



CENTRO METEOROLOGICO DI TEOLO

CARATTERIZZAZIONE DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI INTENSI IN PROVINCIA DI VENEZIA

**(Convenzione tra ARPAV Centro Meteorologico di Teolo e Provincia di Venezia
Settore Tutela e Valorizzazione del Territorio, giugno 2003)**

Autori:

Dott. Adriano Barbi - ARPAV Centro Meteorologico di Teolo

Dott. Marco Monai - ARPAV Centro Meteorologico di Teolo

Dott.ssa Roberta Racca – Provincia di Venezia – Servizio Protezione Civile

CENTRO METEOROLOGICO DI TEOLO

CARATTERIZZAZIONE DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI INTENSI IN PROVINCIA DI VENEZIA

INDICE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA ED OBIETTIVI DELLO STUDIO | 3 |
| 2 | CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL TERRITORIO PROVINCIALE | 4 |
| 2.1 | La rete di monitoraggio del Centro Meteorologico di Teolo | 4 |
| 2.2 | Precipitazioni medie e massime annue | 4 |
| 2.3 | Conclusioni | 19 |
| 3 | ANALISI DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI INTENSI DEL PERIODO 1992-2004 | 20 |
| 3.1 | Criteri di scelta e classificazione degli eventi pluviometrici intensi | 20 |
| 3.2 | Numero e frequenze annue degli eventi. | 22 |
| 3.3 | Numero e frequenze stagionali degli eventi. | 23 |
| 3.4 | Numero e frequenze degli eventi per singole zone. | 25 |
| 3.5 | Durata e calcolo dei tempi di ritorno degli eventi. | 28 |
| 4 | CONCLUSIONI | 37 |
| 5 | PROPOSTE APPLICATIVE | 38 |
| 6 | BIBLIOGRAFIA | 39 |

1 Premessa ed obiettivi dello studio

Tra gli elementi di rischio in campo meteorologico le piogge intense rivestono un ruolo importante e di notevole impatto per il territorio, sia per le ripercussioni sugli aspetti fisici e geo-idrologici del suolo, che per le conseguenze che ne derivano alle reti idriche. L'espansione delle aree urbanizzate ed i cambiamenti climatici in atto sono inoltre fattori aggravanti che porteranno in futuro ad una crescita inesorabile dei danni dovuti ad eventi pluviometrici intensi e alluvionali. Tra i possibili interventi volti a ridurre il rischio di tali fenomeni, oltre a soluzioni di tipo strutturale come la costruzione di opere di difesa, quali dighe, arginature, casse di espansione, ecc., molto efficaci ma di difficile realizzazione per mancanza di spazi in un territorio sempre più antropizzato, risulta essenziale intervenire mediante soluzioni non strutturali, come ad esempio l'individuazione delle aree a maggior pericolosità, per consentire di individuare le zone sulle quali porre la massima attenzione e consentire una migliore pianificazione e gestione del territorio, e la realizzazione di sistemi di preallarme e previsione dei fenomeni idro-pluviometrici intensi, tarati sul territorio in base alle proprie caratteristiche meteo-climatiche, idrologiche, geo-pedologiche e di uso del suolo.

Il presente studio è rivolto alla caratterizzazione degli eventi pluviometrici intensi sul territorio della provincia di Venezia che comprende l'analisi sia delle precipitazioni massime annue che di tutti gli eventi superiori ad una determinata soglia di pioggia giornaliera (metodo delle “*Exceedence series*”, Chow, 1988) per il periodo 1992-2004. L'obiettivo è quello di fornire una statistica di tali eventi in termini di valori, distribuzione e stagionalità, consentendo quindi di migliorare ed affinare eventuali procedure di allertamento riguardanti tali fenomeni. Le informazioni desunte da questo lavoro, svolto con riferimento ad un periodo di osservazioni compreso tra il 1992 e il 2004, potranno inoltre contribuire, incrociando eventuali altri dati informativi relativi alle criticità registrate sul territorio nello stesso periodo, all'individuazione di più precisi valori di soglia pluviometrica oltre i quali è ragionevole attendersi effetti critici per il territorio, in linea con quanto indicato dal recente DPCM del 27.02.2004 “Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico a fini di protezione civile”.

2 Caratteristiche pluviometriche del territorio provinciale

2.1 La rete di monitoraggio del Centro Meteorologico di Teolo

L'analisi dei dati, relativa agli eventi di precipitazione intensa, fa riferimento alla rete regionale di stazioni al suolo appartenente all'ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo (PD) e, per alcune stazioni confinanti, alla rete di stazioni gestite dall'Osservatorio Meteorologico della Regione Friuli Venezia-Giulia. Le stazioni della rete regionale coprono in modo soddisfacente il territorio della Provincia di Venezia, con serie storiche dotate di buona continuità temporale dal 1992. La figura 2.1 presenta la distribuzione delle stazioni meteorologiche in provincia di Venezia e nei territori limitrofi, utilizzate per il presente studio.

