale sono le abbondanti precipitazioni di tutte le stazioni nei mesi invernali (soprattutto per Malcesine). L'abbondanza delle precipitazioni del 1960 non sono dovute quindi a eventi particolari nei mesi in cui ci si può attendere che questo avvenga, ma bensì ad un aumento delle piogge in quei mesi che tipicamente erano secchi, in aggiunta alle tipiche piogge estive ed autunnali.

Particolare sono anche le quantità cadute in ottobre, mese tipicamente di transizione tra fenomeni convettivi e frontali, in cui per l'appunto l'apporto radiativo del sole non è tale da giustificare temporali di forte intensità, ma solitamente è anche presto perché l'anticiclone delle Azzorre migri verso latitudini inferiori lasciando il Mediterraneo soggetto alle basse pressioni.

Le stazioni di Spiazzi e San Zeno mostrano apporti in volumi importanti anche nel mese di settembre (in particolar modo tra il 17 e il 21), mese in cui il fiume Adige ha fatto registrare un evento di piena con l'altezza idrometrica a 5.39 m.

Per visualizzare meglio l'evento si sono graficati i totali mensili a confronto delle tre stazioni, grafico su cui poi si potranno fare alcune osservazioni.

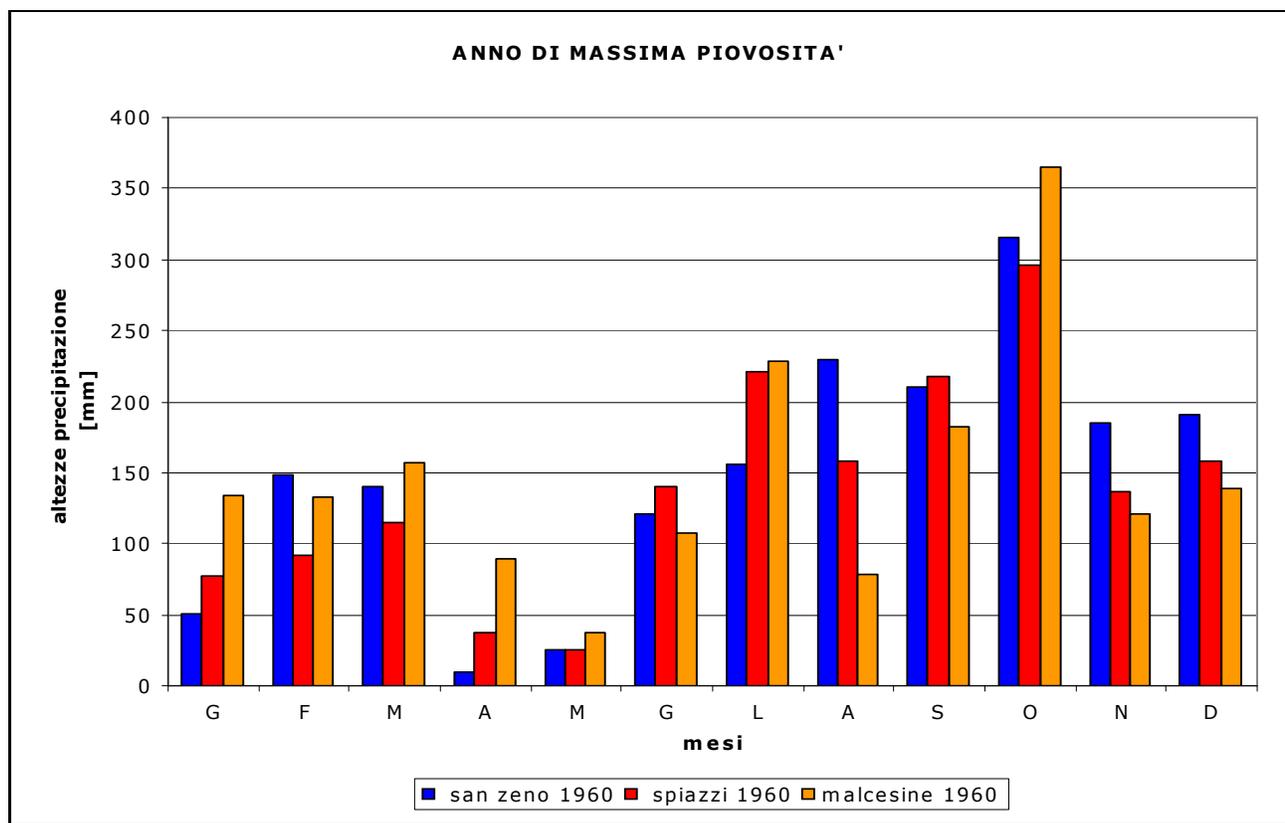


Figura 4.1: confronto sui totali mensili nell'anno 1960

Il grafico in figura 4.1 mostra palesemente quanto esposto: l'insolito carico invernale seguito da un periodo secco primaverile e poi un crescendo estivo e autunnale.

Dato il comportamento simile di tutte e tre le stazioni, visto che hanno tutte il massimo nello stesso anno e notato anche la strana similarità riscontrata anche nei giorni di pioggia, salvo durante i mesi estivi, periodo in cui i fenomeni sono dovuti a celle convettive piuttosto che alle circolazioni di masse d'aria, si è ipotizzato un legame tra l'eccezionalità del fenomeno e l'indice NAO (andamento dell'oscillazione Nord Atlantica).

A livello europeo le tre principali strutture di circolazione atmosferica sono costituite dall'anticiclone delle Azzorre, dal ciclone d'Islanda e l'anticiclone siberiano, strutture che di norma sono disposte ai vertici di un ideale triangolo che delimita l'Europa.

In questo sistema a tre la consistenza delle componenti occidentali, quindi ciclone d'Islanda e anticiclone delle Azzorre, limita fortemente quella della componente più orientale e russa.

La robustezza delle componenti occidentali atlantiche è sollecitata da un forte gap di pressione fra la medie latitudini e le alte dell'oceano Atlantico (riferendosi all'emisfero boreale). L'indice NAO misura dunque questa anomalia (media mensile) di pressioni tra le stazioni ad esempio di Vila do Porto (Isole Azzorre), o Gibilterra, e Reykjavik in Islanda.

E' ormai noto che alla presenza di un indice NAO negativo corrisponde un afflusso di aria atlantica che favorisce la ciclogenesi mediterranea tipicamente quella che localizza l'epicentro di bassa pressione nel golfo di Genova.

Possiamo quindi affermare che negli anni in cui il NAO presenta un minimo, solitamente si ha abbondanza di precipitazioni anche nei mesi invernali, cosa che abbiamo riscontrato nel nostro caso.

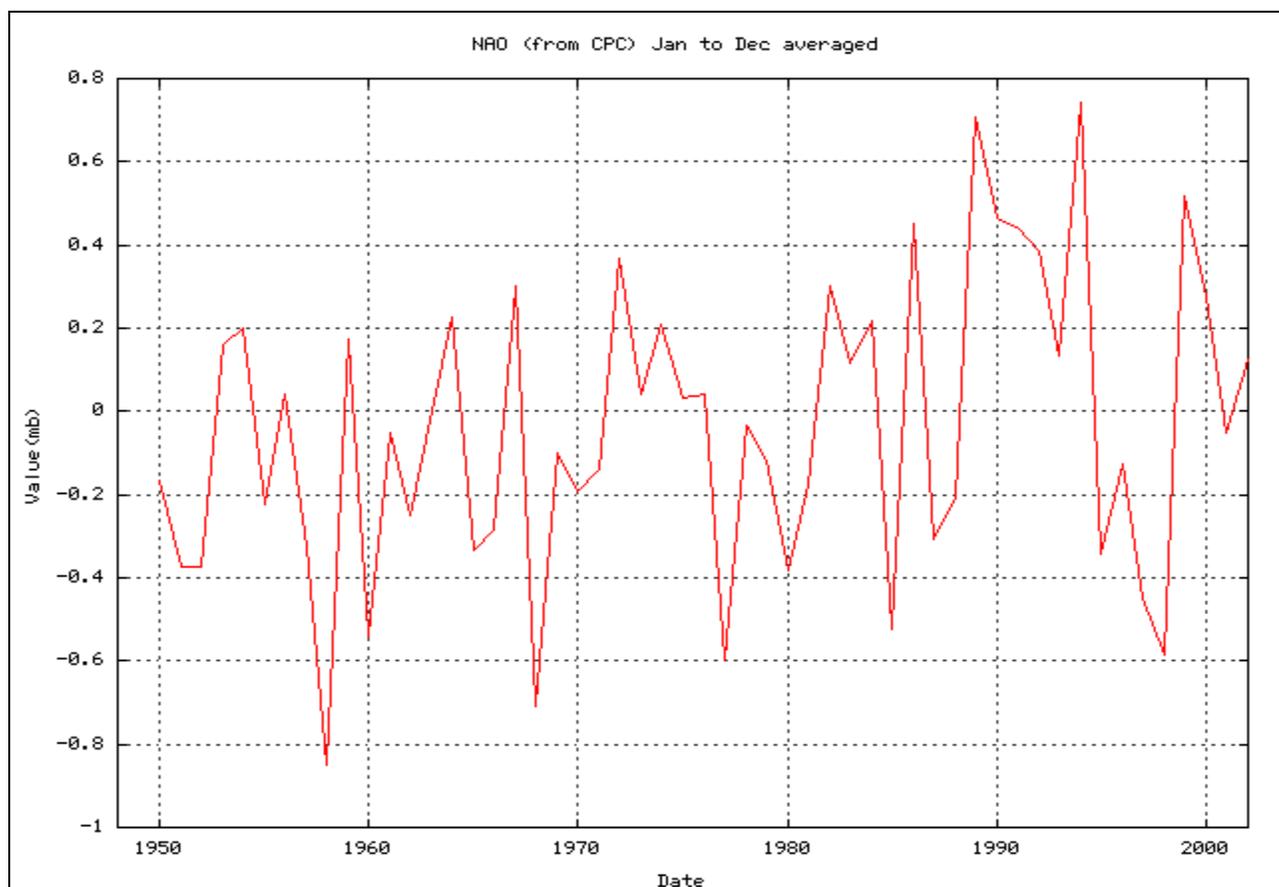


Figura 4.2: andamento dell'indice NAO

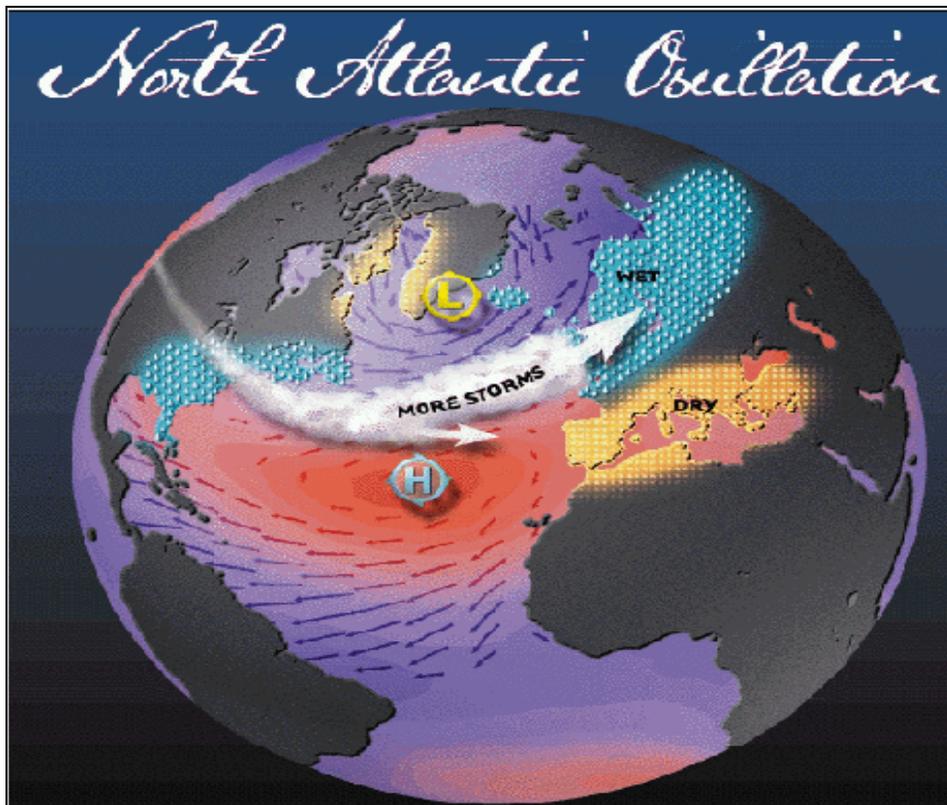


Figura 4.3: tipica circolazione a scala globale con indici NAO positivi



Figura 4.4: tipica circolazione a scala globale con indici NAO negativi.

4.2 ANNO DI MINIMA PIOVOSITA'

A differenza dell'anno di massima, la minima piovosità nelle tre stazioni è stata registrata in anni differenti.

A onore del vero però gli anni di minima da noi riscontrati non hanno costituito gli anni minimi in assoluto della stazione.

Sempre nel piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche si sono trovati i valori minimi registrati dalle tre stazioni su tutta la loro vita operativa.

Per San Zeno di Montagna la precipitazione minima è stata di 407 mm, per Spiazzi di 573 mm mentre per Malcesine di 523 mm.

Dalla serie storica in nostro possesso i valori minimi registrati sono stati di 696,5 mm per San Zeno, 718,9 mm per Spiazzi e 560 mm per Malcesine.

Dato che il venticinquennio in nostro possesso non ha presentato il minimo assoluto, viene da chiedersi in che periodo questo possa essersi verificato.

Guardando su scala sinottica, l'unica ipotesi che possiamo fare dato anche la mancanza primo dei dati e secondo delle carte bariche dell'epoca, è a riguardo nuovamente dell'indice NAO.

Sappiamo che l'ultima stazione che ha cominciato ad acquisire dati è stata Spiazzi nel 1923, mentre Malcesine e San Zeno erano state installate rispettivamente nel 1911 e 1912.

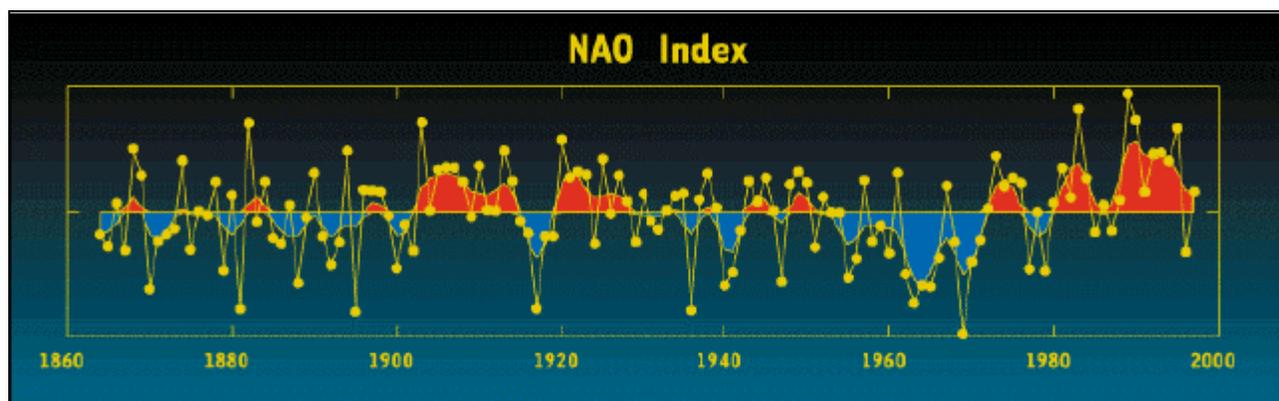


Figura 4.5: andamento dell'indice NAO

Come si vede dal grafico prima del 1950 gli anni in cui potrebbero essersi verificati i minimi di pioggia (presumibilmente quei anni in cui il NAO ha presentato una anomalia positiva) potrebbero essere compresi tra gli anni venti e trenta.

D'altro canto spesso gli studiosi sono oggi concordi nell'affermare che quegli anni possono essere paragonati agli anni novanta per riscaldamento e diminuzione delle precipitazioni specie nel periodo invernale.

Per quanto ci riguarda, andando a vedere sul grafico i totali mensili a confronto si nota subito la pochezza delle precipitazioni nel periodo invernale, cosa che peraltro solitamente accade anche se non in maniera così accentuata, che però non è controbilanciata dai consueti contributi nei mesi estivi in particolare per San Zeno.

Si noti anche come la stazione di Malcesine nei mesi autunnali non arrivi mai a superare i 100 mm di pioggia, mesi in cui solitamente è sempre stata soggetta a precipitazioni di una certa intensità.

Tra le tre stazioni Spiazzi è quella che presenta la precipitazione minima più elevata e questo grazie a tre vistosi picchi nei mesi di luglio, settembre e soprattutto ottobre dove si superano i 250 mm cosa che in nessun'altra stazione capita.

Vale la pena di ricordare che il grafico sotto riportato prende in considerazione tre anni diversi, quindi le considerazioni fatte non devono far presupporre la presenza di

qualche fenomeno particolare sul versante atesino invece che su quello benacense perché ci si sta basando su diverse scale temporali.

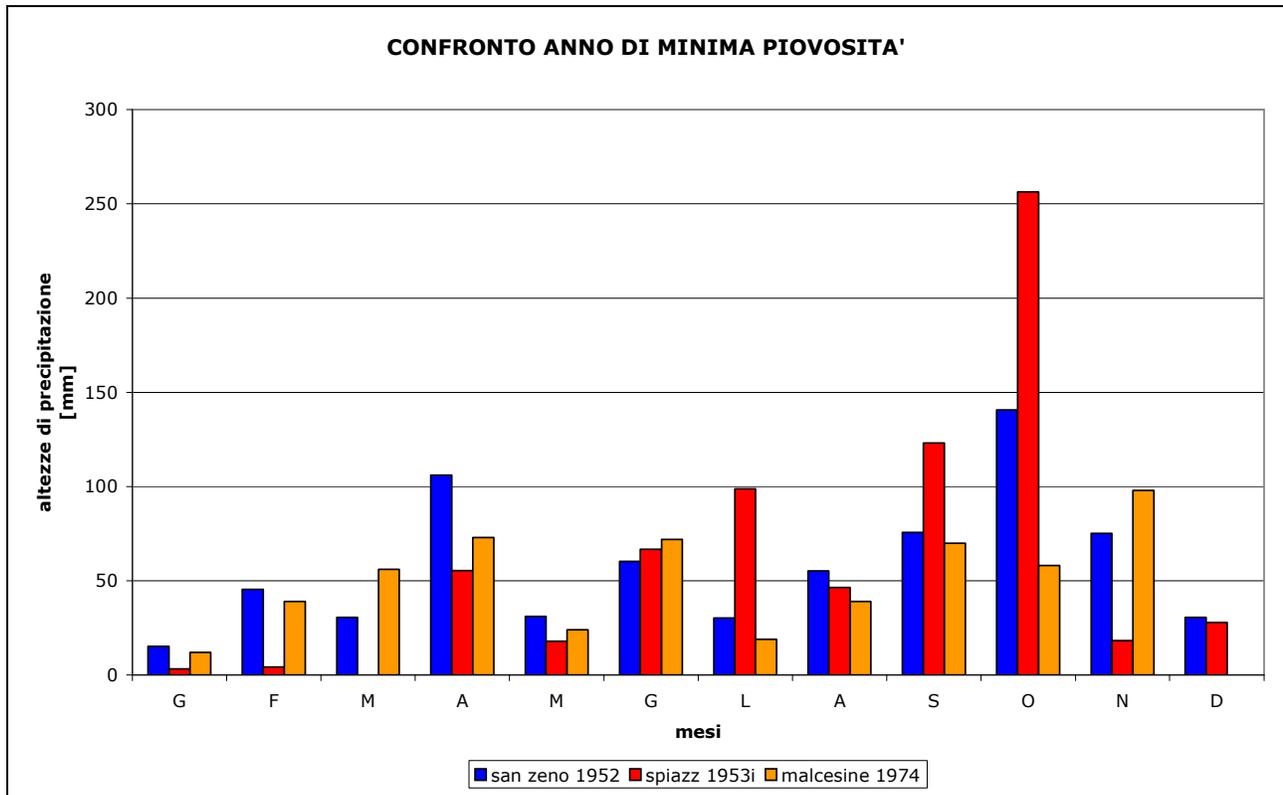


Figura 4.6: confronto sui totali mensili nell'anno di minima piovosità

Deve far riflettere il fatto che l'anno di massima piovosità coincida in tutte e tre le stazioni, oltre che per Riva del Garda, mentre l'anno di minimo è diverso per tutte. Nel caso quindi dell'evento massimi possiamo affermare che l'ipotesi della forte dipendenza dalla scala sinottica dei fenomeni precipitativi. Nel caso sopra descritto, ovvero quello di minima piovosità, vi è sì una dipendenza dalle circolazioni più generali, gli anni indicati come minimo mostrano praticamente tutti valori positivi del NAO, a cui si sommano però altre variabili locali che sinceramente non riusciamo a capire dato la mancanza di dati che non siano quelli di pioggia (ad esempio dati sulla pressione in quota, sulla temperatura e sulla radiazione).

4.3 MESE DI MASSIMA PIOVOSITA'

Nel periodo considerato, (dal 1950 al 1974), il mese che ha fatto registrare il maggior quantitativo di precipitazione a San Zeno è stato l'agosto 1963, che con soli nove giorni di pioggia ha fatto cadere a terra ben 386 mm, con una media a giorno di 42 mm, quantitativo superiore alla soglia di 30 mm trovata nel lavoro del Poletti (Caratterizzazione pluviometrica del bacino del Chiese, tesi di laurea anno accademico 2004-2005).

Gli episodi sopra la media sono stati tre, e localizzati nei giorni 13 e 29 agosto con 65 mm di pioggia, e il 28 agosto con ben 125,2 mm di pioggia che costituisce anche l'estremo giornaliero più elevato per la stazione.

Come si vede dal grafico in figura tutti i fenomeni che hanno interessato San Zeno sono stati visti anche dalle altre stazioni, ma spesso con quantitativi notevolmente inferiori.

Tralasciando gli altri fenomeni di pioggia che hanno interessato Malcesine e Spiazzi e andando a fare un computo dei totali solo sui giorni di pioggia comuni con la stazione di San Zeno di Montagna, otteniamo per Spiazzi un totale di 167,6 mm di pioggia con 18,6 mm caduti per giorno di pioggia, mentre per Malcesine si ha un totale di 204 mm con una media a giorno di pioggia di circa 23 mm caduti.

Da ciò sembra facile presupporre che la fenomenologia possa essere di tipo temporalesco con una particolare intensità nella zona del basso lago, ma che poi ha anche investito le zone più a Nord tipo Malcesine e quelle poste più ad Est, sull'altro versante della montagna, grazie anche alle modeste quote delle creste nella parte più meridionale della catena.

Per Spiazzi il mese più piovoso è sempre stato un agosto, ma del 1968, dove sono caduti 322 mm in 14 giorni con una media di 23 mm per giorno di pioggia.

Dal confronto con le altre stazioni in esame appare subito evidente come siano maggiori anche il numero di eventi sul versante atesino rispetto a quello gardesano, anche se l'intensità degli eventi talvolta risulta molto minore.

Nello stesso periodo San Zeno faceva registrare un totale di 263 mm in 10 giorni di pioggia (media superiore a 26 mm/gg) mentre a Malcesine cadevano 291,6 mm in 12 giorni (media di poco superiore a 24 mm/gg).

Il fatto che a Spiazzi siano visiti fenomeni che nelle altre stazioni non vengono segnalati fa pensare che in quel periodo vi siano state infiltrazioni di aria calda e umida, con la propensione quindi a formare celle temporalesche, provenienti da Sud-Est, di origine adriatica.

Come visto per le due stazioni in quota è rilevante come facciano registrare i massimi mensili durante i mesi estivi, diversa situazione invece si prospetta per Malcesine dove il massimo si raggiunge in pieno periodo autunnale, più precisamente nell'ottobre del 1953, dove con 550 mm si è superato il minimo di piovosità annuale in un solo mese.

Una precipitazione di così ampia portata sembra quantomeno anomala, ma a dover di cronaca bisogna ricordare che un simile quantitativo è stato raggiunto anche nel novembre del 1951 (520 mm).

Data la particolarità dell'evento oltre al solito confronto con le altre stazioni in esame si è pensato, supportati anche da un maggior valore nei coefficienti di correlazione, di effettuare anche un confronto con la stazione di Riva del Garda, già in territorio Trentino ma con caratteristiche geografiche più simili a Malcesine rispetto che Spiazzi o San Zeno.

I 550 mm sono stati raggiunti in 16 giorni con una media di poco superiore ai 34 mm per giorno di pioggia.