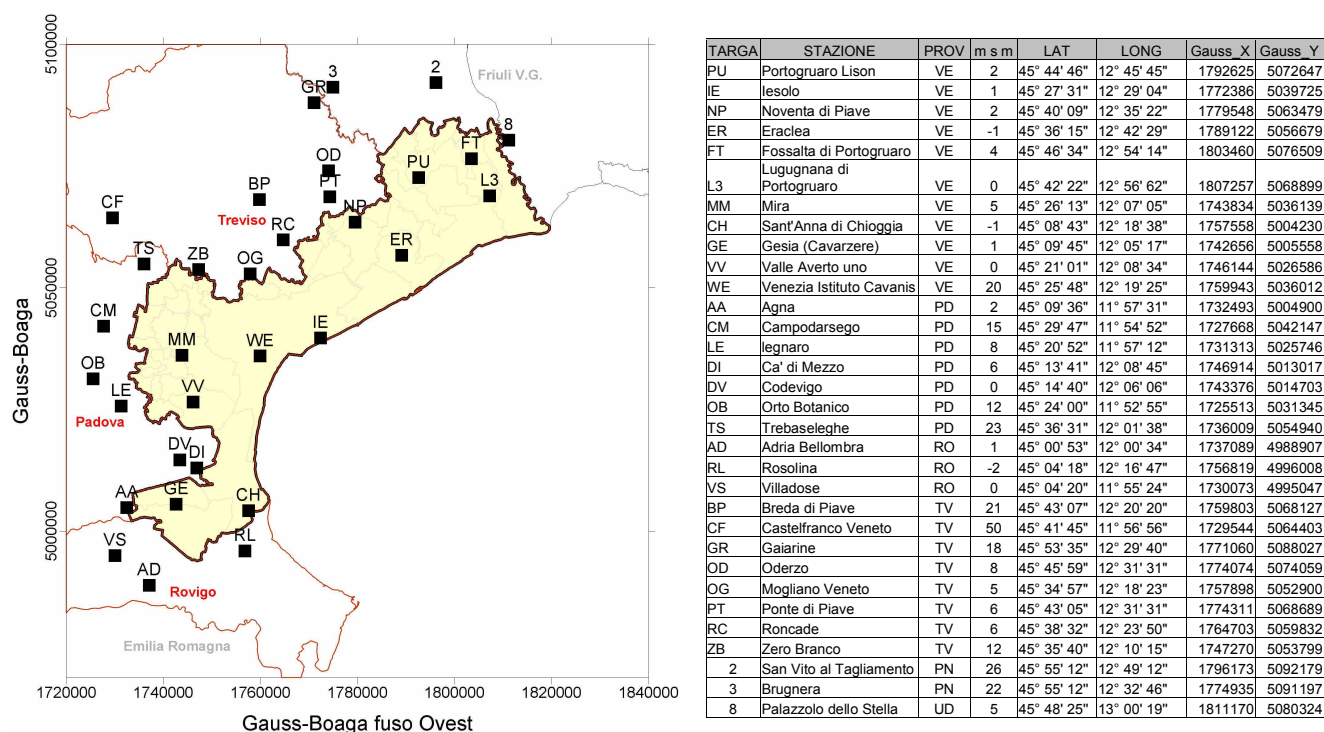


Figura 2.1: Ubicazione ed elenco delle stazioni meteorologiche del Centro Meteorologico di Teolo e dell'Osservatorio Meteorologico della Regione Friuli Venezia-Giulia, utilizzate per l'analisi del periodo 1992-2004.

2.2 Precipitazioni medie e massime annue

L'analisi climatica effettuata per il territorio provinciale, conferma una distribuzione spaziale delle piogge medie annue crescente verso nord, sia considerando i dati del periodo 1992-2004 che quelli storici relativi al periodo trentennale 1961-1990. Nel corso dell'anno la distribuzione stagionale delle precipitazioni evidenzia un regime pluviometrico che può considerarsi, come per gran parte del territorio regionale, di tipo "equinoziale", con un massimo rateo di pioggia nella stagione autunnale, seguito da un secondo massimo relativo durante la stagione primaverile. La stagione più

secca è mediamente l'inverno mentre in estate non si registrano periodi di forte siccità grazie alle precipitazioni di origine convettiva che però risultano spesso intense e di breve durata.