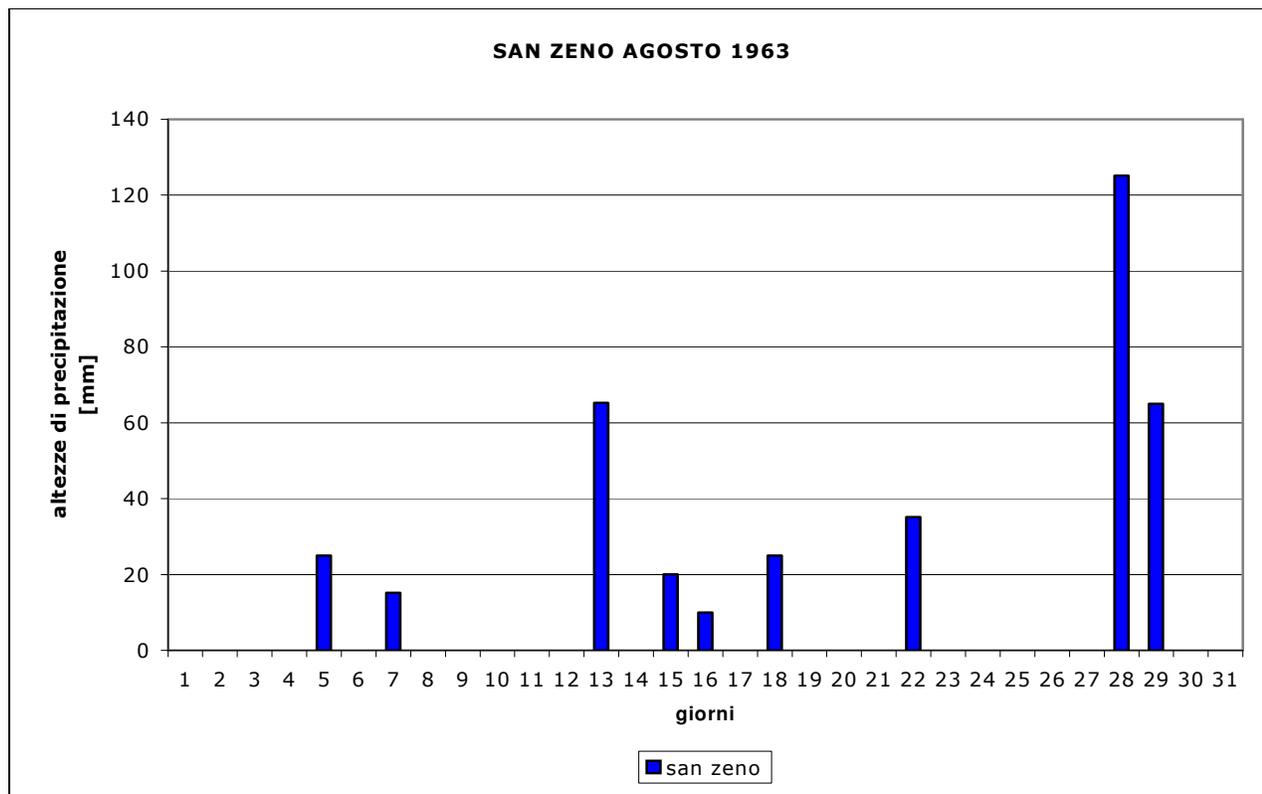


Figura 4.7: valori giornalieri nell'agosto 1963 a San Zeno

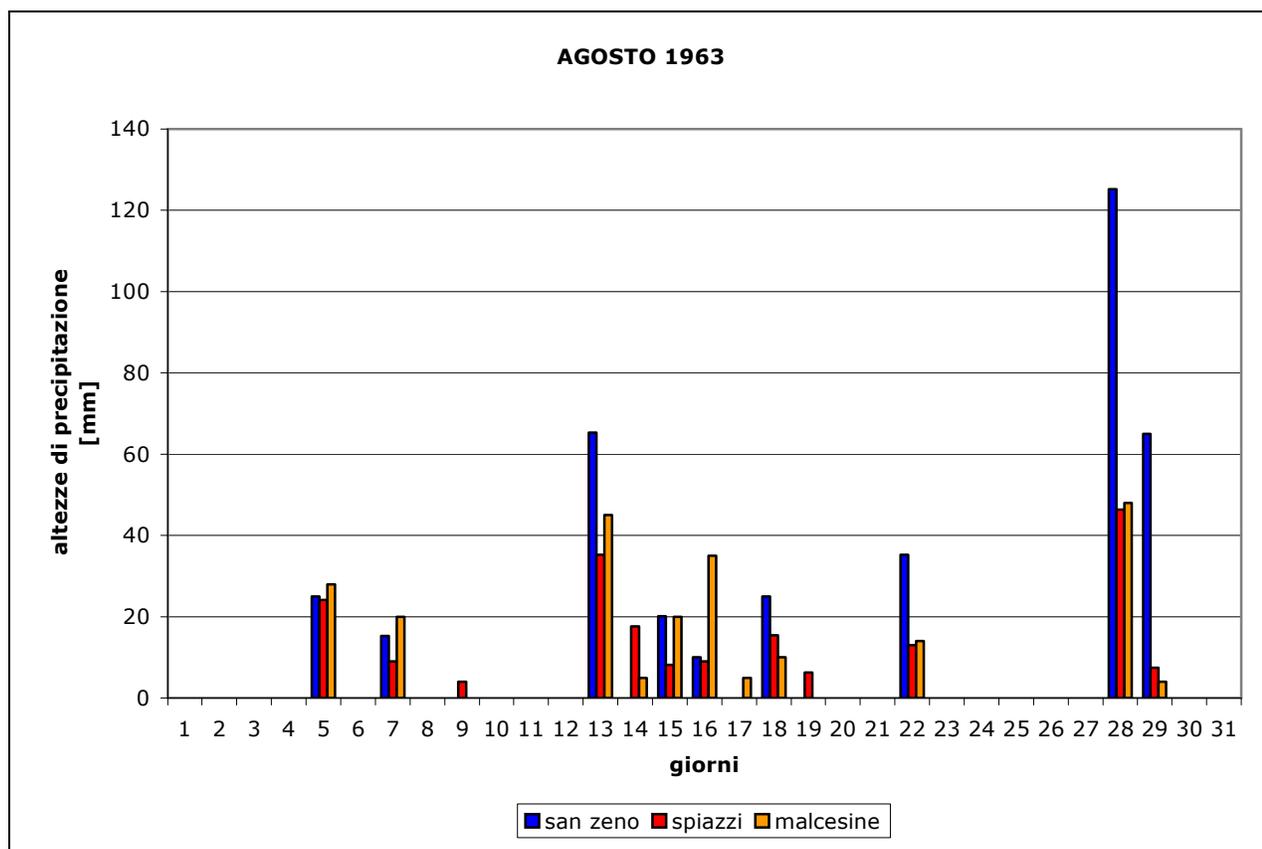


Figura 4.8: valori giornalieri delle tre stazioni nell'agosto 1963

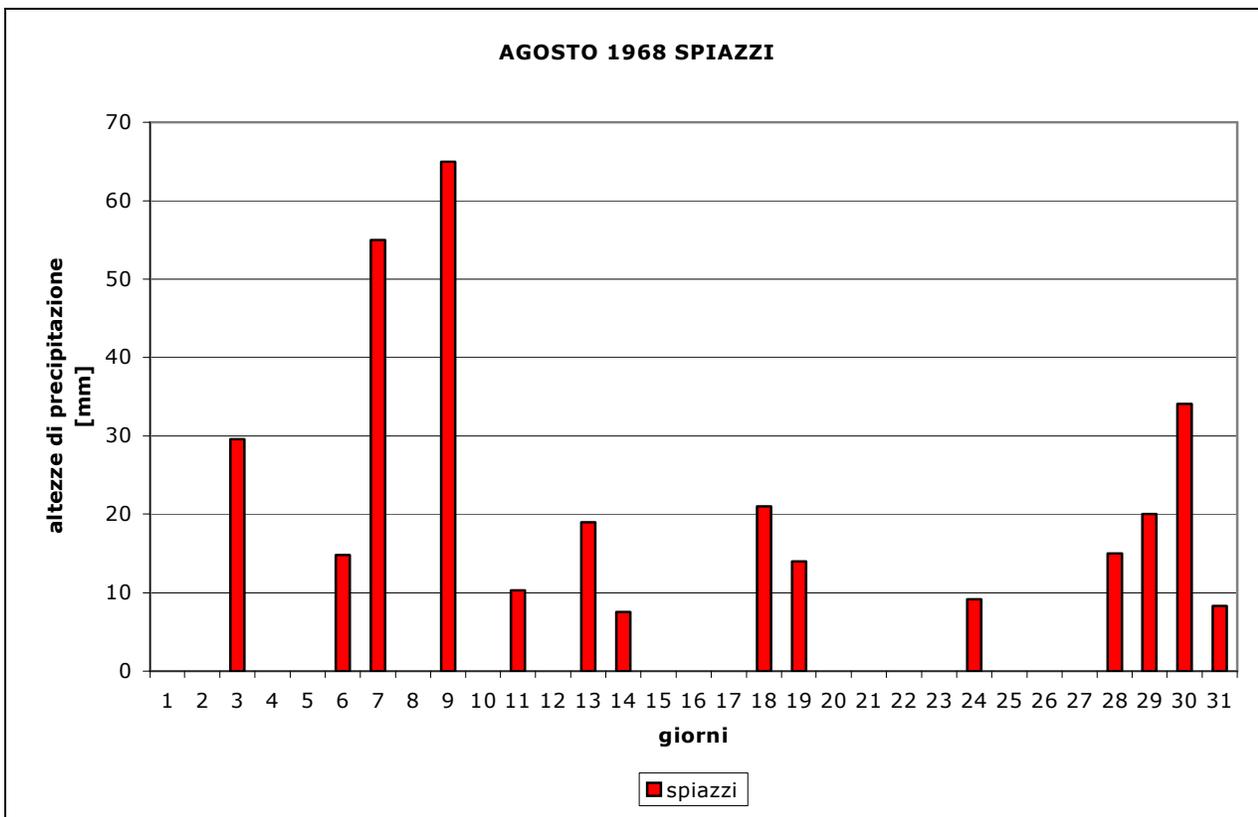


Figura 4.9: valori giornalieri nell'agosto 1968 a Spiazzi

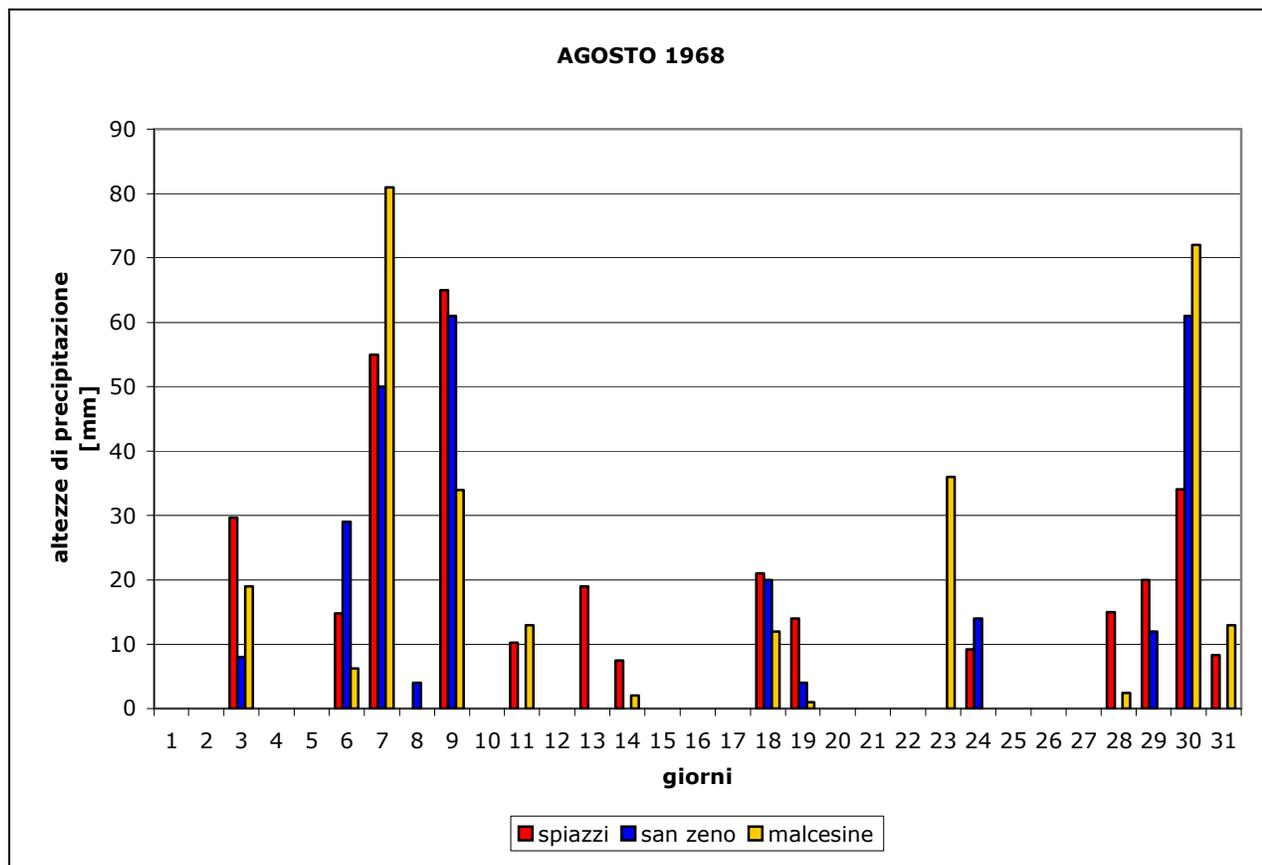


Figura 4.9: valori giornalieri delle tre stazioni nell'agosto 1968

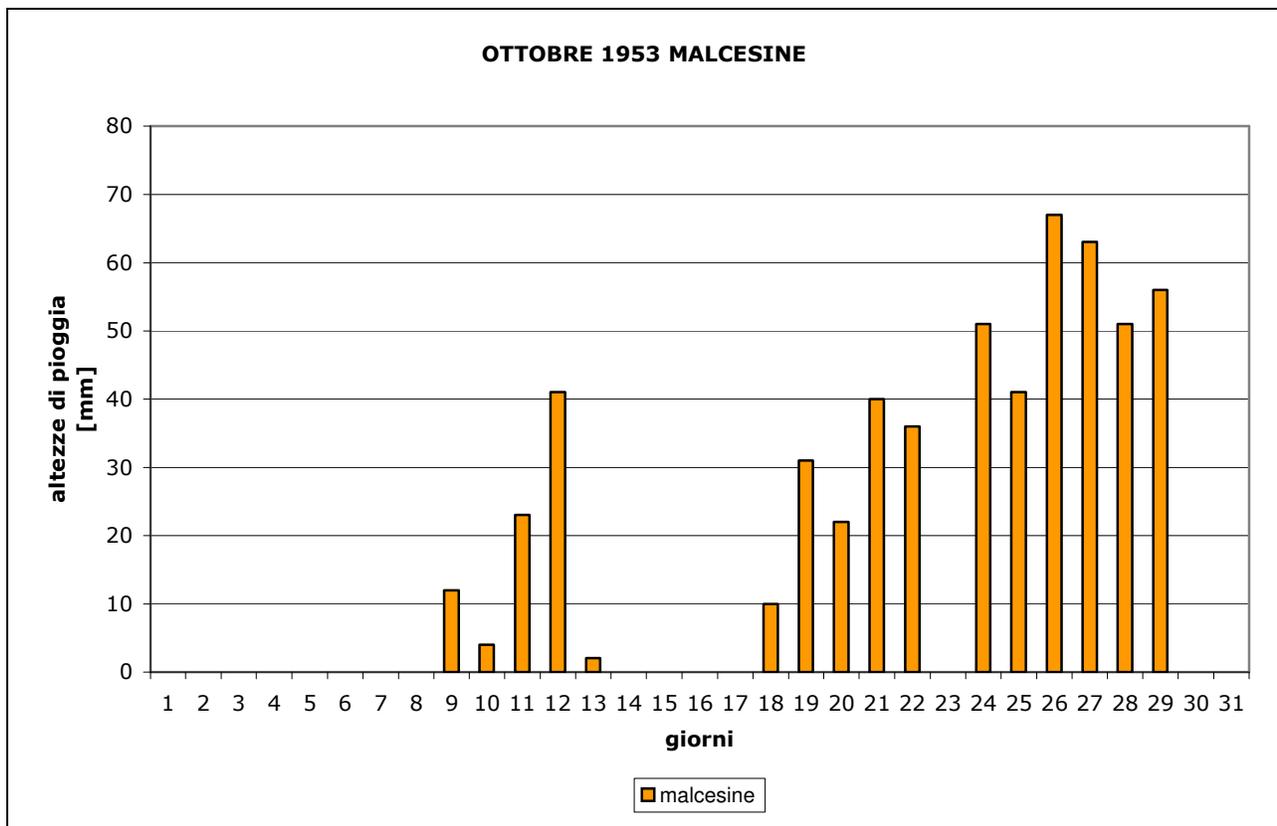


Figura 4.10: valori giornalieri nell'ottobre 1953 a Malcesine

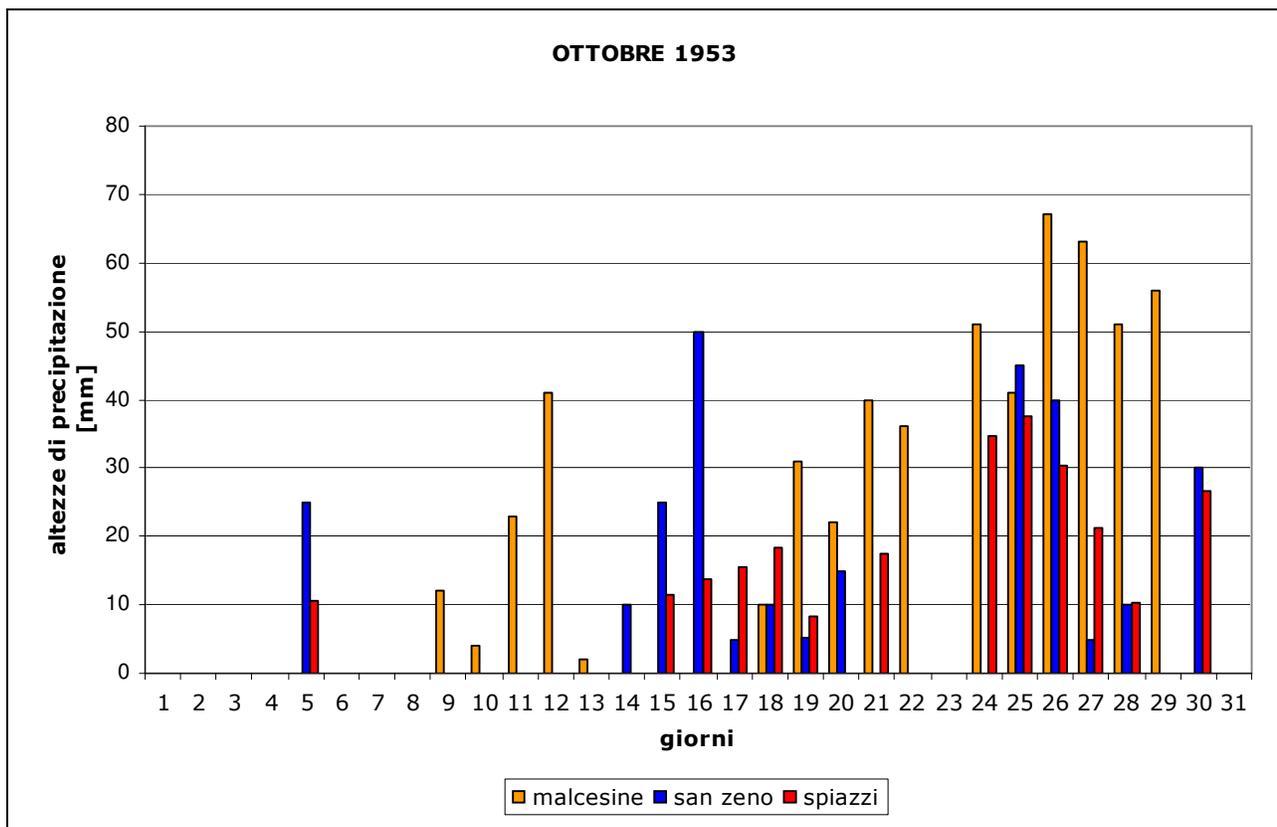


Figura 4.11: valori giornalieri delle tre stazioni nell'ottobre 1953.

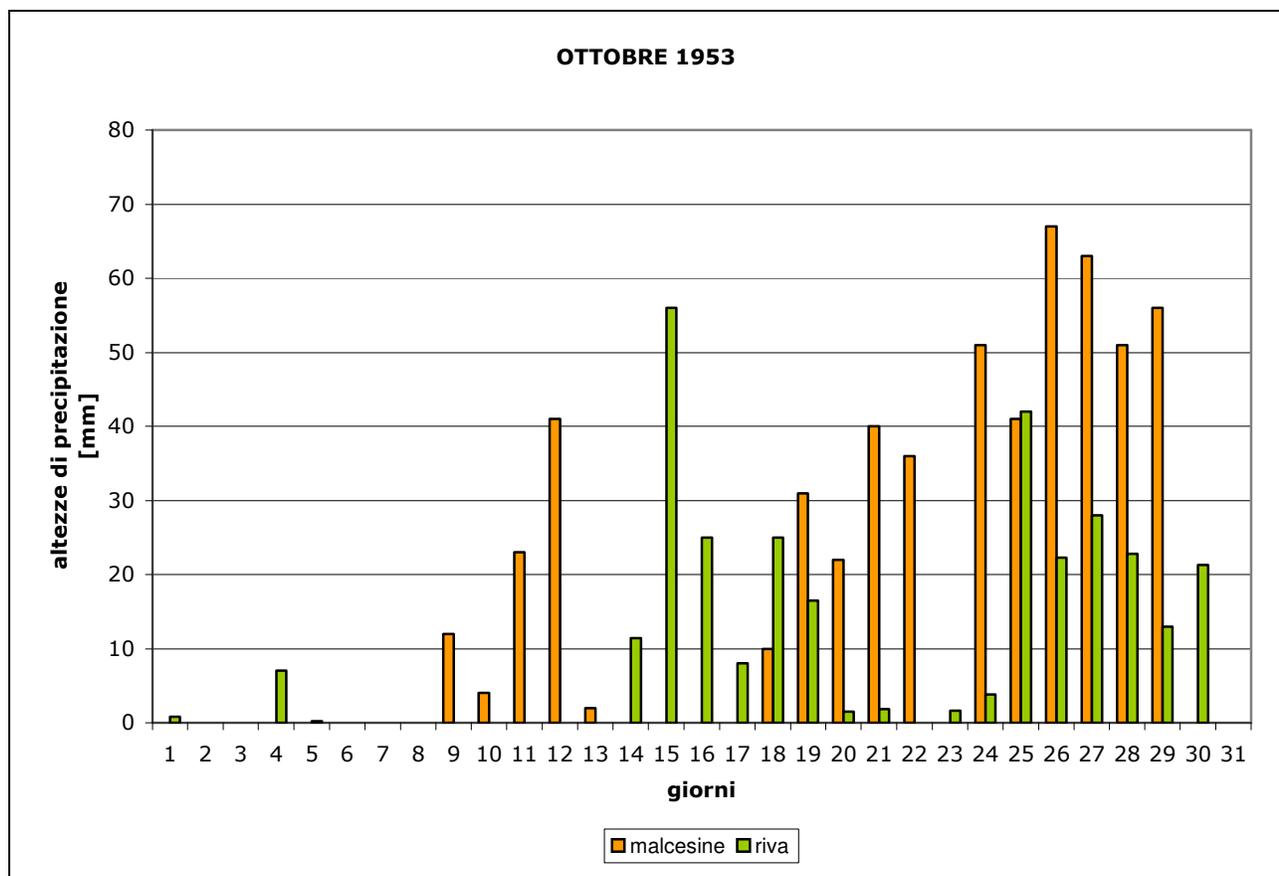


Figura 4.12: valori giornalieri nelle stazioni di Riva e Malcesine

Nel medesimo periodo nella stazioni di San Zeno cadevano 275 mm in 12 giorni di pioggia, mentre a Spiazzi si registravano 256 mm in 13 giorni.

Si vuol far notare l'assoluta similarità nel comportamento di queste ultime due stazioni, sia nei quantitativi sia nei giorni di pioggia che nella loro distribuzione nel mese (le stazione vedono rispettivamente solo due eventi che non coincidono), a differenza di Malcesine che presenta più eventi non visti ne da San Zeno ne da Spiazzi, pur presentando soprattutto al giorno 12 quantitativi di tutto rispetto.

Guardando ora il confronto con i dati di Riva, tenendo comunque a mente quello con le altre due, possiamo notare subito una cosa piuttosto strana: sia Riva che San Zeno e Spiazzi "vedono" precipitazioni il 14, 15, 16 e 31 che Malcesine non vede.

Di ciò non si riesce a capirne il motivo visto che circa a 15 km a Sud viene registrata una precipitazione tanto come a una quindicina di km a Nord, mentre la stazione in esame risulta in ombra pluviometrica.

Si veda inoltre come l'assenza delle precipitazioni a Malcesine comporti la concomitanza delle massime mensili per Riva (figura 4.12); mentre quando nella prima si registrano precipitazioni se ne osserva una progressiva diminuzione nella seconda.

Si noti inoltre che tra Riva e Malcesine si sono avute ininterrottamente precipitazioni dal 9 al 30 ottobre. Data la stagione ciò fa pensare ad una numerosa serie di fenomeni frontali in successione, o la persistenza di correnti da Sud dopo il passaggio del fronte stesso, che una volta giunti nel circo del Garda sono subiscono un up-lift laddove il lago si stringe ad imbuto, provocando una condensazione marcata più o meno a Nord (quindi più verso Riva o Malcesine) a seconda del contenuto di vapore acqueo delle masse d'aria in arrivo.

Sarebbe interessante cercare delle carte bariche dell'epoca per vedere l'evoluzione delle presunte basse pressioni e quindi del relativo sistema frontale, per convalidare o confutare l'ipotesi qui fatta. Queste si possono trovare ma con una risoluzione spaziale

troppo ampia per i nostri scopi, e le uniche considerazioni che si sono potute fare sono state di carattere generale sulla penisola italiana.

4.4 FENOMENI TEMPORALESCHI

Come si è avuto modo di vedere, per le nostre tre stazioni la stagione estiva ai fini del bilancio pluviometrico è sicuramente molto importante se non in taluni casi, la più importante, vedi ad esempio per San Zeno di Montagna.

Come visto nel già citato lavoro del Poletti (Caratterizzazione pluviometrica del bacino del fiume Chiese per il periodo 1978-1990, tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio 2004/2005) per individuare un fenomeno temporalesco si è fissata la soglia di 30 mm di pioggia giornalieri, valore questo spesso usato in studi della medesima tipologia (specie quelli dell'ente provinciale Meteo trentino).

| | San Zeno | | | Spiazzi | | | Malcesine | | |
|-------------|----------|------|------|---------|------|------|-----------|------|------|
| | G | L | A | G | L | A | G | L | A |
| 1950 | >> | >> | >> | 0 | 0 | 0 | >> | >> | >> |
| 1951 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| 1952 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 1953 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1954 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1955 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1956 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1957 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 1958 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 1959 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 1960 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 |
| 1961 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1962 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1963 | 2 | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 1964 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1965 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| 1966 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 1967 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1968 | 3 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 4 |
| 1969 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| 1970 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 1971 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 1972 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1973 | 4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1974 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| tot.mens. | 24 | 27 | 28 | 18 | 14 | 21 | 11 | 27 | 25 |
| tot.stag. | 79 | | | 53 | | | 63 | | |
| media mens. | 1 | 1,12 | 1,16 | 0,75 | 0,58 | 0,87 | 0,45 | 1,12 | 1,04 |
| media stag. | 3,29 | | | 2,12 | | | 2,62 | | |

Tabella 4.1:fenomeni temporaleschi nelle tre stazioni oggetto di esame.

Scelta la soglia che distingue un fenomeno temporalesco si è andati a vedere quanti eventi si sono verificati nella stagione estiva (la quale considera in toto i mesi di giugno luglio ed agosto) nelle tre stazioni oggetto di studio.

I risultati vengono riportati nella tabella qui sotto.

Come mostra la tabella 4.1 la località che presenta mediamente più fenomeni temporaleschi è San Zeno di Montagna, seguita da Malcesine ed infine Spiazzi.

Il fatto che Spiazzi presenti così pochi fenomeni di natura temporalesca dipende probabilmente anche dalla soglia scelta, visto che è a prima vista arbitraria e non tiene assolutamente conto delle diverse posizioni geografiche.

Curioso sarebbe stato fare il medesimo tipo di indagine, andando a scegliere come soglia la quantità media della precipitazione per giorno di pioggia di ogni mese, mediata sui 25 anni, ovvero andando a prendere una soglia ad "hoc" per ogni singolo mese per ogni stazione, e vedere se si verifica una maggior stabilità nel numero dei fenomeni.

Di sicuro il metodo qui utilizzato, consolidato dalla presenza di una bibliografia alle spalle dà subito modo di aver chiara una cosa: il versante lacustre della catena del Baldo è sicuramente più interessato da fenomeni temporaleschi a carattere locale, talvolta veramente violenti, rispetto a quello atesino, tant'è che ogni veronese ha nella sua cultura popolare la convinzione, non a torto, che i temporali più violenti arrivano dal lago.

Si noti come a San Zeno i fenomeni siano pressoché ugualmente distribuiti nei tre mesi mentre a Malcesine ciò non avviene subendo una forte riduzione nel numero di eventi nel mese di Giugno.

Inoltre si riscontra come la stazione altimetricamente più elevata, e quindi nuovamente San Zeno, sia maggiormente interessata a questo tipo di eventi come in teoria dovrebbe essere dato che il temporale costituisce un fenomeno tipicamente convettivo e soggetta in maniera più decisa le località più elevate.

Ancora più impressionante è il gap tra San Zeno e le altre stazioni se andiamo a considerare solo i giorni in cui il quantitativo totale caduto ha eguagliato o superato i 50 mm di pioggia.

Per avere un'idea migliore andiamo a guardare i fattori di riduzione degli eventi, ovvero il rapporto tra il numero di eventi maggiori di 50 mm e quelli maggiori di 30 mm.

Tale rapporto mostra come gli eventi nella località sul versante del Baldo, lato benacense, si riducano al 48% rispetto a quelli maggiori di 30 mm, ma nelle altre località il decurtamento è molto più marcato.

A Spiazzi abbiamo un 18% mentre a Malcesine un 23% degli eventi maggiori o uguali a 30 mm. Cosa molto interessante è il fatto che passando da 30 a 50 mm i mesi che hanno fatto registrare il numero massimo non mutano per ogni stazione. Ovviamente andando a spingere ulteriormente l'indagine alzando ulteriormente la soglia ad esempio a 80 mm ci aspettiamo un ampliamento della forbice dei valori.

Effettivamente è quello che succede tra San Zeno e Malcesine, con la particolarità di Spiazzi che praticamente dimezza gli eventi, mentre le altre stazioni hanno riduzioni molto più consistenti.

Resta comunque il fatto che San Zeno continua a detenere anche in questo caso il numero di eventi più elevato e li concentra quasi totalmente nel mese di agosto, dove si localizza anche il suo massimo storico di oltre 125 mm.

La stazione di Malcesine presenta in 25 anni solo un evento estivo di tale portata, accaduto il 7 agosto 1968 con 81 mm di pioggia.

A Spiazzi invece osserviamo la tendenza a concentrare gli avvenimenti intensi nel mese di luglio. Si noti come però queste ultime stazioni non presentino i loro massimi giornalieri tra gli eventi qui citati, ma nella stagione autunnale; forse sarebbe più

indicato per queste due fare questo genere di indagine nella stagione autunnale, però il fenomeno descritto avrebbe altra origine.

In conclusione notiamo come San Zeno sia la stazione più soggetta a precipitazioni di una certa intensità nel periodo estivo, cosa che spiega l'importanza per questa località dell'apporto idrico nella stagione calda.

Il motivo della maggior proliferazione di celle temporalesche del basso lago probabilmente è dovuta alla maggior facilità con cui le correnti provenienti da Ovest cariche di umidità si infiltrino nel circolo del Garda, oltre al fatto che rispetto a Malcesine più a Nord San Zeno gode di una maggior insolazione quindi di una maggior evaporazione dal sottostante lago, dovuto alla minor pendenza del versante e probabilmente ad un orientamento delle superfici ideale.

4.5 ANALISI EVENTO DEL 4-5 NOVEMBRE 1966

Il 1966 nelle località del monte Baldo non è stato un anno con particolari volumi precipitati, tuttavia il mese di novembre ha presentato eventi di una certa intensità, risultando nella località di Spiazzi il mese più piovoso, mentre nelle altre maggiori volumi si sono avuti solo in ottobre.

Nei giorni 4 e 5 Novembre tutto il Nord Italia ha subito gravi alluvioni. Ricordiamo soprattutto Venezia e Firenze, le più importanti, ma anche l'asta dell'Adige ha subito conseguenze notevoli, in particolar modo a Trento e successivamente a Verona.

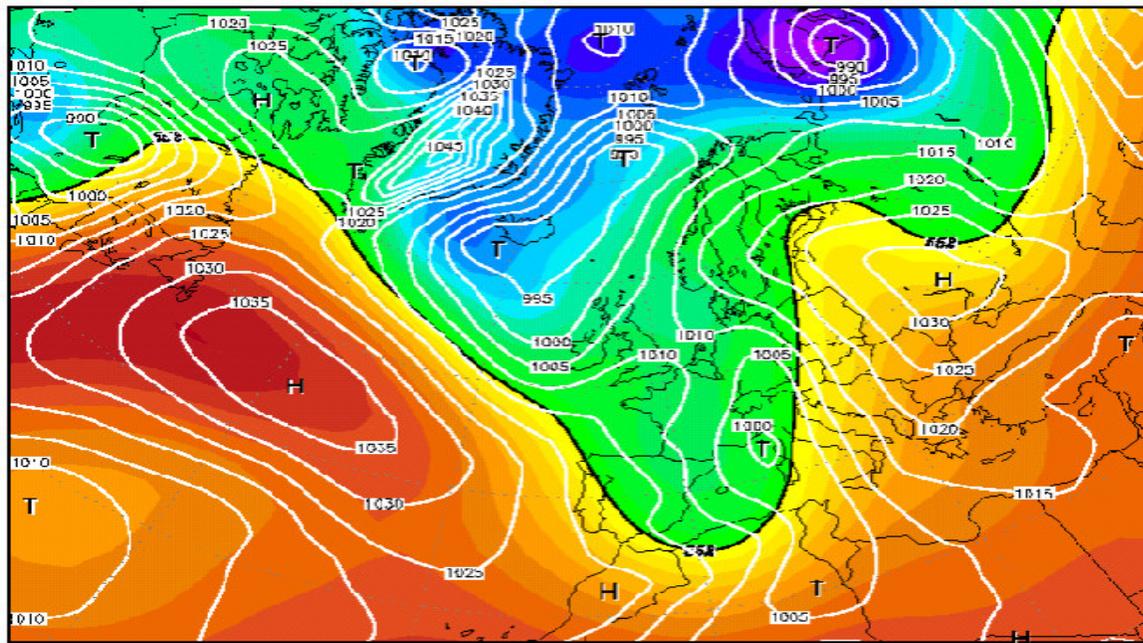
Tanto per rendere l'idea il 1966 è stato l'unico anno in cui sono state completamente utilizzate le potenzialità della galleria di alleggerimento Adige-Garda, che con i suoi 500 m³/s ha scaricato nel lago 64 milioni di metri cubi d'acqua, alzandone il livello di circa 17 cm. Inquadrato l'evento, vogliamo vedere ora cosa hanno riscontrato le nostre stazioni pluviometriche. Dalle cartine bariche trovate nel sito www.wetter-zentrale.de si osserva la presenza nel Mar Ligure di una zona di bassa pressione. Questa situazione è quella in cui tipicamente ad esempio in Trentino fa registrare i maggiori quantitativi di pioggia. Sembra di poter ricondurre la fenomenologia alle depressioni sul Mediterraneo occidentale e sul Tirreno. E' una situazione autunnale caratterizzata da un anticiclone che si estende dall'Atlantico alla Russia; esso blocca i fronti provenienti dal Mediterraneo occidentale generati dalle depressioni dell'Africa nordoccidentale in moto verso le alte pressioni dell'Europa orientale. Sulla Sardegna i fronti rallentano e piegano verso Nord-Est risalendo l'Adriatico andando a colpire soprattutto le regioni italiane del nordorientali (frequente il fenomeno dell'acqua alta a Venezia).

Sembra questa la situazione che comporta il peggior tempo sul territorio italiano, che può rimanere instabile anche per diversi giorni E' quindi presumibile che il fronte di perturbazione sia arrivato nella zona di interesse dai sestanti sud-orientali, dato il movimento antiorario delle masse d'aria attorno al centro di depressione. Questo fatto sembra convalidato anche dai dati ricavati dalla carta delle isoiete riferente al 3-5 novembre 1966 dell'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia; si vede molto bene come nelle prealpi friulane siano piovuti i maggiori volumi arrivando nella zona di Barcis fino a 700 mm in tre giorni. Spostandosi verso Ovest le quantità tendono a diminuire, in particolare la zona orientale del monte Baldo ricade sotto la curva dei 150 mm.

Notiamo subito che le stazioni vedono nei primi giorni di novembre lo stesso fenomeno. A San Zeno piove dal 3 al 7 novembre, a Spiazzi dal 4 al 7 mentre a Malcesine dal 2 al 6 del mese.

In questo caso le precipitazioni maggiori si sono verificate a Spiazzi dove il 4 (il giorno forse più critico per le alluvioni) sono caduti più di 60 mm, mentre le altre due stazioni hanno segnalato entrambe 21 mm di pioggia, questo implica a prima vista una miglior esposizione del versante atesino alla perturbazione

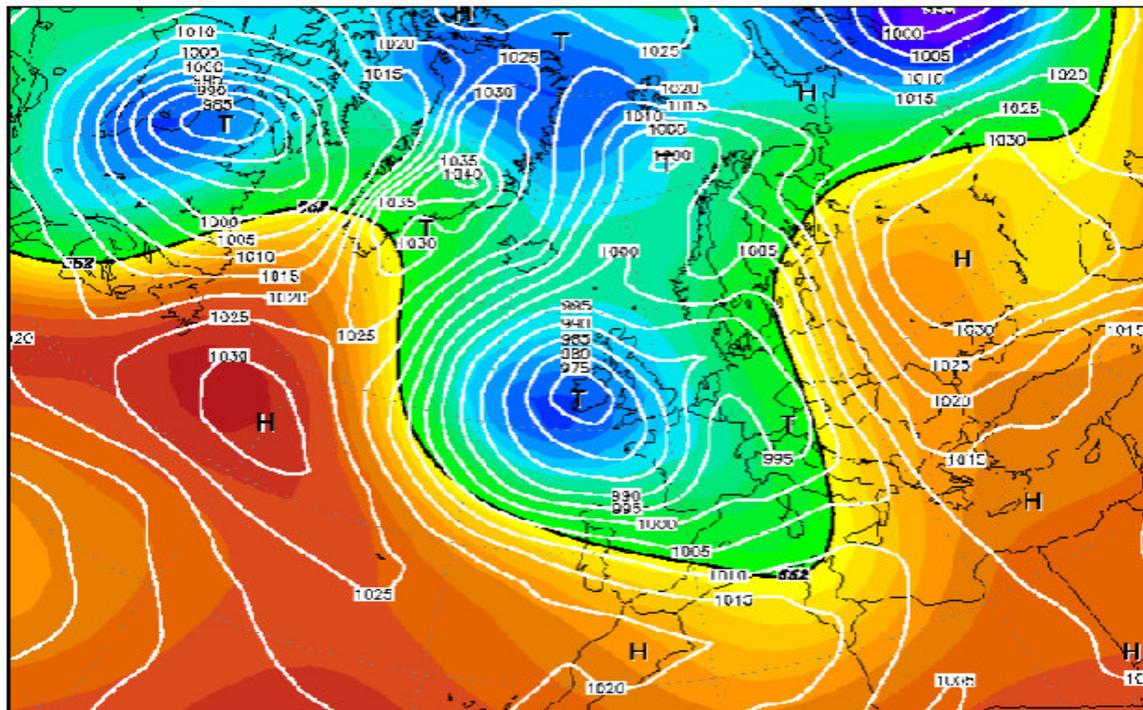
04NOV1966 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 4.13: isobare e quota geopotenziale della zona europea al 4 Novembre 1966(www.wetterzentrale.de)

05NOV1966 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 4.14 : isobare e quota geopotenziale nella zona europea al 5 Novembre 1966 (www.wetterzentrale.de)

Il giorno seguente, il cinque, si sono avuti i valori estremi di tutto il mese.

Guardando l'evoluzione dalle cartine bariche vediamo come la depressione si sia spostata verso Est, favorendo probabilmente il versante orientale della montagna baldense.

Ancora una volta Spiazzi è risultata la più colpita con più di 90 mm, seguita da San Zeno con 83 e Malcesine con 70.

Dopo il giorno di picco si sono avuti ancora due giorni di pioggia per Spiazzi e San Zeno e uno per Malcesine con intensità molto minore dei precedenti, dato ormai l'avanzamento nel processo frontale (ormai il fronte si sta totalmente occludendo) e l'instaurarsi di una zona di alta pressione sul Mediterraneo. (8 Novembre 1966). Anche le previsioni dell'epoca davano l'alternanza di schiarite a passaggi nuvolosi stratificati, tuttavia con l'assenza di precipitazioni, che effettivamente le stazioni baldensi non hanno riscontrato.

CAPITOLO 5.

Sommario:

In questo capitolo vengono ricavate le curve principi nello studio degli eventi massimi di precipitazione, molto utili nel campo ideologico soprattutto per quel che riguarda la progettazione idraulica.

CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Dopo aver analizzato i dati a nostra disposizione soprattutto per quanto concerne i valori medi e totali, sembra il caso ora di parlare dei valori massimi, e sembra questa l'occasione di dare una trattazione tipicamente più tecnica costituita dalle curve di possibilità pluviometrica, che a ragion del vero trattando valori massimi forse non interessa specificatamente il sistema acquedottistico, ma sono comunque fondamentali nella gestione della risorsa idrica, in quanto con la legge Galli (per la prima volta si introduce il concetto di servizio idrico integrato) il gestore fornitore della risorsa idrica si deve anche occupare dello smaltimento delle acque reflue tra cui rientrano anche le acque bianche piovane. Le curve sono state trovate per i valori massimi di precipitazione di 1, 2, 3, 4, 5, giorni di pioggia consecutivi, utilizzando due diverse distribuzioni di probabilità: la distribuzione del massimo valore asintotico o doppio esponenziale di Gumbel, e la lognormale a due parametri. Per ogni tipo di distribuzione, si sono usati due metodi di adattamenti dei parametri: i minimi quadrati e il metodo dei momenti.

In seguito per ogni coppia di parametri ottenuti con i diversi metodi si è svolto il test di significatività di Pearson, scegliendo quelli che minimizzavano il valore del test e scartando quelli che eccedevano una prestabilita soglia.

5.1 TIPI DI DISTRIBUZIONE

Prima di esporre i risultati ottenuti sembra doveroso fare qualche richiamo di teoria sui mezzi statistici utilizzati.

L'obiettivo dell'elaborazione è dunque quello di ottenere le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica rappresentate nella forma:

$$h = a(Tr)t_p^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione massima, a rappresenta un coefficiente che generalmente diende dal tempo di ritorno mentre n è l'esponente caratteristico che su un piano bilogaritmico diventa l'espressione di una retta:

$$\ln(h) = \ln(a) + n \ln(t_p)$$

il trattamento dei dati ha quindi come finalità quella di determinare i parametri α e u delle curve.

Distribuzione doppio esponenziale di Gumbel

La distribuzione di probabilità di Gumbel mette in relazione le altezze di pioggia con la probabilità di non superamento dell'evento tramite la relazione:

$$P(h < H) = \exp(-\exp(-\alpha(h-u)))$$

dalla quale si può ricavare per derivazione la funzione della densità di probabilità data dalla seguente espressione:

$$p(h < H) = \alpha \exp(-\exp(-\alpha(h-u)) - \alpha(h-u))$$

Come si vede la funzione di probabilità è caratterizzata dai parametri α ed u , e, per poterli determinare si introduce una variabile ridotta y :

$$y = \alpha(h-u)$$

Ovviamente la variabile ridotta è anche uguale a:

$$y = -\ln(-\ln(P(h < H)))$$

Per calcolare la probabilità di non superamento dell'evento al fine di determinare i parametri sopra citati si introduce la grandezza tempo di ritorno come quel tempo che mediamente intercorre perché un fenomeno venga eguagliato o superato, o il numero di anni in cui l'evento viene superato o eguagliato una sola volta.

Se assumiamo che h sia maggiore o uguale ad H (arbitrario) e chiamiamo $P(h > H)$ la relativa funzione di probabilità è chiaro che la probabilità dell'evento opposto sia data da:

$$P(h < H) = 1 - P(h \geq H)$$

dalla definizione sopra esposta di tempo di ritorno si ha che in un numero Tr di anni l'evento si verifica mediamente una volta:

$$Tr[P(h \geq H)] = 1$$

da cui:

$$P(h \geq H) = \frac{1}{Tr}$$

e quindi per complementarità:

$$P(h < H) = 1 - \frac{1}{Tr}$$

nel nostro caso il tempo di ritorno è stato calcolato in base alla serie storica dei dati ordinata in modo decrescente con la semplice relazione:

$$Tr = \frac{N+1}{i}$$

dove N indica in numero di dati disponibili, mentre i sta per la loro posizione nella scala ordinata.

Come si può notare a questo punto si ha una variabile ridotta funzione solo del tempo di ritorno da cui è ora possibile estrarre i parametri con il metodo dei minimi quadrati, prima, e dei momenti in seguito.

Metodo dei minimi quadrati

Consiste nel determinare la curva di regressione, scegliendo tra le diverse possibili quella che minimizza la distanza:

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P(h < H) - e^{-e^{-\alpha(h-u)}})$$

Come tutti i problemi di minimo questo è possibile se vengono annullate le derivate prime parziali dell'espressione sopra rispetto ai parametri:

$$\frac{\partial \delta}{\partial \alpha} = 0 \qquad \frac{\partial \delta}{\partial u} = 0$$

Dato che risulta un sistema lineare di difficile risoluzione si è effettuato un cambio di variabile e si sono interpolati i vari valori della variabile ridotta con le rispettive altezze di pioggia tramite ormai l'assodata relazione:

$$-\ln(-\ln(P(h < H))) = \alpha(h - u)$$

Dal coefficiente angolare "a" e dall'intercetta "b" si ottengono poi α ed u da:

$$\alpha = a \qquad u = -\frac{b}{\alpha}$$

Metodo dei momenti

Il metodo dei momenti è un metodo di stima molto semplice e rapido.

Il metodo consiste nell'attribuire a ciascun momento statistico della popolazione il valore del corrispondente momento del campione estratto da quella da quella popolazione.

Alla media della popolazione della variabile casuale si sostituisce la media del campione di n osservazioni, alla varianza la varianza del campione e così via.

Per ottenere le stime indistorte si moltiplica il valore del momento del campione per un coefficiente correttivo.

Questo fattore è uguale a uno per la media mentre per la varianza, e di conseguenza anche per lo scarto quadratico medio è:

$$\frac{n}{n-1}$$

Difficilmente si vanno a vedere momenti superiori al secondo ordine; nella distribuzione di Gumbel media e varianza sono legati ai parametri α ed u dalle seguenti relazioni:

$$\mu(h) = \frac{\gamma}{\alpha} + u$$

$$\sigma(h) = \frac{\pi}{\alpha\sqrt{6}}$$

Distribuzione lognormale a due parametri

Le grandezze ideologiche sono spesso distribuite con legge probabilistica diversa da quella normale, ma spesso per comodità si cerca di ricondurre la distribuzione di probabilità di tali grandezze alla forma normale, ricercando particolari variabili, trasformate da quella originaria, che però siano distribuite secondo tale legge.

Tra le trasformate più usate una sicuramente è la distribuzione lognormale a due parametri; caratteristica di tale distribuzione è il fatto che a seguire la distribuzione normale è la grandezza:

$$y = \ln h$$

A differenza della variabile trasformata o ridotta la distribuzione delle altezze di pioggia non è assolutamente simmetrica, per cui si può facilmente osservare che media, moda e mediana sono diverse tra loro in particolare si ottiene che la moda è minore della mediana che a sua volta è minore della media.

Le disuguaglianze sono molto più evidenti a maggior misura dell'aumentare dello scarto quadratico medio; inoltre questo tipo di distribuzione è limitato inferiormente, presso lo zero.

Media e scarto quadratico medio della variabile trasformata y sono legati alla media ed alla varianza delle altezze di pioggia tramite le seguenti relazioni:

$$\mu(y) = \ln(\mu(x)) - \frac{1}{2} \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)} \right]$$

$$\sigma^2(y) = \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)} \right]$$

Anche per questa distribuzione la stima dei parametri è stata fatta attraverso il metodo dei minimi quadrati e quello dei momenti.

L'applicazione del metodo alla distribuzione log-normale 2 parametri vede il calcolo delle frequenze per ogni valore del campione, e poste uguali alla probabilità della variabile Y_i , posso calcolarmi quest'ultima invertendo la funzione di probabilità. Una volta trovati i valori di questa variabile trasformata si può interpolare la retta tra questi e quelli del campione, la retta interpolante sarà del tipo:

$$y = m \ln(h) + c$$

da cui mi ricavo a e b (parametri da stimare) tramite:

$$m = \frac{1}{b} \quad \text{e} \quad c = -\frac{a}{b}$$

Una volta noti questi due parametri, è possibile calcolare la vera variabile trasformata come

$$y = \frac{(\ln(h) - a)}{b}$$

Di questa variabile, in seguito, si troverà la distribuzione log-normale ponendo media pari ad a e varianza pari a b.

Test di Pearson

È un test per valutare l'adattamento di una legge probabilistica ad un insieme di osservazioni. Viene suddiviso il campione di osservazioni in un numero k di intervalli ed indichiamo con p_i la probabilità che un'osservazione ricada nello i-esimo intervallo e con N_i il numero di osservazioni che ricadono nello stesso intervallo.

Il test di Pearson prende in considerazione la grandezza statistica :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{[N_i - Np_i]^2}{Np_i}$$

che viene confrontata con un valore limite tabulato in base alla probabilità tipica della distribuzione del χ (in realtà si fissa il valore di probabilità che si accetta di aver un valore per cui il test non è verificato, tipicamente il 5% percentile superiore) ed ai gradi di libertà calcolati come:

$$v = k - s - 1$$

dove con s si indica il numero dei parametri della distribuzione.

Nel nostro caso si è scelto un grado di probabilità del 5% (ovvero il 95% della probabilità che il test sia verificato) e i gradi di libertà in base alla formula sopra data sono stati fissati ad uno per Malcesine e San Zeno di Montagna mentre per Spiazzi a due.

Nella ricerca poi delle curve di possibilità pluviometrica sono state usate per i vari giorni di pioggia le distribuzioni che hanno presentato al test di Pearson il valore più basso, e in caso di uguaglianza si è dato più peso alla distribuzione di Gumbel per semplicità di calcolo.

Una volta stimato i parametri, si possono calcolare per ogni tempo di pioggia i valori delle corrispondenti altezze massimali, e si nota come in un diagramma bilogaritmico si dispongano lungo una retta. Il fascio di rette (una per ogni tempo di ritorno) costituisce l'insieme delle curve di possibilità pluviometrica.

Vengono ora qui proposti solo un esempio dei grafici di adattamento delle diverse distribuzioni con i valori del campione e i valori del test di Pearson.

Gli altri sono consultabili in appendice B.

5.2 RISULTATI

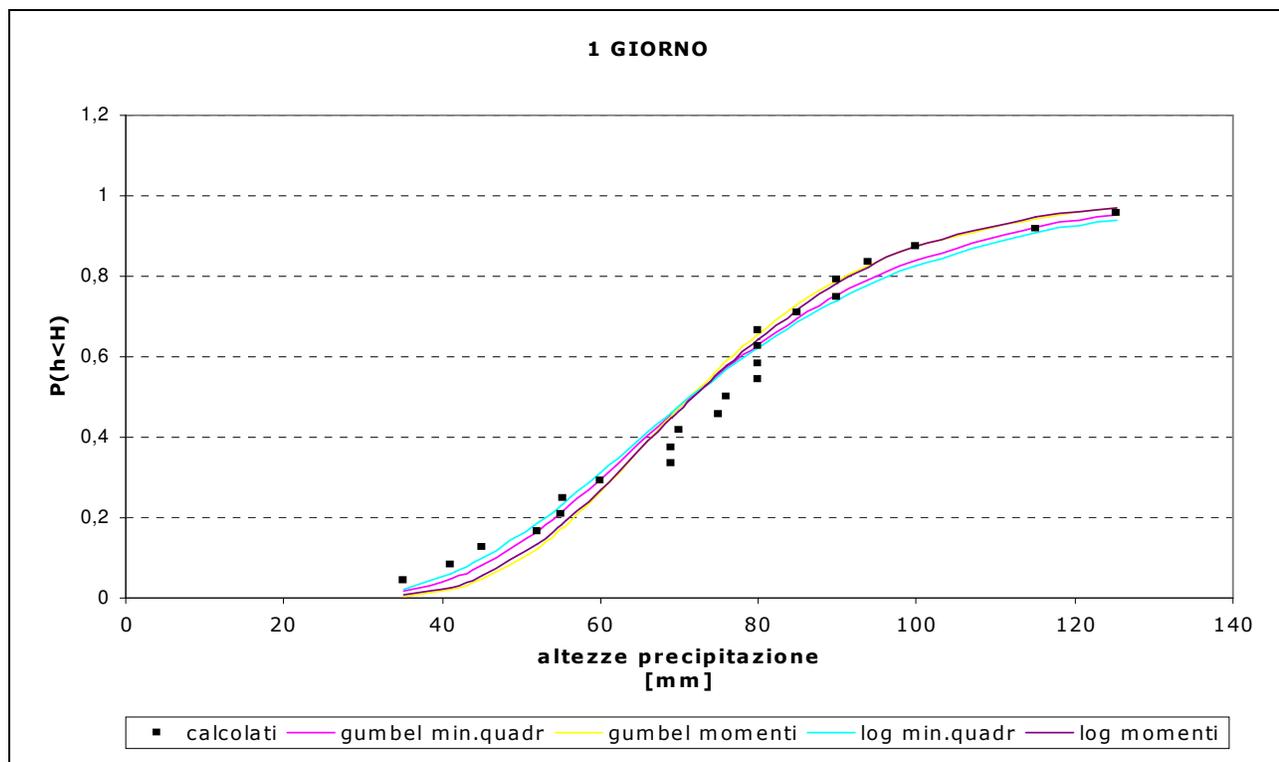


Figura 4.14: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali

| SAN ZENO DI MONTAGNA | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 1 giorno | 2 giorni | 3 giorni | 4 giorni | 5 giorni |
| gumbel | momenti | alpha | 0,05724 | 0,04092 | 0,04271 | 0,03727 | 0,03347 |
| | | u | 64,8773 | 80,6169 | 91,9556 | 98,3906 | 104,884 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 1,52174 | 0,47826 | 0,82609 | 4,30435 |
| | | χ^2_{lim} | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | minimi quadrati | alpha | 0,0486 | 0,03442 | 0,03623 | 0,03178 | 0,02835 |
| | | u | 63,9841 | 79,2228 | 90,745 | 97,0899 | 103,312 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 6,3913 | 2,56522 | 0,13043 | 0,82609 |
| | | χ^2_{lim} | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| log-normale | momenti | μ | 4,27261 | 4,49724 | 4,61798 | 4,68985 | 4,75648 |
| | | σ | 0,29293 | 0,3228 | 0,27958 | 0,29605 | 0,30686 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 1,52174 | 0,47826 | 0,82609 | 1,86957 |
| | | χ^2_{lim} | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | minimi quadrati | μ | 4,26967 | 4,50124 | 4,6207 | 4,69137 | 4,75878 |
| | | σ | 0,3589 | 0,35669 | 0,30708 | 0,3324 | 0,34284 |
| | | χ^2 | 2,91304 | 2,56522 | 1,17391 | 0,13043 | 0,82609 |
| | | χ^2_{lim} | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |

Tabella 4.2: test di Pearson per le diverse distribuzioni e i diversi metodi di adattamento dei parametri

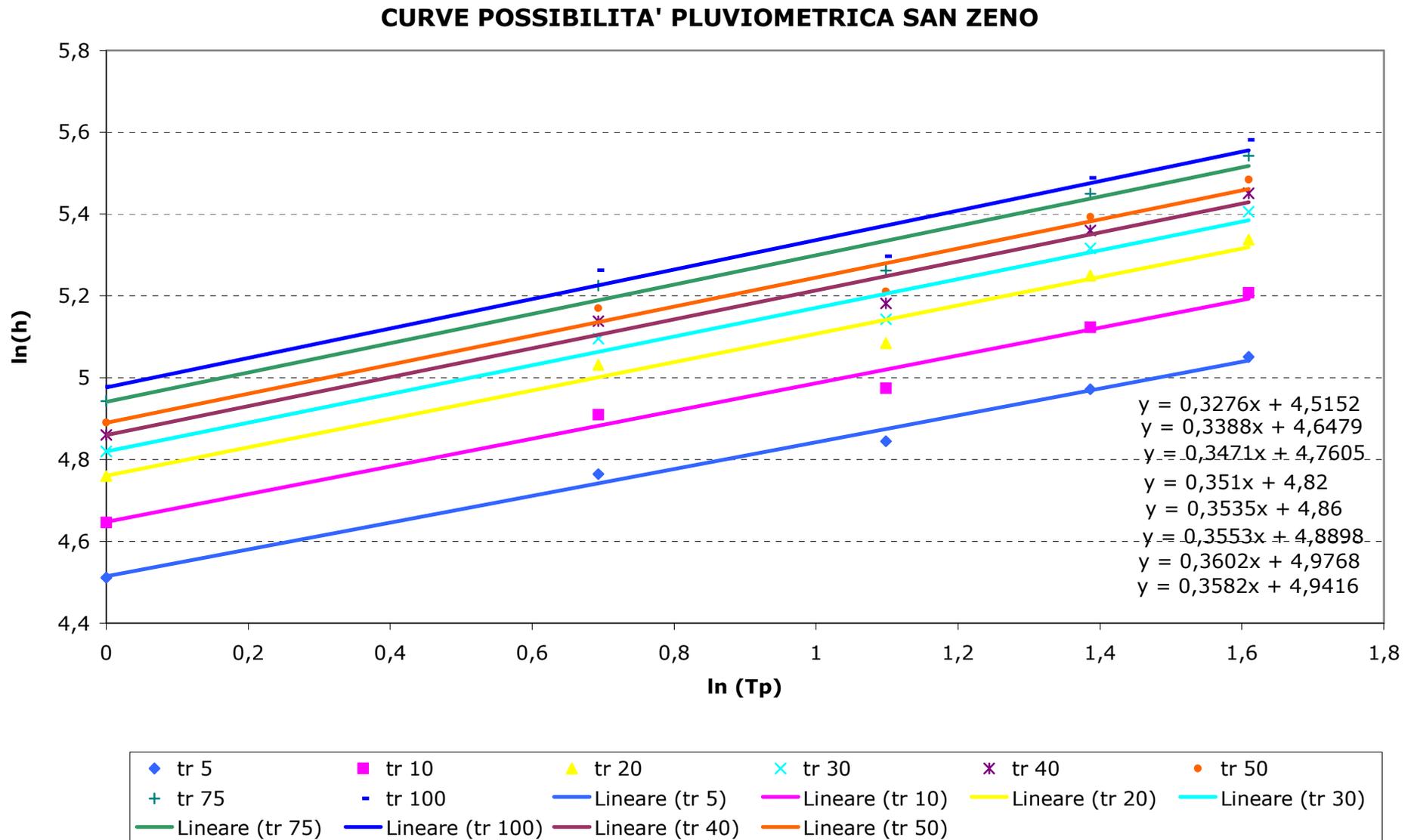


Figura 4.15: curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno per la stazione di San Zeno di Montagna

CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA SPIAZZI

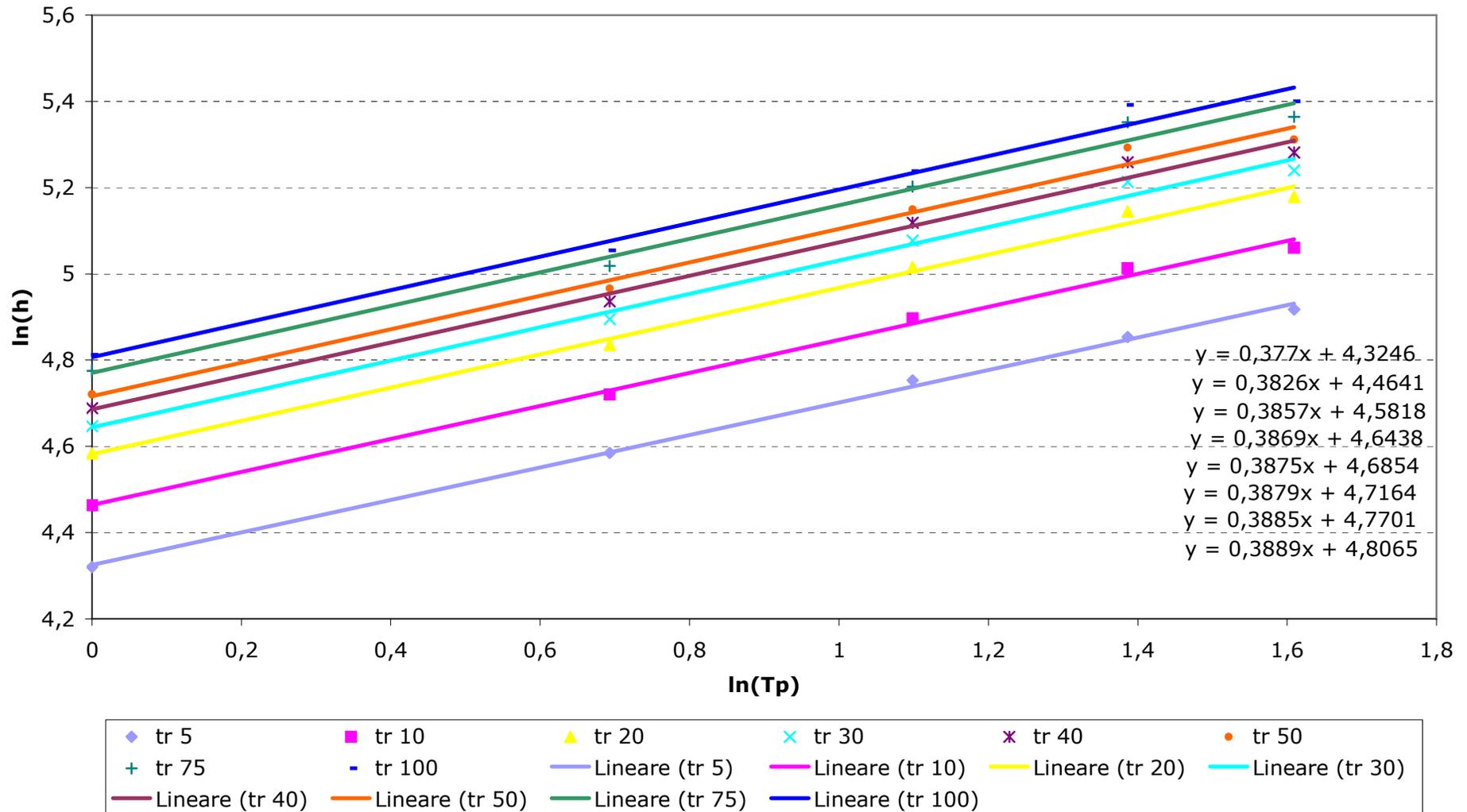


Figura 4.16: curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno per la stazione di Spiazzi

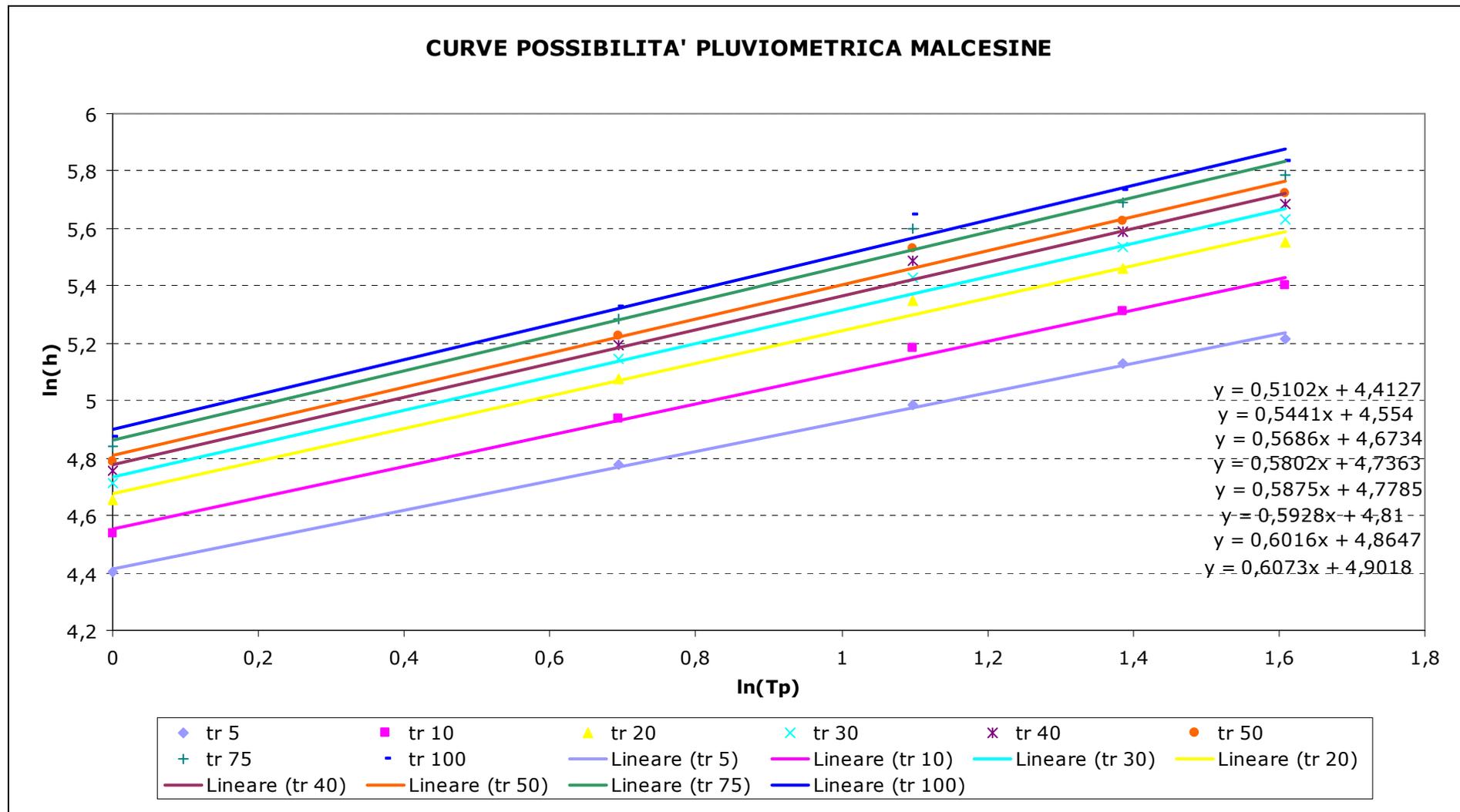


Figura 4.17: curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno per la stazione di Malcesine

SAN ZENO DI MONTAGNA

| tr | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 |
|----|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n | 0,32758 | 0,338821 | 0,34706 | 0,351 | 0,35349 | 0,35528 | 0,35825 | 0,36016 |
| a | 91,3919 | 104,3627 | 116,809 | 123,971 | 129,021 | 132,925 | 139,998 | 145,004 |

Tabella 4.3: valore dei parametri tipici delle curve pluviometriche per San Zeno

SPIAZZI

| tr | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n | 0,37696 | 0,38264 | 0,38572 | 0,38686 | 0,3875 | 0,38791 | 0,38854 | 0,38791 |
| a | 75,5384 | 86,8385 | 97,6938 | 103,944 | 108,351 | 111,76 | 117,935 | 122,305 |

Tabella 4.4: valore dei parametri tipici delle curve pluviometriche per Spiazzi

MALCESINE

| tr | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n | 0,5102 | 0,54408 | 0,56855 | 0,58017 | 0,58753 | 0,59281 | 0,60159 | 0,60727 |
| a | 82,4937 | 95,0076 | 107,061 | 114,017 | 118,93 | 122,733 | 129,635 | 134,53 |

Tabella 4.5: valore dei parametri tipici delle curve pluviometriche per Malcesinei

Come si nota subito dalle tabelle riportanti i valori del test di Pearson, l'unico valore che eccede il limite di significatività riguarda Spiazzi per gli estremi di un giorno.

Per tutti gli altri valori possiamo ritenerci soddisfatti, in quanto i modelli di distribuzione utilizzati rispondono abbastanza bene alle condizioni da noi imposte.

C'è da dire che in questa sede si sono prese in esame solo due tipi di distribuzioni mentre a disposizione ve ne sarebbero ben altri, e anche nei metodi di adattamento dei parametri si è completamente trascurato il metodo della massima verosimiglianza, questo per semplicità di calcolo e per mancanza di tempo.

Le curve interpolanti sono mezzi molto utili per ricavare quelle che vengono definite piogge di progetto di massima; nell'ambito delle costruzioni idrauliche spesso si progetta in base agli eventi di piena massima (tipo nelle fognature bianche) derivati da eventi di pioggia massimi. Deciso il tempo di ritorno per il quale il nostro manufatto deve essere dimensionato e scelto il tempo di pioggia si entra nel grafico con fino ad intersecare la retta corrispondente al tempo di ritorno voluto, e si legge l'altezza di pioggia che mediamente massimizza quel dato periodo, nel senso che viene uguagliata o talvolta superata.

Dai risultati ottenuti si osserva che mentre a varia sensibilmente con il tempo di ritorno, infatti rappresenta la pioggia di durata unitaria, n presenta fluttuazioni minime intorno ad un valore medio comune a tutti i tempi di ritorno. In linea molto teorica, cosa che non accade mai n dovrebbe rimanere costante poiché il suo valore dipende dalle caratteristiche idrologiche e climatiche del sito. Questo fatto comporta che le rette di possibilità siano tra di loro parallele, perché un'eventuale intersezione tra due rette relative a tempi di ritorno diversi comporterebbe una discontinuità nelle curve di Gumbel, ossia che ad un'altezza di pioggia di durata assegnata, siano associati due tempi di ritorno differenti, e ciò non è possibile in quanto la relazione esistente da noi ipotizzata è monomia e monotona crescente.

Confrontando a ed n delle varie stazioni si nota subito la grande differenza che esiste tra le stazioni di Spiazzi e San Zeno da una parte e Malcesine dall'altra.

Ricordando che n può assumere valori compresi tra zero ed uno, e che, come regola empirica generale n diminuisce all'aumentare del tempo di pioggia, ci sembra di poter affermare che i valori riscontrati a San Zeno e Spiazzi rientrano nella normalità, mentre quelli di Malcesine sembrano esageratamente elevati, confrontabili con quelli trovati per gli scrosci, però, per la zona degli Speccheri in Vallarsa (dati scaricati da www.meteotrentino.it), una delle zone in cui spesso e volentieri si registrano i massimi di piovosità del Trentino, dovute a forti condizioni di sbarramento rispetto alle perturbazioni che salgono dai sestanti meridionali, come del resto accade sui monti Lessini.

Il motivo di tale anomalia sicuramente può essere la povertà della serie storica, infatti per questo tipo di elaborazione di solito sono richiesti almeno dati per coprire trent'anni, ma ci si sente di affermare che più la serie storica è lunga è meglio i nostri modelli possono ricoprire una vasta gamma di casi statistici; resta il fatto che questa motivazione non sembra poter giustificare da sola una così forte variazione dell'esponente n. Altre spiegazioni sinceramente non ci si sente di darle, se non che sarebbe necessario avere un riscontro sulla veridicità dei dati, cosa purtroppo come già volte ripetuto praticamente impossibile da noi per il tempo limitato a nostra disposizione e che richiederebbe un lungo lavoro di recupero dati da altri enti gestori magari di stazioni limitrofe.

Altra cosa che si è notato è come il valore dell'intercetta per San Zeno sia sempre superiore a quello delle altre stazioni, a dimostrazione che rappresenta un sito sottoposto ad eventi giornalieri piuttosto intensi, mentre su più giorni dato il basso valore di n è molto probabile che nei quantitativi risulti minore rispetto alle altre stazioni.

La stazione di Spiazzi è quella che presenta il valore all'intercetta minore di tutte, questo si traduce nell'avere eventi giornalieri meno rilevanti, l'aver in più il coefficiente circa uguale a quello di San Zeno la porta ad avere gli estremi di precipitazione calcolati più bassi tra le stazioni in esame.

La stazione di Malcesine presenta valori di intercetta intermedi tra San Zeno e Spiazzi, ma dato l'elevatissimo valore di n già dal secondo giorno di pioggia è quella che presenta i più alti valori di precipitazione.

A titolo di curiosità vediamo quali tempi di ritorno corrispondono ai valori massimi di pioggia registrati nelle tre stazioni rispettivamente per 1,2,3,4,5 giorni di pioggia consecutivi. Si noti guardando le tabelle dove tali valori sono riportati che spesso i valori massimi si riferiscono ad un periodo minore a quello dichiarato, ciò significa che il quantitativo riportato è quello che potenzialmente potrebbe cadere in un numero di giorni stabilito, poiché per nessun evento di tale durata si è superato il quantitativo dichiarato, raggiunto in un numero di giorni minore.

Gli estremi di precipitazione per la stazione di San Zeno sono:

- 1 giorno: 125,2 mm
- 2 giorni: 190,2 mm
- 3 giorni: 190,2 mm
- 4 giorni: 190,2 mm
- 5 giorni: 200,8 mm

qualitativamente, andando a vedere le tabelle di precipitazione ricavate con la teoria sopra esposta, e riportate in fondo al capitolo, ci accorgiamo che le altezze riportate corrispondono circa rispettivamente ad un tempo di ritorno di: 32 anni, 90 anni, 68 anni, 20 anni e 17 anni.

Per Spiazzi:

- 1 giorno: 92,2 mm
- 2 giorni: 150,9 mm
- 3 giorni: 159,9 mm
- 4 giorni: 176 mm
- 5 giorni: 221,1 mm

che corrispondono a circa: 15 anni, 74 anni, 29 anni, 24 anni e 100 anni.

Per Malcesine:

- 1 giorno: 106 mm
- 2 giorni: 140 mm
- 3 giorni: 190 mm
- 4 giorni: 237 mm
- 5 giorni: 278 mm

che ancora una volta corrispondono rispettivamente all'incirca a: 21 anni, 10 anni, 14 anni, 21 anni e 29 anni.

Si può notare come questi tempi di ritorno calcolati in maniera approssimativa per interpolazione dalle tabelle con una teoria lineare, presentino però per Malcesine valori tutto sommato bassi che il più delle volte rientrano come lasso temporale nell'ampiezza della serie storica. Ciò significa che mediamente si dovrebbe aver la possibilità di riscontrare nella serie altre avvenimenti di ugual portata, o molto simili, cosa che ciò non accade.

Il motivo di questi tempi di ritorno calcolati piuttosto bassi ricordiamo essere l'anomalia dei valori di n , sui quali abbiamo già discusso in precedenza.

CAPITOLO 6.

Sommario:

In questo capitolo viene fatto un riassunto sulle evidenze riscontrate nell'analisi dei dati (capitolo 3) e vengono proposte alcune spiegazioni o ipotesi sui fenomeni che governano le precipitazioni nelle diverse stazioni.

CONSIDERAZIONI FINALI E SVILUPPI FUTURI

Sommariamente dalle elaborazioni svolte si sono ricavate le seguenti schematiche considerazioni:

- da una prima sommaria osservazione dei coefficienti di correlazione si prospetta un comportamento, inteso come quantitativi e non come modalità di precipitazione, simile tra le stazioni poste sui due versanti della montagna, quindi San Zeno e Spiazzi; Malcesine tendenzialmente viene accomunata alla stazione posta di Riva del Garda posta più a Nord, in territorio trentino.
- Dall'analisi dei valori annuali si vede una diversa distribuzione dei valori totali, ma mediamente le differenze tra le stazioni risultano non molto elevate; inoltre dall'osservazione delle grandezze cumulate si nota una periodicità nella precipitazione comune a tutte e tre le località. In particolar modo viene messa in evidenza una prima metà dell'anno in cui gli apporti meteorici risultano abbastanza deficitari, contrapposta alla seconda metà in cui si verificano i maggiori eventi precipitazionali.
- Dall'analisi dei valori medi stagionali si è notato come le precipitazioni si differenzino da una stagione all'altra nella seconda parte dell'anno. Si è visto come a San Zeno siano molto importanti ai fini del computo totale gli apporti nei mesi estivi. Al contrario Malcesine trae maggior giovamento dai mesi autunnali soprattutto novembre, che in generale risulta il mese più piovoso per tutte le località; la stazione di Spiazzi posta sul versante est mostra un comportamento intermedio: non vi sono grosse differenze tra gli apporti medi estivi e quelli autunnali.
- Dall'analisi dei eventi estremi si è notato come i fenomeni temporaleschi siano concentrati sul lato benacense del monte Baldo in particolare nella stazione di San Zeno. La stazione di Malcesine presenta più fenomeni di quella di Spiazzi, tranne sugli eventi sopra gli 80 mm. L'indagine è stata fatta solo sui valori nei mesi estivi, tuttavia si può vedere, anche guardando la localizzazione temporale degli estremi giornalieri, come nelle ultime due stazioni citate i valori massimi siano raggiunti nei periodi autunnali.

Da questo breve riassunto sul comportamento delle tre stazioni si può presumere che le stazioni subiscano una diversa influenza dai moti più tipicamente a scala sinottica. In particolare per San Zeno rispetto alle altre stazioni, si nota un minor contributo delle precipitazioni nella stagione autunnale e il maggior valore assoluto nella stagione estiva, confortato anche da il numero di fenomeni intensi di tipo temporalesco. La stazione probabilmente si trova in una zona dove la presenza di una grande massa d'acqua fredda, quindi fonte di umidità, costituita dal lago di Garda favorisce lo

sviluppi di moti convettivi. E' nostra convinzione che i maggiori temporali del Garda si sviluppino nella zona del basso lago, grazie alla minor ripidità dei pendii quindi la maggior esposizione alla radiazione solare, motore dei moti convettivi. La presenza dei pendii stessi inoltre favorisce i fenomeni di sollevamento forzato di masse umide, tramite le correnti di versante, alimentate dalla anticipata esposizione dei versanti della montagna rispetto alle superfici sottostanti che trattandosi di acqua, presentano anche calori specifici maggiori e quindi maggior inerzia termica. In assenza di una "forzante" l'aria umida si raffredda comunque con il gradiente adiabatico di aria secca fino al lifting condensation level, da dove si instaura il gradiente di aria umida più basso. A parità di quota quindi la particella umida risulta più calda dell'ambiente che la circonda, ricevendo un'ulteriore spinta verso l'alto fino a che non incontra una inversione termica. Questa tipologia di formazione di nubi è quella che tipicamente dà vita ai maggiori fenomeni temporaleschi. Ovviamente una volta formatosi, il cumulo nembo tende a spostarsi secondo la direzione dei venti dominanti; nel caso del Garda durante la fase diurna tipicamente i venti spirano con direzione Sud-Nord, quindi è presumibile aspettarsi che il fenomeno temporalesco copra anche altre zone poste più a settentrione. Inoltre se il nembo arriva a svilupparsi oltre i 2000-2500 metri, sorpassa i crinali del monte Baldo e può arrivare a coprire anche zone poste sul versante orientale. Gli eventi possono presentarsi contemporaneamente o singolarmente, talvolta il fenomeno può essere visto anche dalla sola stazione di San Zeno, a dimostrazione della forte località dei fenomeni temporaleschi. Ovviamente la dinamica non è sempre quella proposta ma nell'analisi dei venticinque anni utilizzati risulta la più statisticamente frequente. La più favorita per una maggior forzante di tipo orogenetico sembra essere Malcesine, ma si vede chiaramente come il numero di fenomeni sia decisamente minore rispetto a quello di San Zeno. Si presume che ciò sia dovuto alla sensibile diminuzione all'esposizione delle superfici alla radiazione solare.

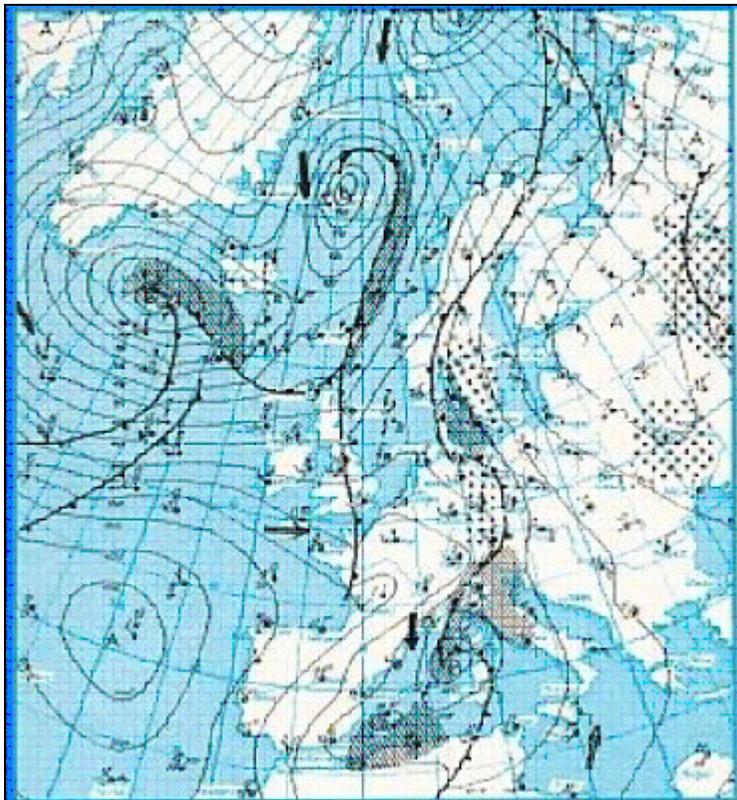


Figura 6.1: tipica situazione autunnale. Si vede molto bene la bassa pressione centrata sul Golfo di Genova

La stazione di Malcesine gode invece di forti apporti stagionali autunnali. Come si vede nell'analisi dei valori stagionali la stazione veronese presenta andamenti molto simili a quella trentina di Riva del Garda, a scala maggiore. La presenza dei maggior apporti localizzati nella stagione autunnale, come anche quella dell'evento giornaliero estremo, fa pensare che la stazione risenta maggiormente di fenomeni di natura tipicamente frontale, anche perché solitamente interessano le zone a quote più basse. Quando l'anticiclone delle Azzorre si sposta verso alte latitudini lascia libera la zona del Mediterraneo all'influsso delle correnti umide atlantiche, che possono favorire la ciclogenese sul Golfo di Genova. Tipicamente l'instaurarsi della bassa pressione nella zona comporta una circolazione antioraria attorno al punto con massima depressione, che fa muovere masse d'aria dai sestanti di Sud-Ovest. Qualora i fronti giungano tipicamente dai sestanti meridionali, una volta entrati nel circo del Garda le masse umide godono di un ulteriore forzante dovuta al restringimento orografico che il lago presenta salendo verso Nord.

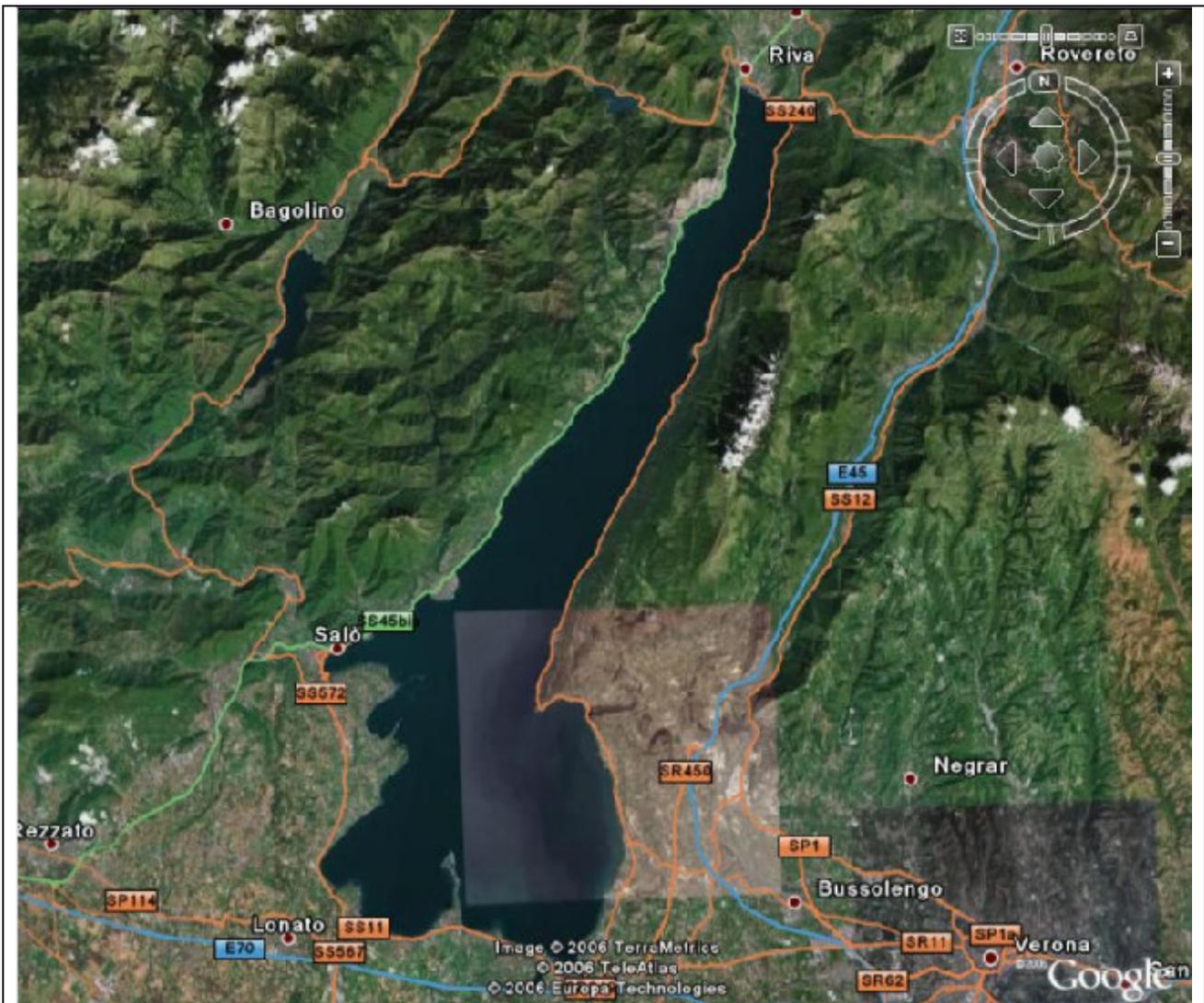


Figura 6.2: panoramica del lago di Garda; si noti il progressivo restringimento della sezione proseguendo verso Nord

Molto probabilmente il fenomeno presenta i suoi caratteri massimi all'altezza di Malcesine (bisogna anche considerare la quantità di umidità presente nella massa d'aria); proseguendo verso il territorio trentino il fenomeno diminuisce di intensità per i maggiori quantitativi scaricati più a Sud. Ciò è plausibile confrontando i valori di

precipitazione tra le stazioni di Malcesine e Riva, dove alla similarità dei fenomeni visti si contrappongono costantemente volumi maggiori nella prima rispetto alla seconda..

Per la stazione di Spiazzi non si avanza alcuna ipotesi dato la mancata prevalenza di una stagione sull'altra.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri si pensa all'utilizzazione del presente lavoro come punto di partenza per uno studio più approfondito della zona, mediante il completamento delle serie delle stazioni toccate, a cui aggiungere analoghi studi per le altre stazioni esistenti nella zona. La difficoltà del recupero di informazioni trovata nel svolgere il lavoro si spera sia motivo per la sollecitazione ad infittire la rete di misura pluviometrica nella zona del Baldo che ad oggi sembra molto deficitaria rispetto ad altre zone della regione Veneto.

Gli studi svolti devono essere visti nell'ottica di possibili utilizzi per diversi scopi: nelle operazioni di kriging, ovvero la spazializzazione delle precipitazioni mediante una combinazione lineare dei dati di vari stazioni ricadenti nel bacino idrografico, in cui i coefficienti per pesare ogni singola valutazione della stazione vengono calcolati mediante la risoluzione di un sistema lineare dipendente fondamentalmente dalla covarianza tra le stazioni stesse; altro campo di utilizzo è lo sviluppo di bilanci idrici tramite modelli ideologici tra cui sicuramente spicca il metodo geomorfologico.

Tutti gli scopi citati sono di primaria importanza nella gestione della risorsa idrica, bisogna sicuramente sottolineare il fatto che modelli ben sviluppati sono di limitata utilità se l'informazione in input non ha subito a monte un'altrettanto fine elaborazione. Per questo si insiste nel sostenere che prima di fare ulteriori passi in avanti merita sicuramente terminare l'indagine al fine di determinare il carattere pluviometrico del Monte Baldo.

APPENDICE A

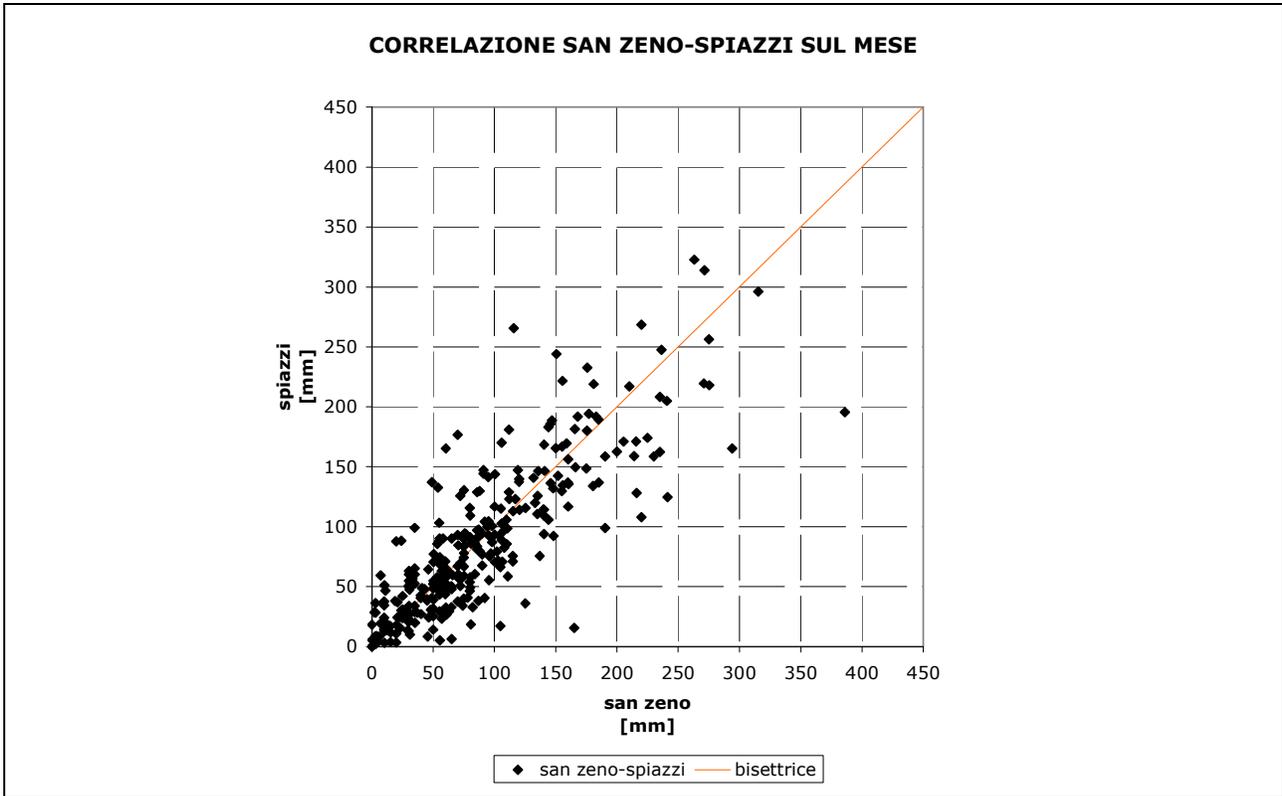


Figura A.1.: plot della correlazione su scala mensile tra le stazioni di San Zeno e Spiazzi

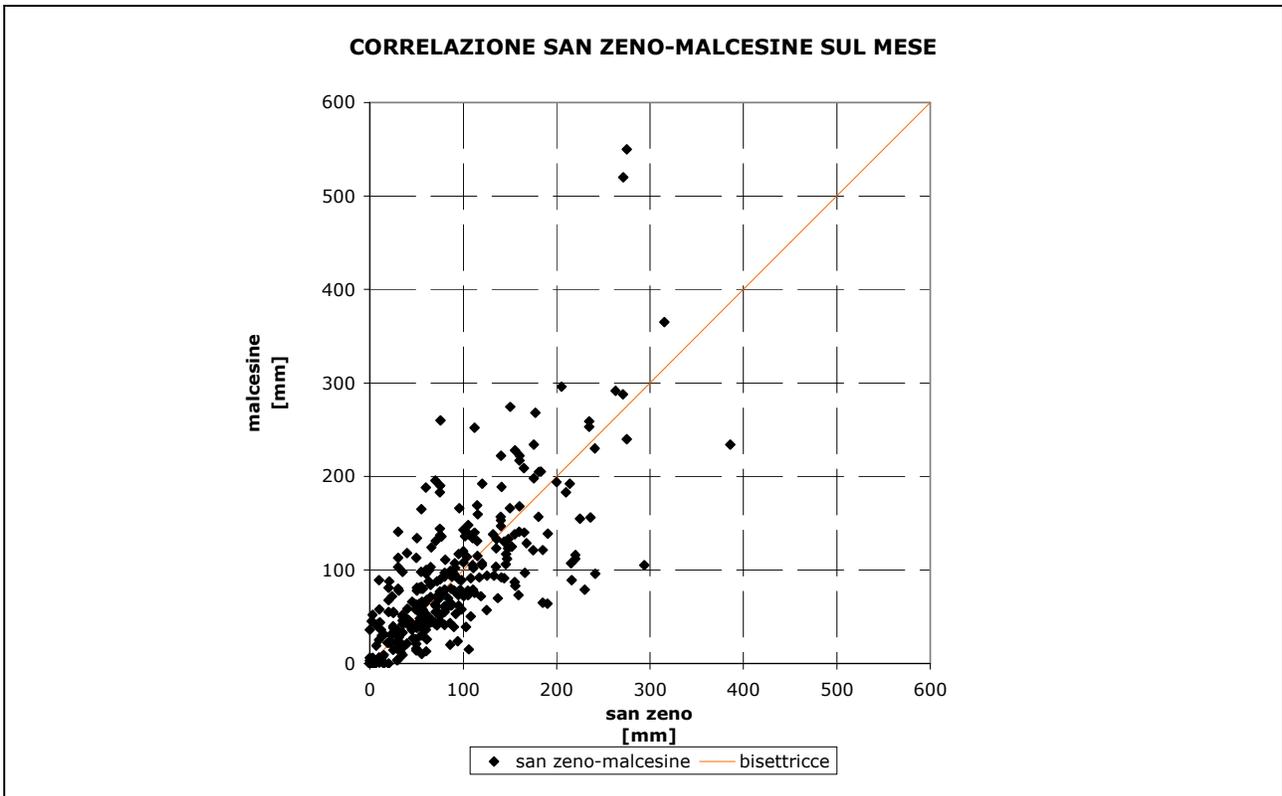


Figura A.2.: plot della correlazione su scala mensile tra le stazioni di San Zeno e Malcesine

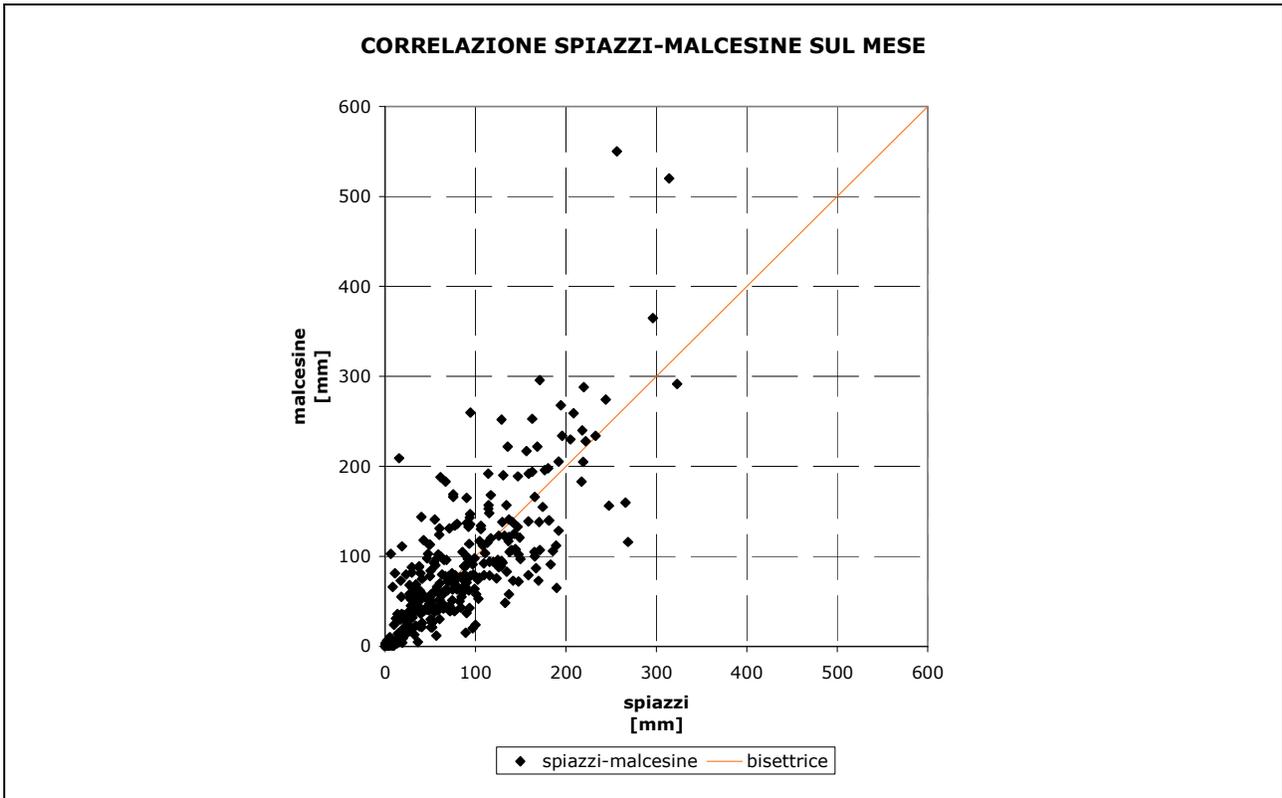


Figura A.3: plot della correlazione su scala mensile tra le stazioni di Spiazzi e Malcesine

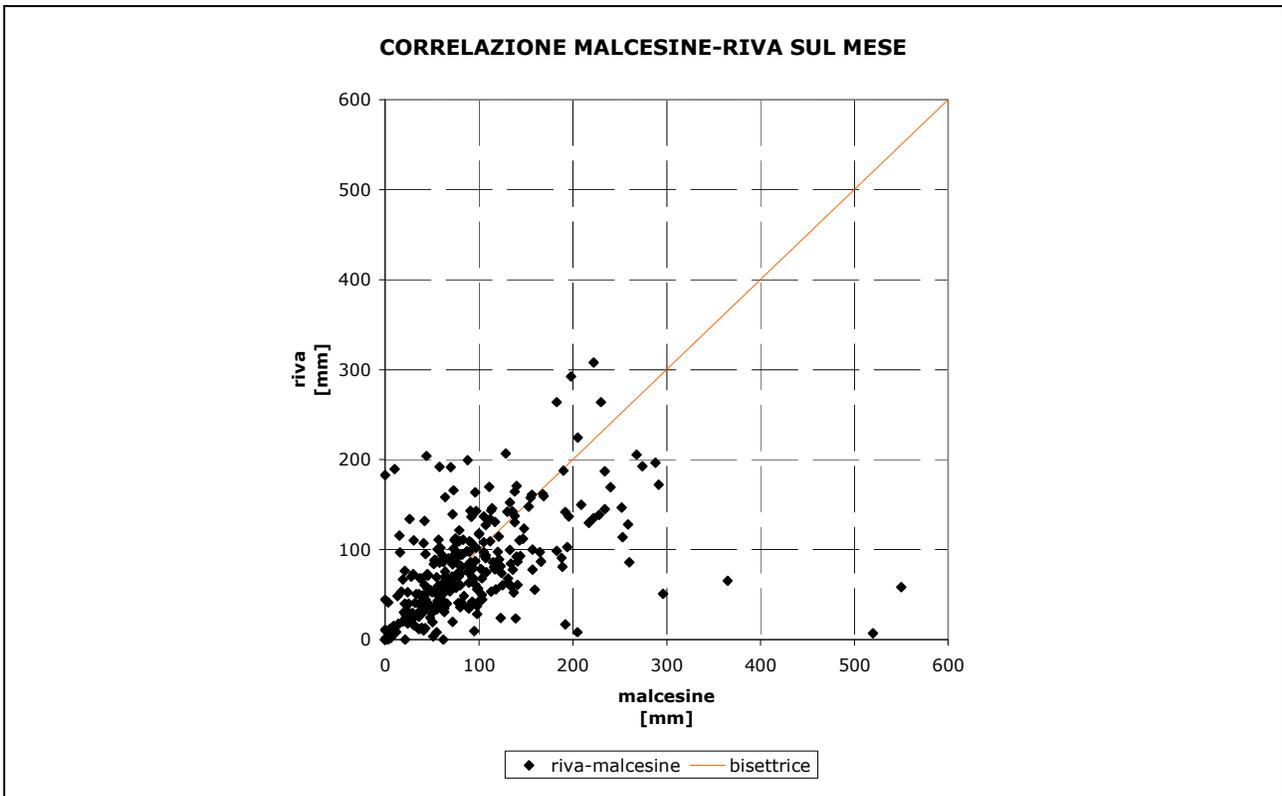


Figura A.4: plot della correlazione su scala temporale di un mese tra le stazioni di Malcesine e Riva

CORRELAZIONE SAN ZENO-SPIAZZI SULLA STAGIONE

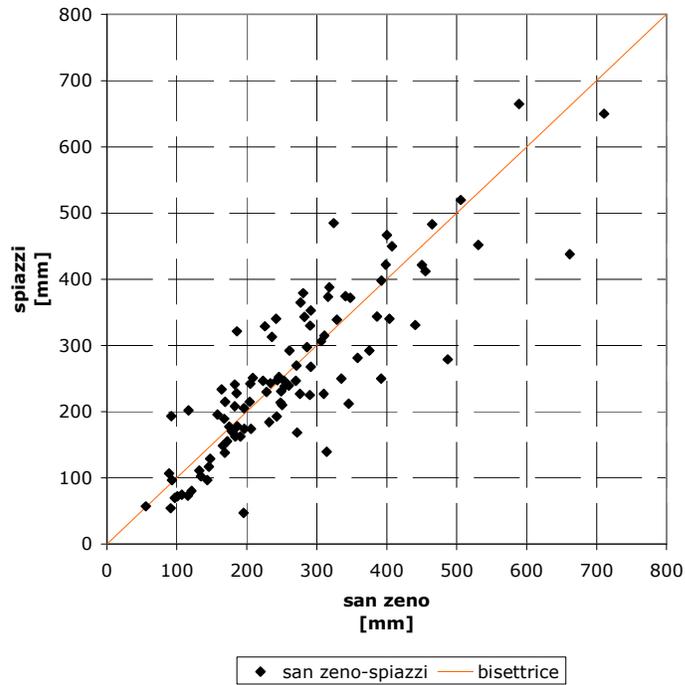


Figura A.5: plot della correlazione su scala stagionale tra le stazioni si San Zeno e Spiazzi

CORRELAZIONE SAN ZENO-MALCESINE SULLA STAGIONE

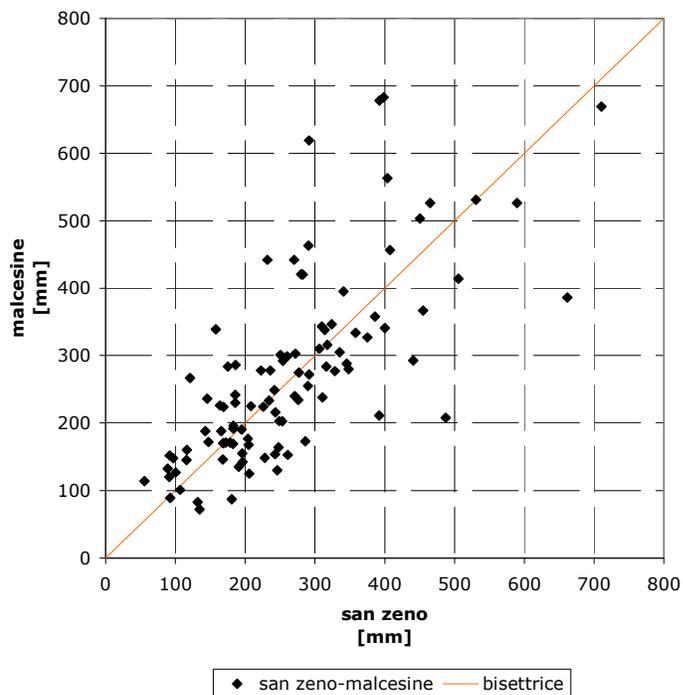


Figura A.6: plot della correlazione su scala stagionale tra le stazioni di San Zeno e Malcesine

CORRELAZIONE SPIAZZI-MALCESINE SULLA STAGIONE

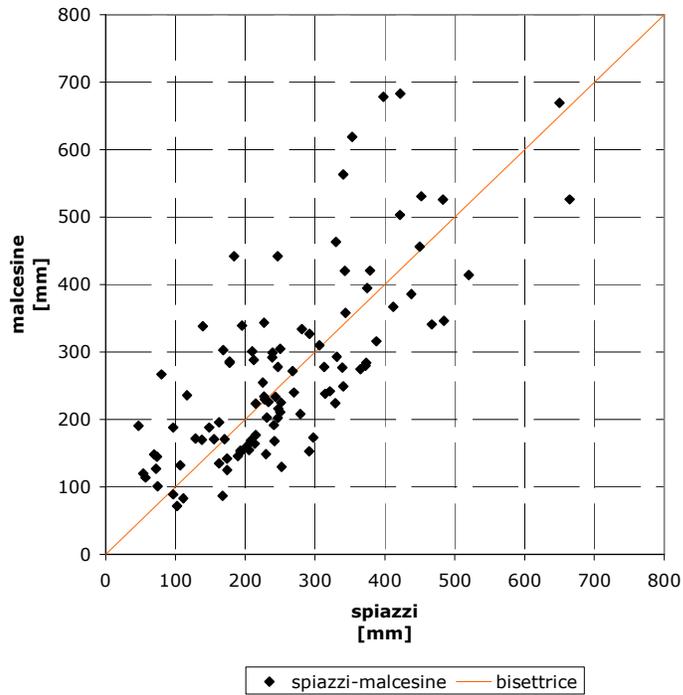


Figura A.7: plot della correlazione su scala stagionale tra le stazioni di Spiazzi e Malcesine

CORRELAZIONE MALCESINE-RIVA SULLA STAGIONE

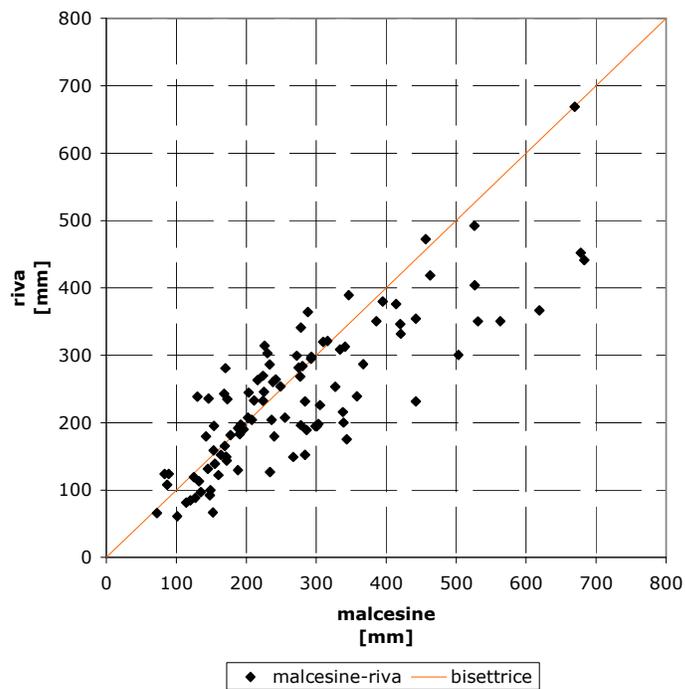


Figura A.8: plot della correlazione su scala stagionale tra le stazioni di Malcesine e Riva

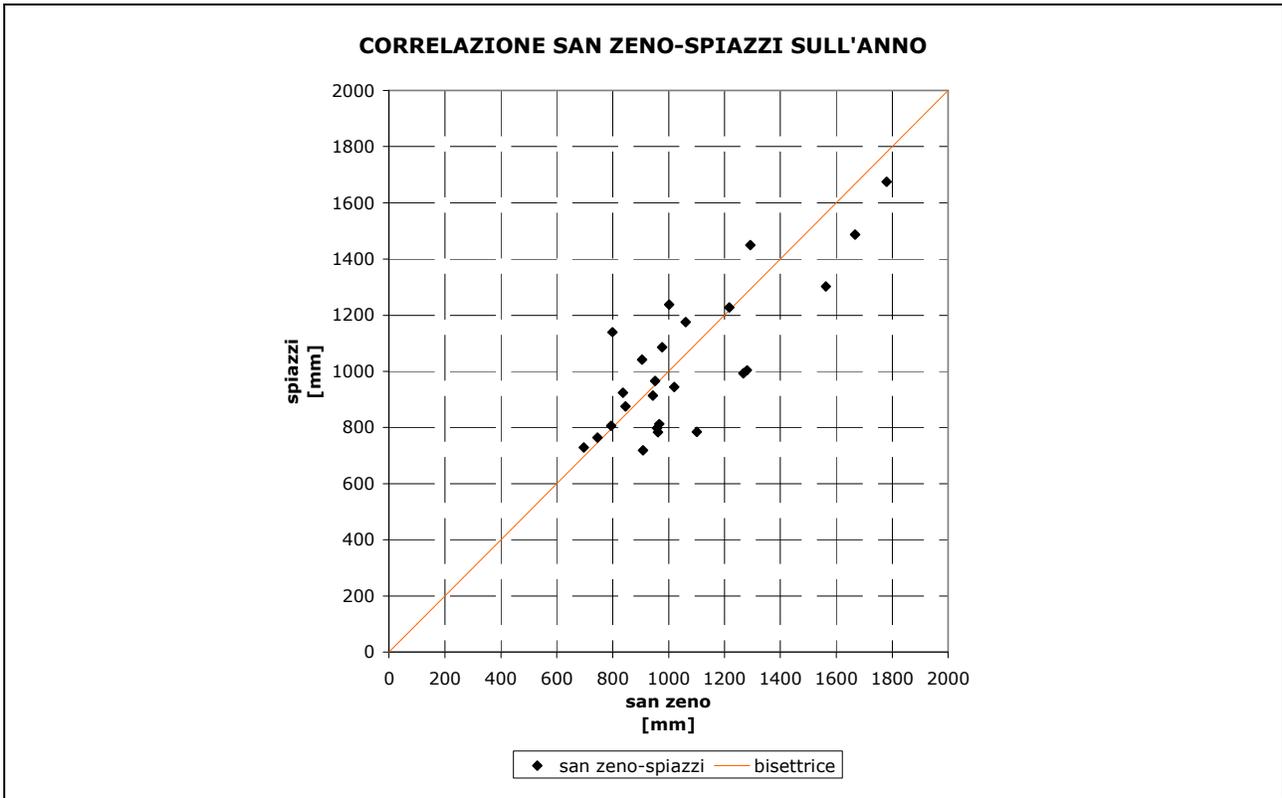


Figura A.9: plot della correlazione su scala annuale tra le stazioni di San Zeno e Spiazzi

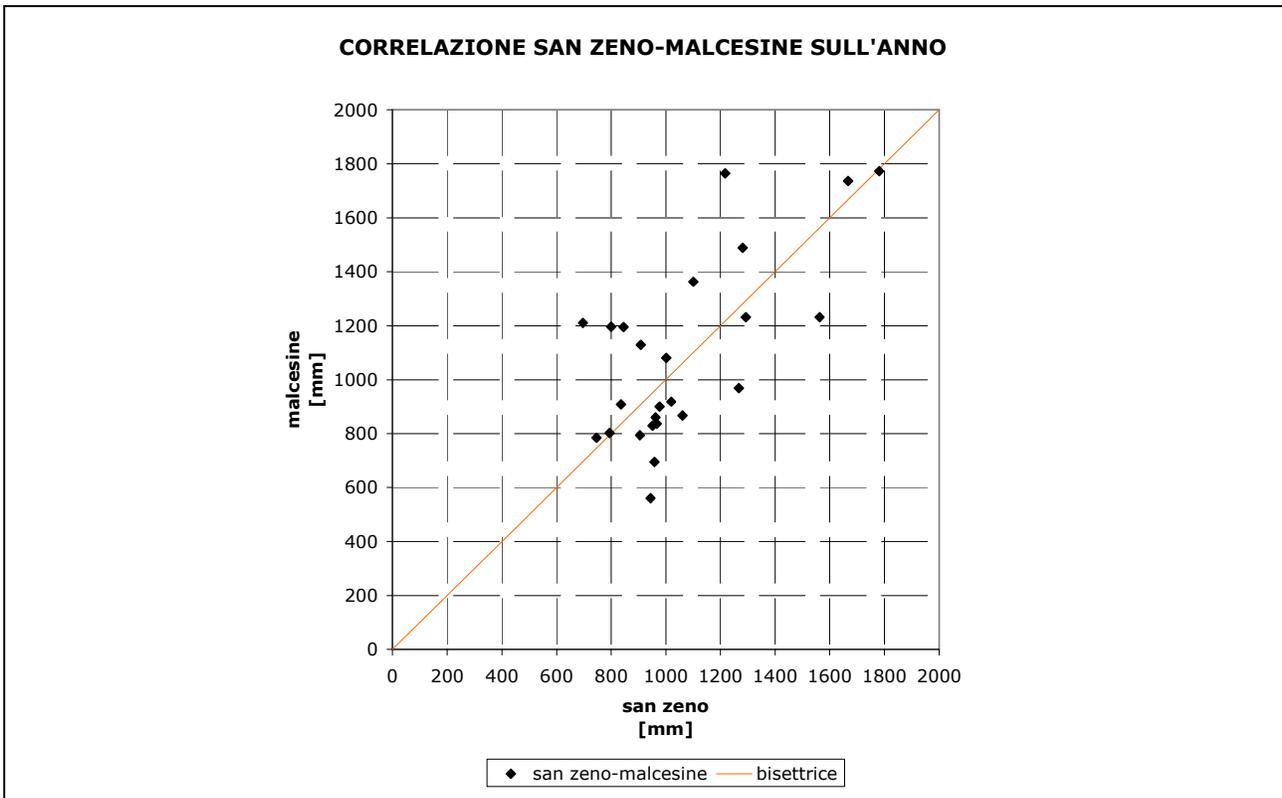


Figura A.10: plot della correlazione su scala annuale tra le stazioni di San Zeno e Malcesine

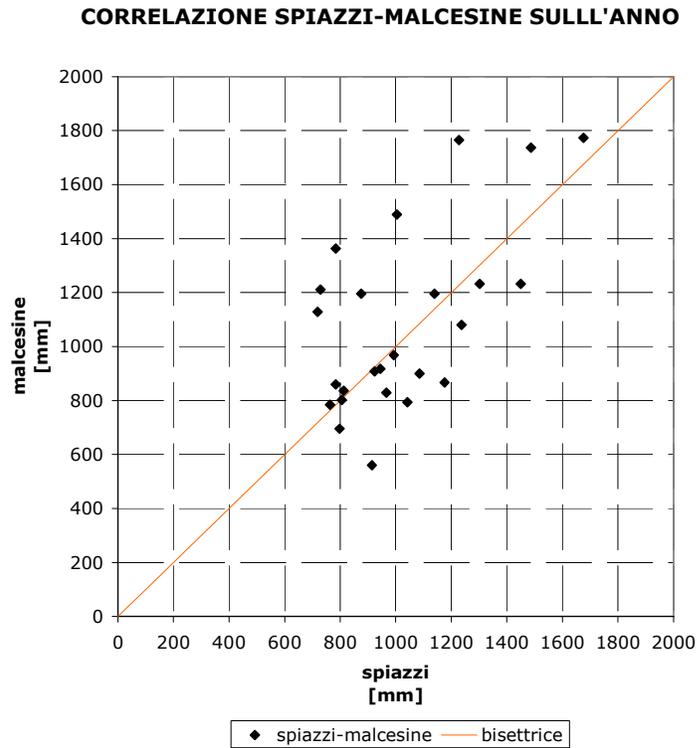


Figura A.11: plot della correlazione su scala annuale tra le stazioni di Spiazzi e Malcesine

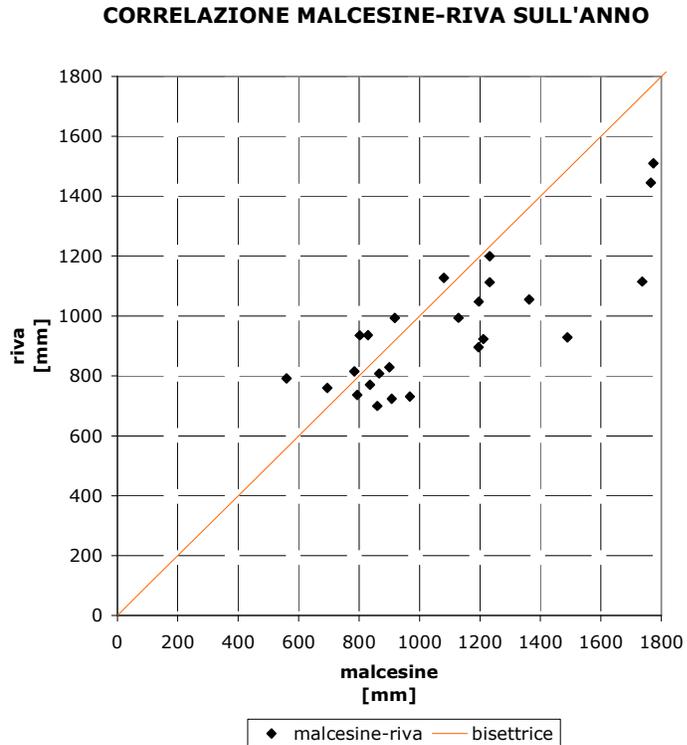


Figura A.12: plot della correlazione su scala annuale tra le stazioni di Malcesine e Riva.

APPENDICE B

SAN ZENO DI MONTAGNA

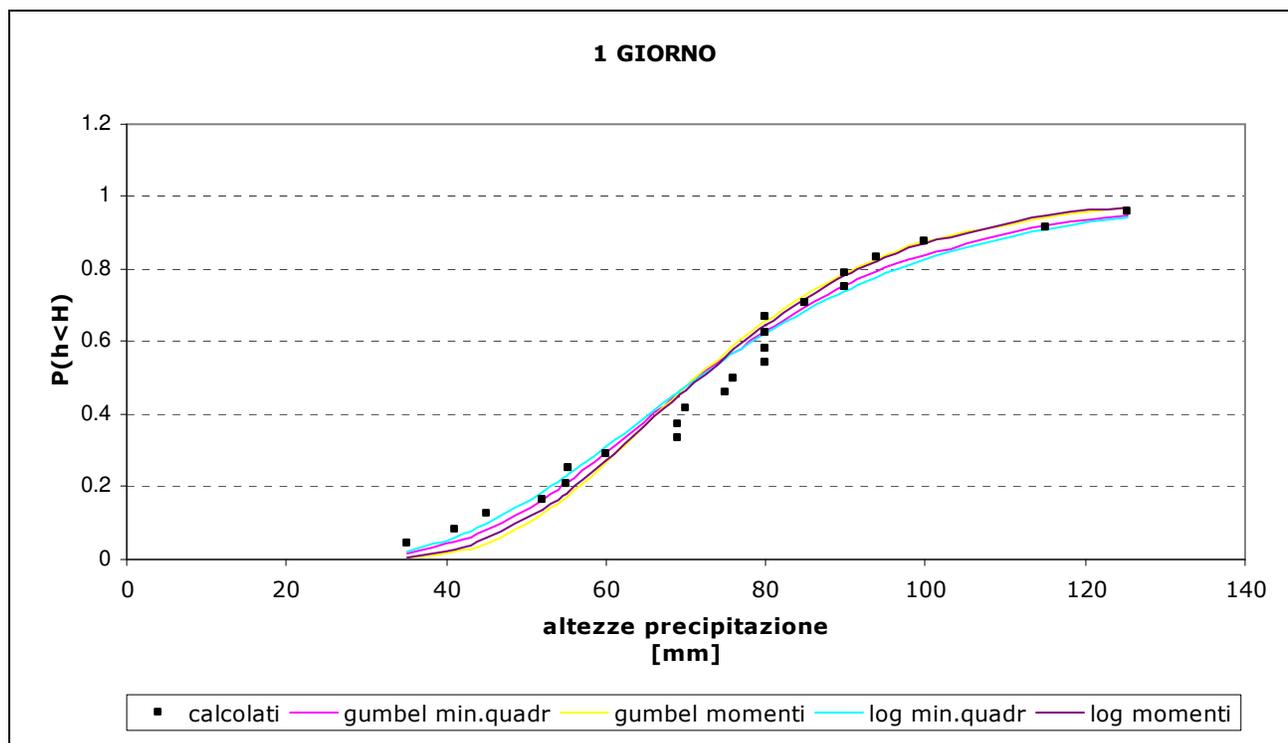


Figura B.1: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 1 giorno

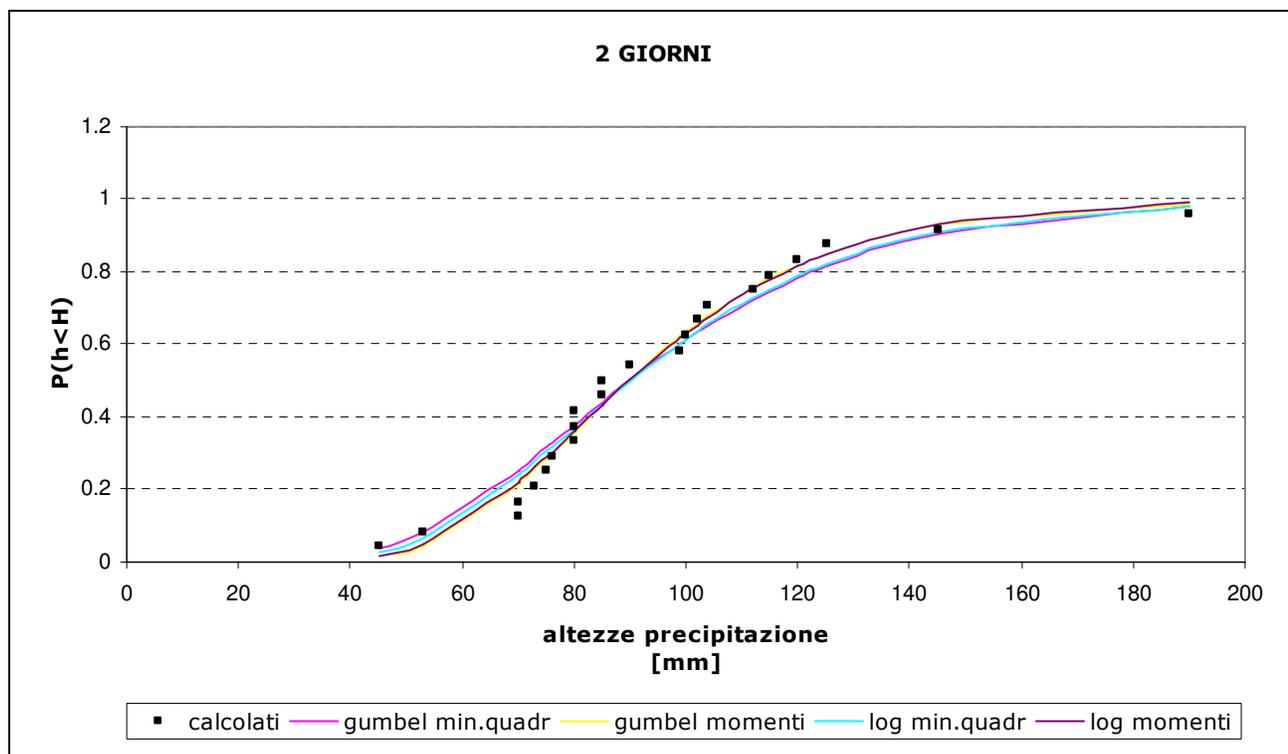


Figura B.2: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 2 giorni

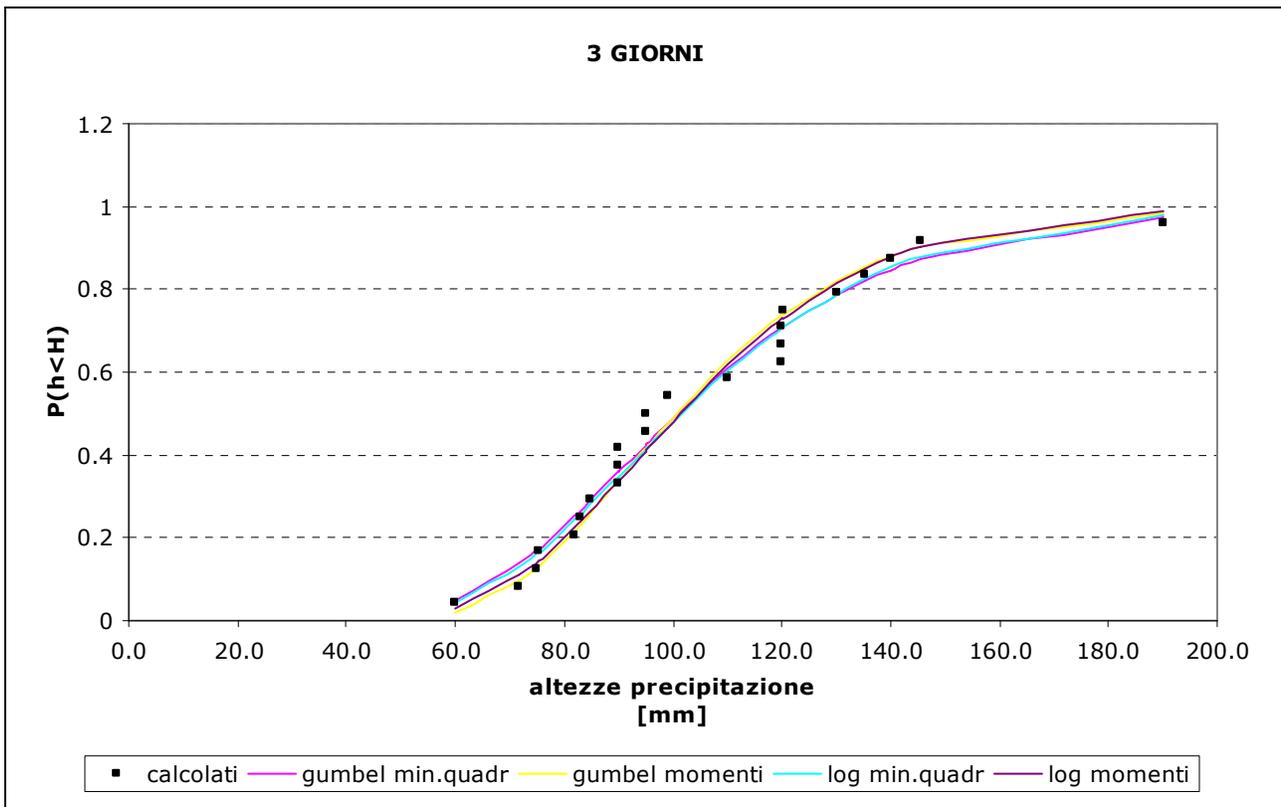


Figura B.3: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 3 giorni

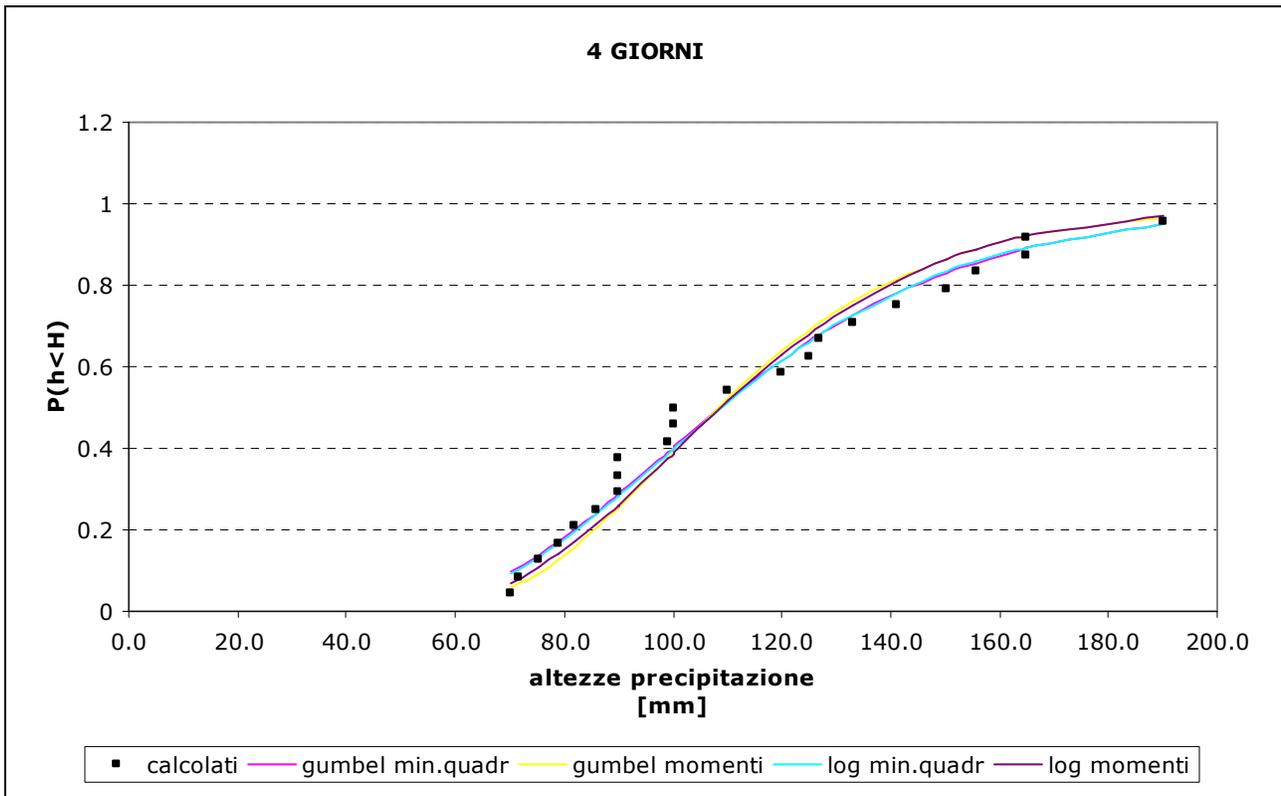


Figura B.4: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 4 giorni

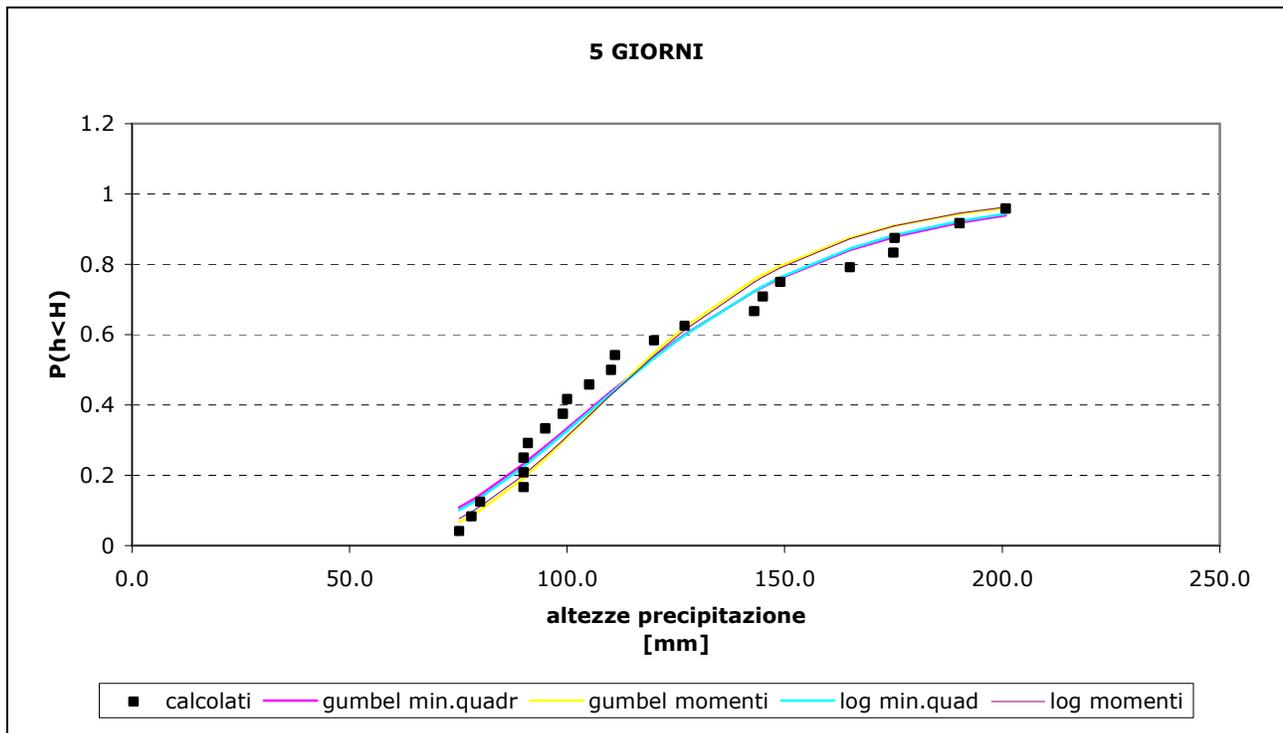


Figura B.5: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 5 giorni

| SAN ZENO DI MONTAGNA | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 1 giorno | 2 giorni | 3 giorni | 4 giorni | 5 giorni |
| gumbel | momenti | alpha | 0,05724 | 0,04092 | 0,04271 | 0,03727 | 0,03347 |
| | | u | 64,8773 | 80,6169 | 91,9556 | 98,3906 | 104,884 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 1,52174 | 0,47826 | 0,82609 | 4,30435 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| | minimi quadrati | alpha | 0,0486 | 0,03442 | 0,03623 | 0,03178 | 0,02835 |
| | | u | 63,9841 | 79,2228 | 90,745 | 97,0899 | 103,312 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 6,3913 | 2,56522 | 0,13043 | 0,82609 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| log-normale | momenti | μ | 4,27261 | 4,49724 | 4,61798 | 4,68985 | 4,75648 |
| | | σ | 0,29293 | 0,3228 | 0,27958 | 0,29605 | 0,30686 |
| | | χ^2 | 0,82609 | 1,52174 | 0,47826 | 0,82609 | 1,86957 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| | minimi quadrati | μ | 4,26967 | 4,50124 | 4,6207 | 4,69137 | 4,75878 |
| | | σ | 0,3589 | 0,35669 | 0,30708 | 0,3324 | 0,34284 |
| | | χ^2 | 2,91304 | 2,56522 | 1,17391 | 0,13043 | 0,82609 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |

Tabella B.1: test di Pearson per le diverse distribuzioni e i diversi metodi di adattamento dei parametri

SPIAZZI

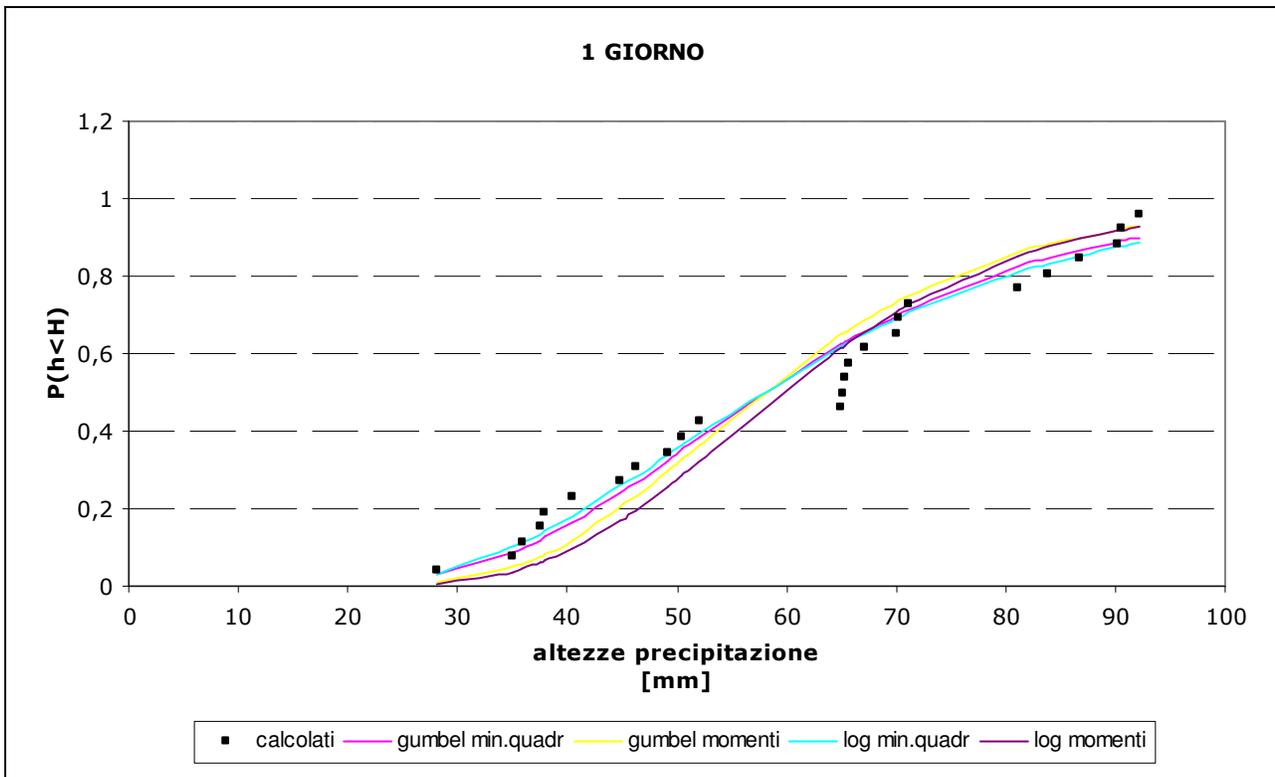


Figura B.6: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 1 giorno

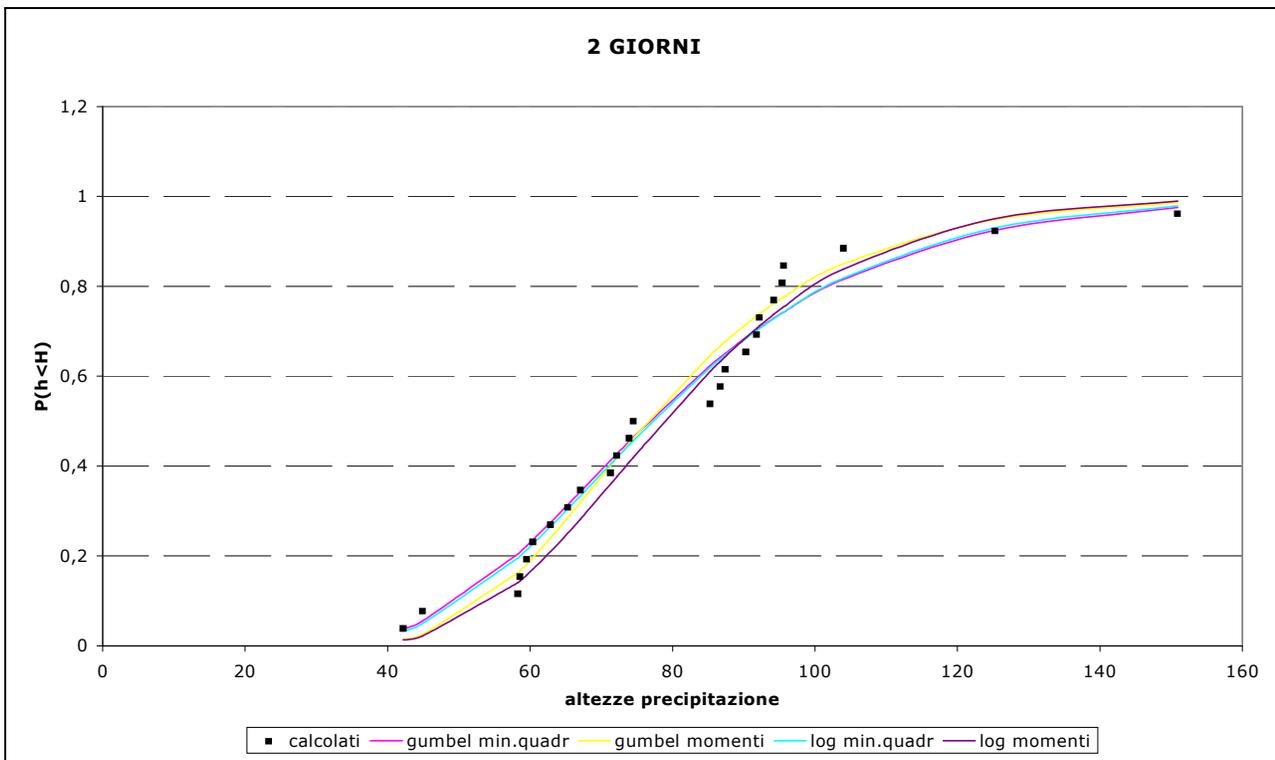


Figura B.7: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 2 giorni

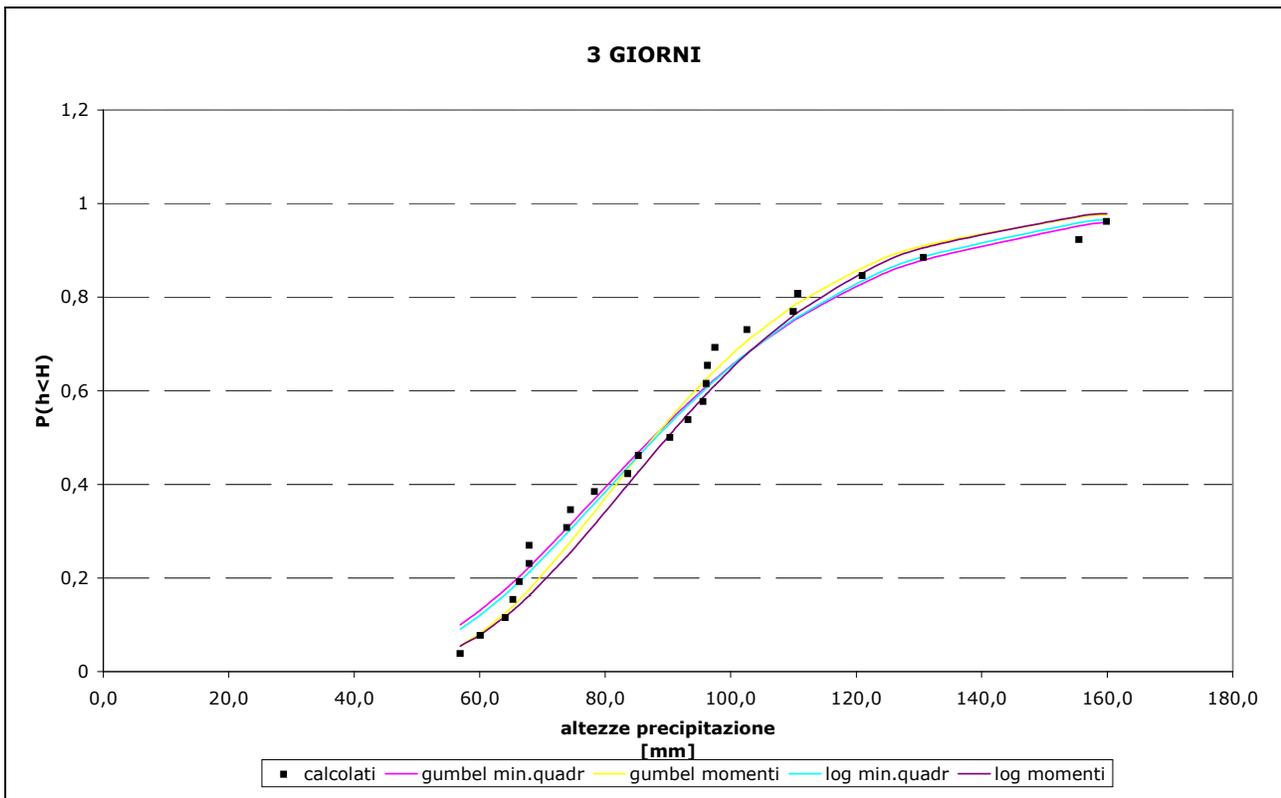


Figura B.8: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 3 giorni

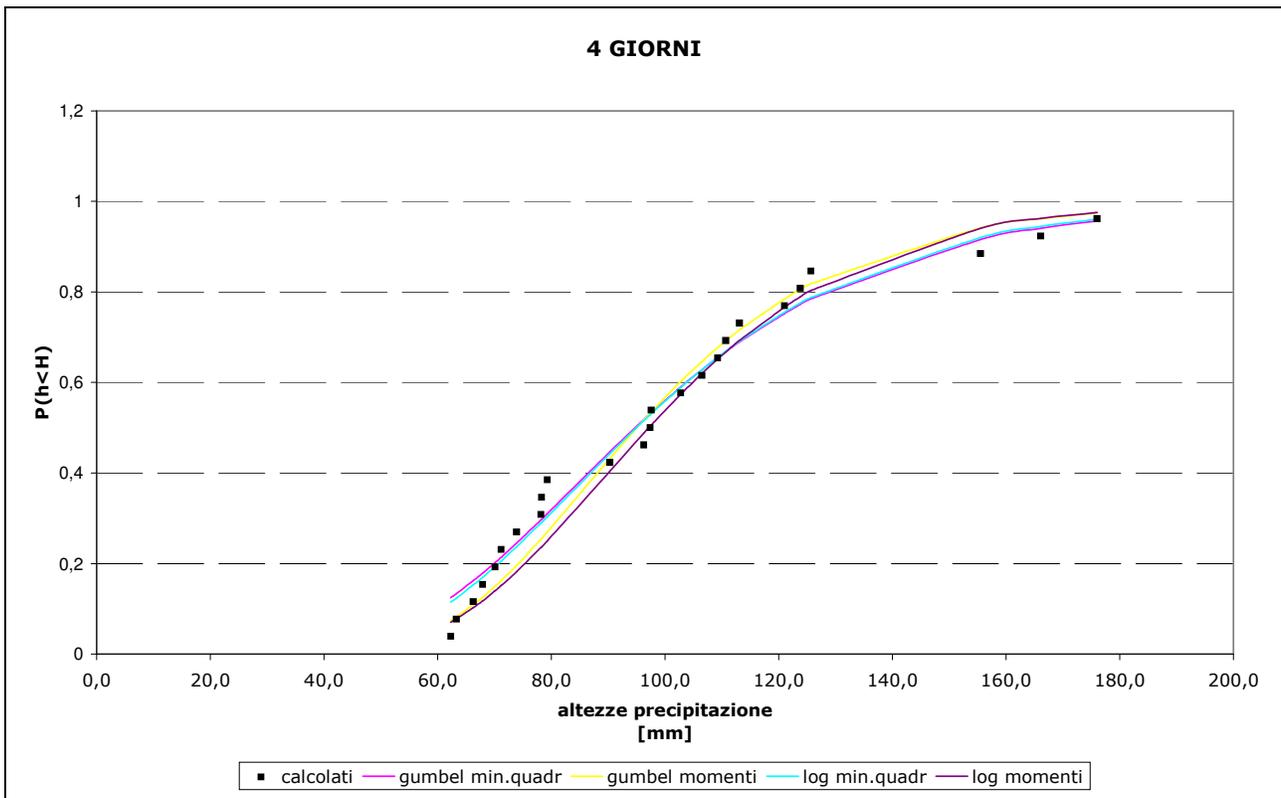


Figura B.9: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 4 giorni

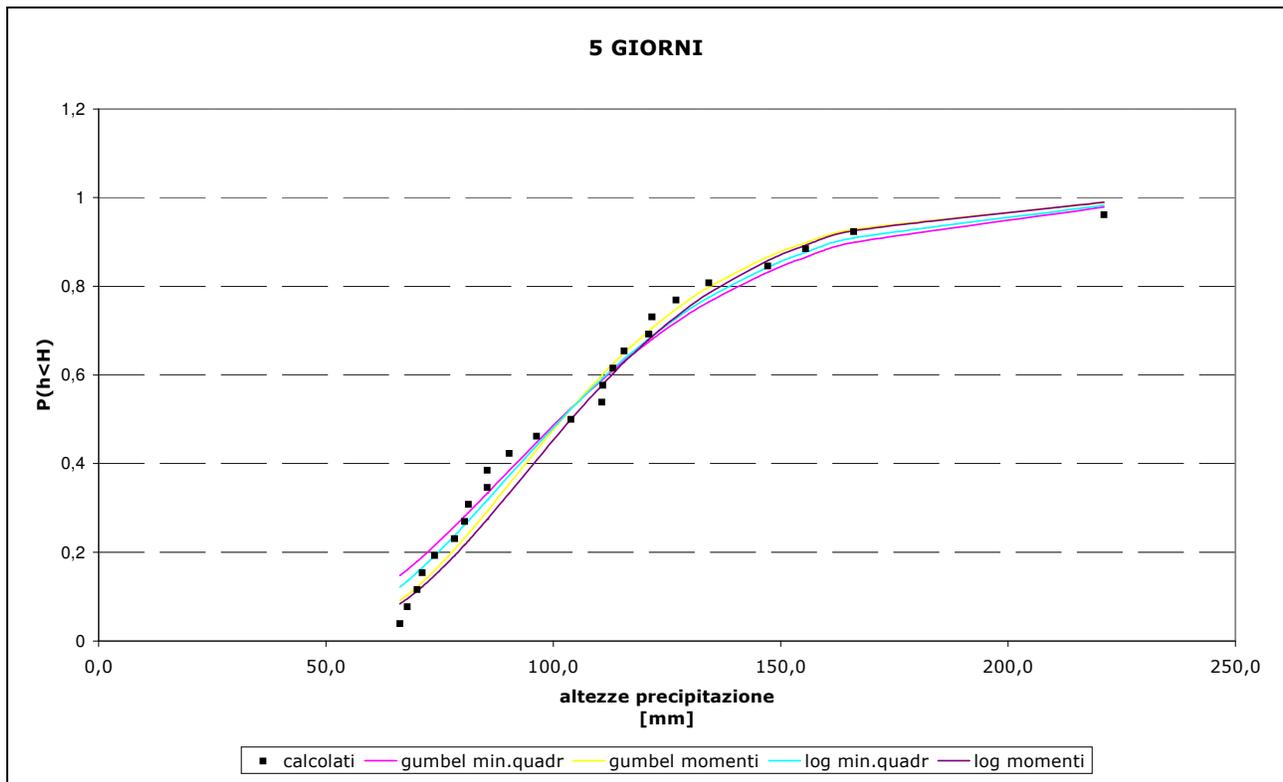


Figura B.10: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 5 giorni

| SPIAZZI | | | | | | | |
|-------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 1 giorno | 2 giorni | 3 giorni | 4 giorni | 5 giorni |
| gumbel | momenti | alpha | 0,06494 | 0,05286 | 0,04638 | 0,04043 | 0,0348 |
| | | u | 52,0919 | 69,6063 | 79,8296 | 85,9935 | 91,3972 |
| | | χ^2 | 7 | 4,4 | 2,6 | 2 | 3,8 |
| | | $\chi^2 lim$ | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 |
| | minimi quadrati | alpha | 0,05471 | 0,04493 | 0,0391 | 0,03395 | 0,02896 |
| | | u | 51,2385 | 68,5966 | 78,2069 | 83,9524 | 88,7421 |
| | | χ^2 | 7 | 6 | 1,4 | 1,2 | 1,4 |
| | | $\chi^2 lim$ | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 |
| log-normale | momenti | μ | 4,08684 | 4,36754 | 4,4985 | 4,57644 | 4,64332 |
| | | Σ | 0,29751 | 0,27994 | 0,28502 | 0,30167 | 0,32529 |
| | | χ^2 | 9,6 | 6 | 1,6 | 2 | 0,8 |
| | | $\chi^2 lim$ | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 |
| | minimi quadrati | μ | 4,05511 | 4,3465 | 4,47804 | 4,55373 | 4,62209 |
| | | σ | 0,38896 | 0,32762 | 0,32664 | 0,35067 | 0,36661 |
| | | χ^2 | 7,2 | 4,4 | 0,4 | 1,6 | 0,8 |
| | | $\chi^2 lim$ | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 | 5,99148 |

Tabella B.2: test di Pearson per le diverse distribuzioni e i diversi metodi di adattamento dei parametri

MALCESINE

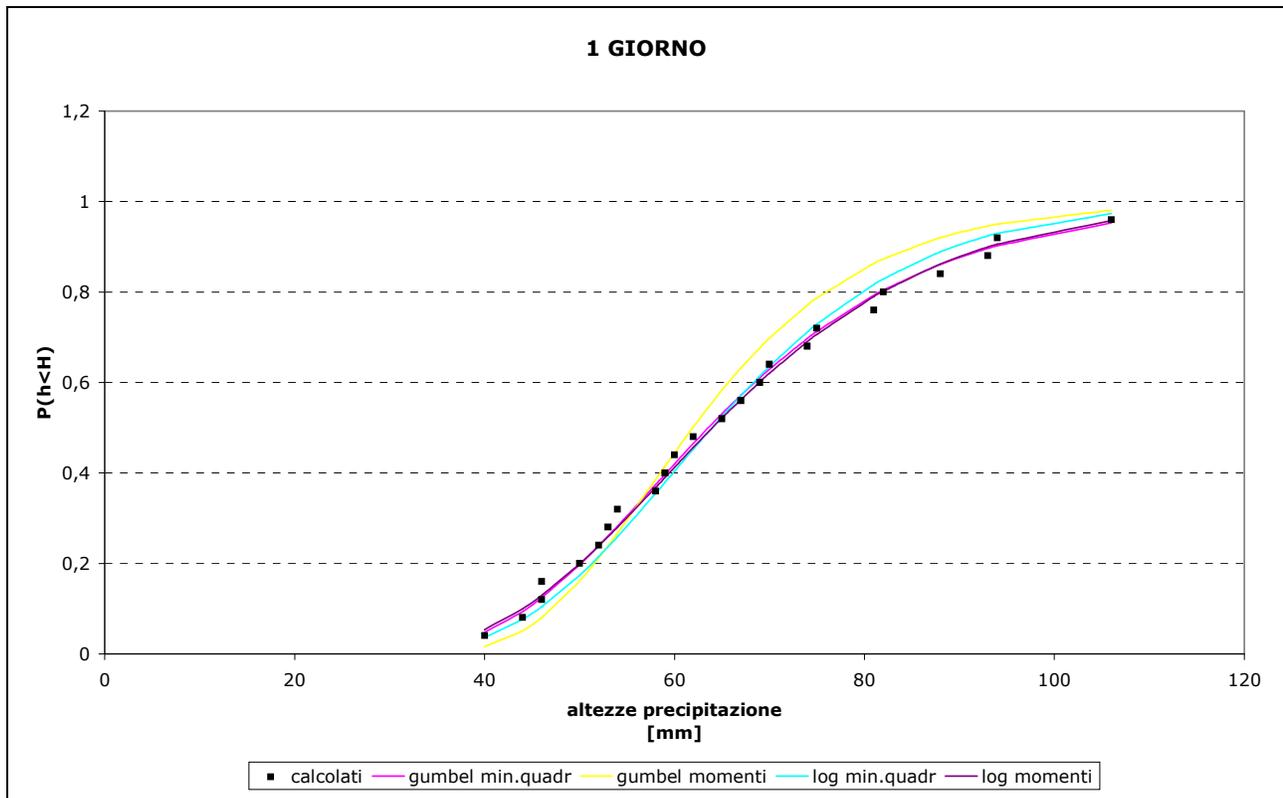


Figura B.11: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 1 giorno

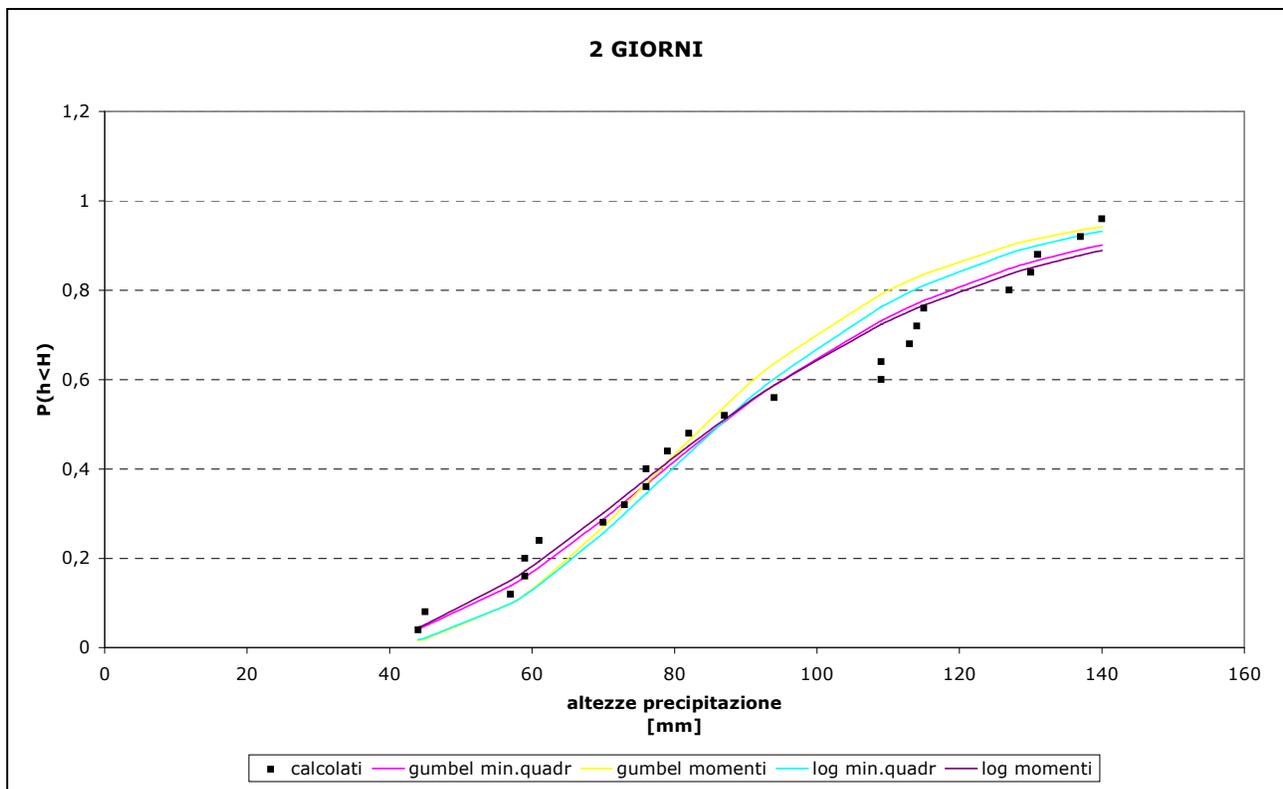


Figura B.12: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 2 giorni

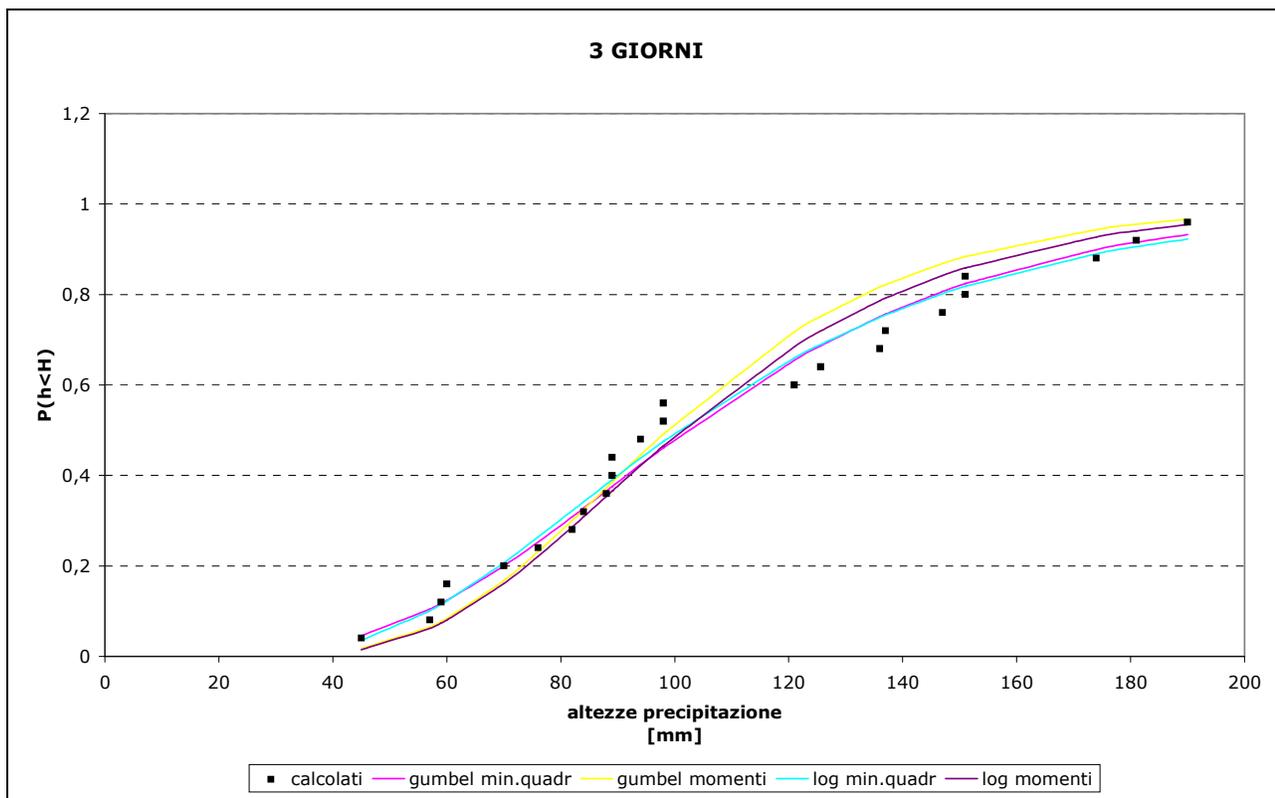


Figura B.13: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 3 giorni

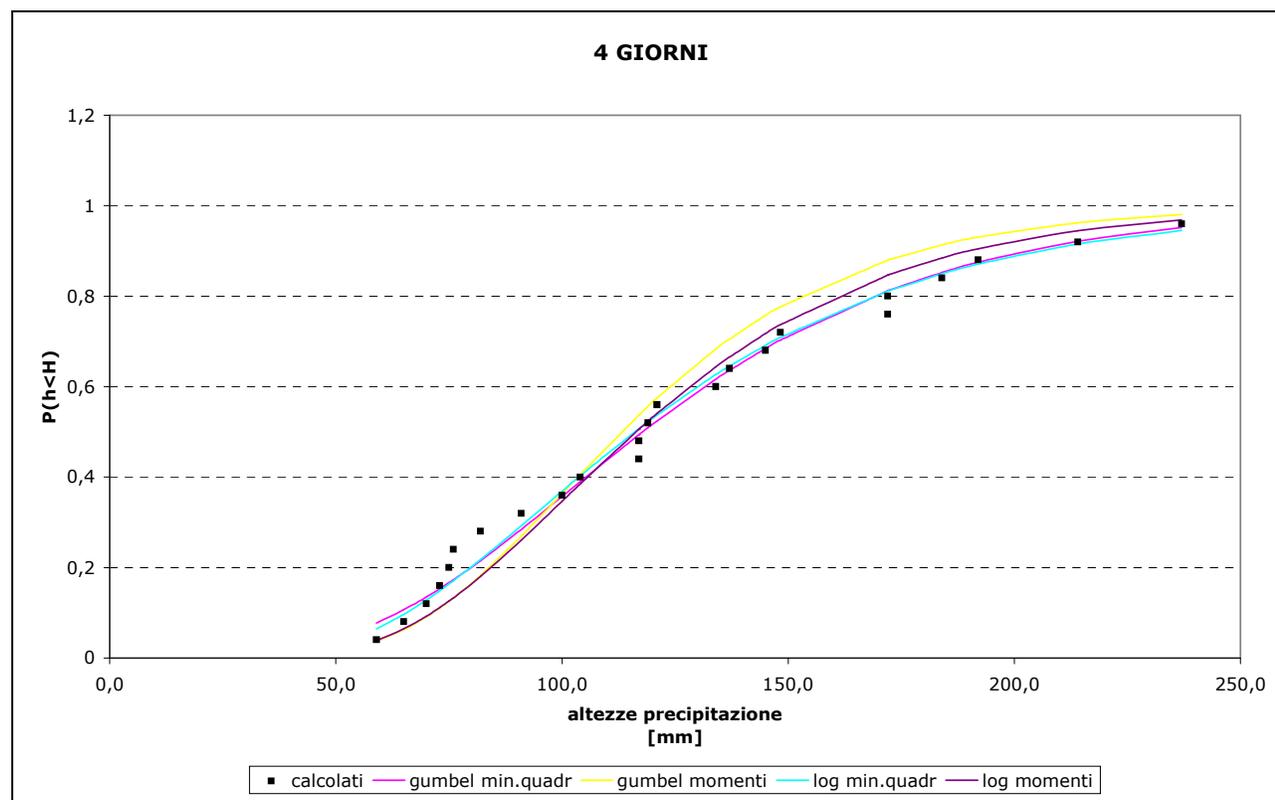


Figura B.14: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 4 giorni

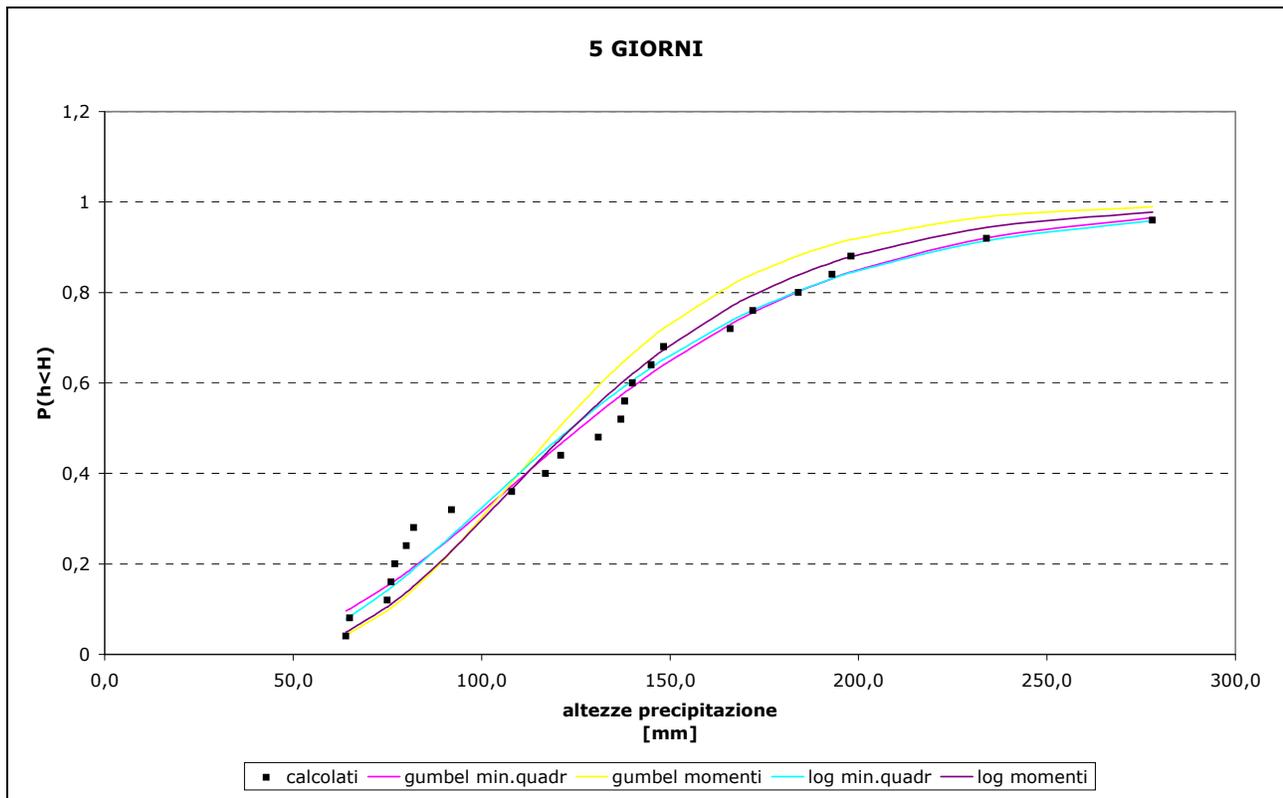


Figura B.15: adattamento delle diverse distribuzioni ai valori sperimentali per 5 giorni

| MALCESINE | | | | | | | |
|-------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 1 giorno | 2 giorni | 3 giorni | 4 giorni | 5 giorni |
| gumbel | momenti | alpha | 0,08124 | 0,04414 | 0,03297 | 0,02874 | 0,0268 |
| | | u | 57,4059 | 76,0646 | 87,5749 | 100,45 | 106,665 |
| | | χ^2 | 1,66667 | 5,33333 | 6,33333 | 2,33333 | 3,66667 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| | minimi quadrati | alpha | 0,06277 | 0,03549 | 0,02615 | 0,02219 | 0,01968 |
| | | u | 57,7292 | 76,2039 | 88,1916 | 101,309 | 107,309 |
| | | χ^2 | 0 | 1,33333 | 5 | 0,33333 | 1 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| log-normale | momenti | μ | 4,15793 | 4,45992 | 4,61686 | 4,7565 | 4,81943 |
| | | σ | 0,26173 | 0,32346 | 0,37242 | 0,38273 | 0,40014 |
| | | χ^2 | 0,33333 | 5,33333 | 4 | 2,33333 | 2,33333 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |
| | minimi quadrati | μ | 4,15889 | 4,45522 | 4,61239 | 4,7542 | 4,81768 |
| | | σ | 0,2921 | 0,39828 | 0,44586 | 0,44542 | 0,4651 |
| | | χ^2 | 0 | 1,33333 | 3,33333 | 2,33333 | 1 |
| | | χ^2 lim | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 | 3,84146 |
| | | | | | | | |

Tabella B.3: test di Pearson per le diverse distribuzioni e i diversi metodi di adattamento dei parametri

APPENDICE C

L'Arena
IL GIORNALE DI VERONA

Domenica 23 Luglio 2006 provincia Pagina 34

Allarme siccità. Problemi soprattutto a Peschiera e Caprino Ags controlla la rete di 12 paesi

Serbatoi senz'acqua

Emergenza idrica dal Garda al Monte Baldo. Seppur per ragioni diverse, l'altissima richiesta di acqua potabile sta mettendo in crisi gli acquedotti di interi Comuni. Il primo allarme arriva da Caprino: a Spiazzi, in località Masi, ieri mattina non arrivava un filo d'acqua, ma anche a Ferrara di Monte Baldo sono agli sgoccioli e a Peschiera, sempre ieri mattina, il serbatoio principale era vuoto. L'Azienda gardesana servizi (Ags), che gestisce le risorse idriche anche di Valeggio, Castelnuovo, Lazise, Bardolino, Garda, Brenzone, Malcesine e San Zeno di Montagna, fa sapere che ovunque le riserve sono al limite e che se la temperatura non diminuirà la crisi potrebbe durare! e ancora una settimana. Proprio per prevenire gli inconvenienti tutti gli impianti stanno lavorando a pieno ritmo per approvvigionare i serbatoi. Tuttavia anche i cittadini sono invitati a contribuire mostrandosi parsimoniosi nell'utilizzo dell'acqua potabile. A Caprino il sindaco Stefano Sandri raccomanda di rispettare l'ordinanza che prescrive di usare l'acqua potabile esclusivamente e per usi domestici e non per innaffiare piante e giardini. Il problema è serio e anche la polizia municipale effettuerà controlli affinché si ottemperi al regolamento. «Ieri mattina la situazione peggiore è stata rilevata a Spiazzi», fa sapere Alberto Ardieli, direttore dell'Ags, entrata a gestire la rete caprinese il 4 luglio. Prosegue: «L'amministrazione ci ha chiesto di portare acqua con un'autobotte. Verso le 17 però il serbatoio si stava riempiendo, per cui abbiamo pensato di vedere l'evolversi della situazione ed eventualmente provvederemo questa mattina». Poi il direttore dell'Ags passa a Peschiera: «Alle 10 il serbatoio principale era vuoto, cioè tutta l'acqua messa in rete era stata assorbita dall'utenza. Alle 17,30 siamo arrivati a portare a 20 centimetri il livello del pozzo. L'acqua sta aumentando, speriamo che la riduzione dei consumi notturni permetta di caricare il serbatoio, telecontrollato». Questa situazione di grave carenza sarebbe dovuta, secondo il direttore dell'Ags, alle alte temperature, al maggiore innaffiamento dei giardini e, soprattutto sul Garda, alla massiccia presenza di turisti. «Ma dobbiamo arrivare a una capacità di immissione sufficiente», dice Ardieli, «per questo crediamo che anche gli acquedotti e le tubazioni vadano ristrutturati. Soprattutto nel basso lago va tenuto conto del notevole incremento dell'edilizia». Adesso la situazione va però gestita per quello che è: «Abbiamo attivato tutte le pompe possibili, il 90 per cento dell'acqua è messa in rete prelevando dai pozzi, poi si pesca dal lago e dalle sorgenti che però, come sta accadendo a Caprino, hanno la caratteristica di andare in crisi ed esaurirsi». Lassù è infatti la sorgente Val dei Coali a garantire l'approvvigionamento ai pozzi, che però faticano a recuperare. La situazione, parola di Ardieli, «è al limite». Dipenderà molto dalle evoluzioni meteo, ma per almeno una settimana la situazione va tenuta sotto controllo.

Barbara Bertasi

-LA RETE DEGLI ACQUEDOTTI

I serbatoi recuperano centimetri
ma l'emergenza è dietro l'angolo

Peschiera. Visto che il caldo è già tornato la crisi idrica resta sempre sotto stretta osservazione, ma la situazione di emergenza rilevata lo scorso sabato è rientrata a causa del lieve abbassamento di temperatura registrato dopo il forte temporale che domenica ha sconvolto il Baldo. Ieri mattina l'Azienda gardesana servizi (Ags) che gestisce le reti idriche di 12 comuni (Valeggio, Castelnuovo, Peschiera, Lazise, Bardolino, Garda, Brenzone, Malcesine, Ferrara di Monte Baldo, Pastrengo, San Zeno di Montagna e Caprino) ha convocato un incontro tecnico per fare un bilancio utile soprattutto ad individuare i punti critici, cioè i serbatoi che per primi tendono a svuotarsi in caso di punte massime di utilizzo e in coincidenza con le alte temperature. Il caso più eclatante è stato sabato a Caprino, qui alcune famiglie di Spiazzi non hanno avuto acqua per ore, per cui era stata valutata l'opportunità di ricorrere alle autobotti, come accaduto negli anni scorsi. Anche in Prada c'è stato qualche problema e a Peschiera, sempre sabato, il serbatoio principale era vuoto. «Il punto più debole è a Spiazzi, dove i serbatoi si svuotano e hanno poi difficoltà a riempirsi. Ora stanno recuperando ma vanno monitorati», spiega Alberto Ardieli, direttore dell'Ags. «Siamo sempre pronti a portare le autobotti e i nostri impianti di pompaggio lavorano a pieno regime». Anche in centro alcuni cittadini hanno segnalato problemi. Qui i tecnici dell'Ags hanno ripulito i filtri di alcuni contatori privati intasati da sabbia depositatasi nel tempo. «A Peschiera il serbatoio principale è a un metro e 20, cioè al 50 per cento della sua capacità», riprende Ardieli, «anche qui le pompe stanno lavorando 24 ore su 24 in maniera da garantire l'approvvigionamento». Dal lago, Lazise, Bardolino, Garda, non ci sono state lamentele, escluse le telefonate da qualche casa isolata di Brenzone e Malcesine. «La temperatura più bassa e il sole velato di domenica ci hanno favorito», sostiene Ardieli, «questo momento critico ci serve per conoscere le debolezze del sistema e capire dove potenziare la distribuzione. La forza della gestione unitaria sta nella possibilità di mettere in rete l'acqua superando il concetto di acquedotto comunale». La morsa del caldo stringe ancora per cui la situazione rischia di peggiorare. Resta quindi fermo l'appello a fare la massima attenzione nell'uso dell'acqua potabile, da riservarsi a quello domestico. (b.b)

Analisi di serie di misure di precipitazione relative al monte baldo per il periodo 1950-1974

BIBLIOGRAFIA

Eugenio Turri (1999)- "Il Monte Baldo"

Alberto. Bellin e Dino. Zardi (2004)-"Analisi climatologica di serie storiche delle precipitazioni e temperature in Trentino"

Michele Costa (2004)-" Caratterizzazione meteorologico-climatica della catena del Monte Baldo", tesi di laurea, anno accademico 2004/2005

Giacomo Poletti (2004)-" Caratterizzazione pluviometrica del bacino del fiume Chiese per il periodo 1978-1990, tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio 2004/2005"

PAGINE WEB

www.wetter-zentrale.de

www.ldeo.columbia.us/NAO/

www.annali.APAT.it

www.meteotrentino.it