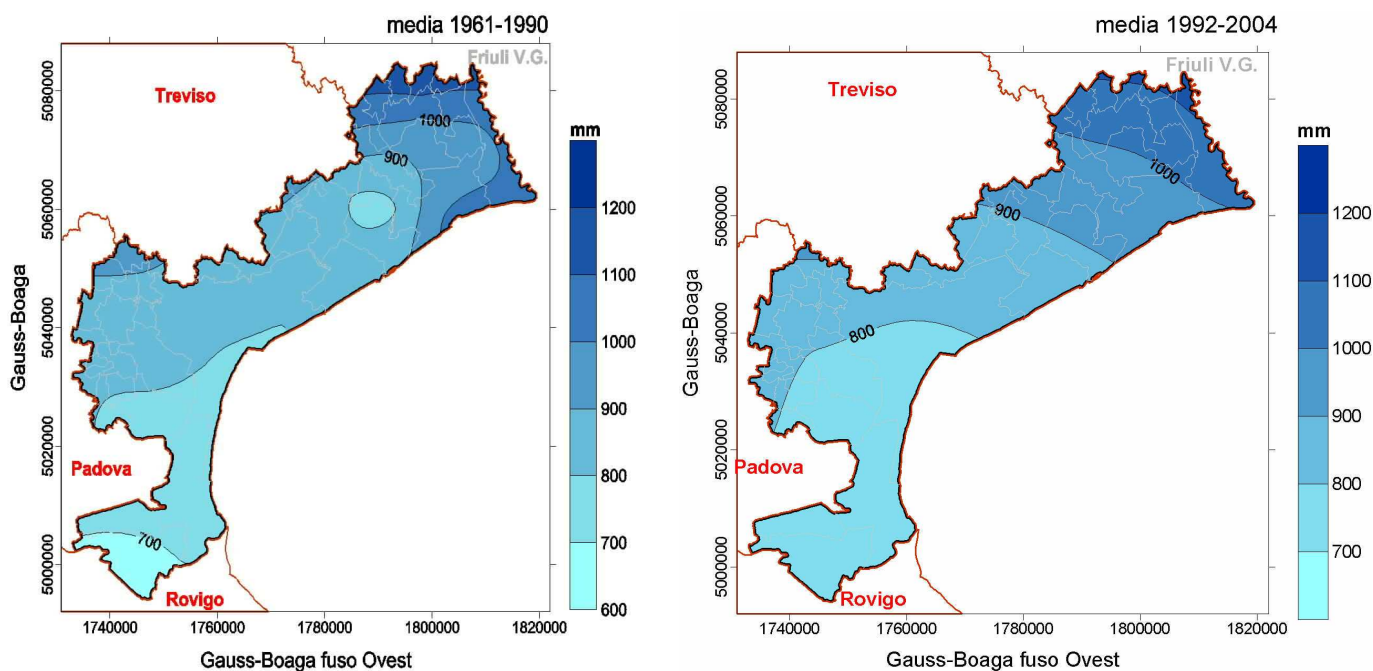


Figura 2.2: Distribuzione delle precipitazioni medie annuali per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2004.

Per quanto riguarda l'analisi degli eventi pluviometrici intensi un primo studio, nell'ambito della stessa convenzione tra ARPAV Centro Meteorologico di Teolo e Provincia di Venezia Settore Tutela e Valorizzazione del Territorio del giugno 2003, è stato già eseguito sulla base dei dati di massima precipitazione annua per le durate da 5 minuti a 5 giorni, provenienti dalla rete di monitoraggio regionale per il periodo 1992-2002 (*Caratteristiche meteorologiche della Provincia di Venezia, 2004*). Attraverso l'elaborazione statistico-probabilistica di tali dati, effettuata mediante l'applicazione della legge del valore estremo di "Gumbel" (Gumbel, 1941), è stato possibile calcolare i valori di precipitazione per le diverse durate e per assegnati tempi di ritorno, che rappresentano il numero medio di anni entro cui il valore di pioggia calcolato viene superato una sola volta. In conclusione è stato possibile redigere le carte provinciali della piovosità per le durate ed i tempi di ritorno esaminati ovvero delle altezze di pioggia che, per le durate dai 5 minuti ai 5 giorni consecutivi, ci si attende non vengano superate, a meno di un rischio valutato attraverso il tempo di ritorno (2, 5, 10 anni) (*Appendice 1*).

Le distribuzioni delle precipitazioni di massima intensità ottenute per i diversi tempi di ritorno analizzati, evidenziano un andamento spaziale più discontinuo rispetto a quelle delle precipitazioni medie annue. Per le durate più brevi (da 5 minuti a 1 ora) risultano evidenti due zone con altezze di pioggia maggiori, corrispondenti alle aree del portogruarese, nella parte nord-orientale della

provincia e, nella fascia centrale, la zona del miranese e Riviera del Brenta. Per le durate intermedie, dalle 3 alle 24 ore l'andamento evidenzia un gradiente crescente verso il litorale con un massimo nella zona di Chioggia mentre le distribuzioni delle precipitazioni massime di durate superiori, da 1 a 5 giorni assumono un andamento più simile a quello delle piogge medie annue, con valori massimi nella zona nord-orientale della provincia (vd. *Appendice 1*).

In conclusione l'analisi climatica eseguita, sia in riferimento alle precipitazioni medie annuali e stagionali che alle precipitazioni di massima intensità, permette di distinguere tre zone che possono considerarsi omogenee dal punto di vista pluviometrico: la zona meridionale (zona 1), comprendente i comuni di Cona, Cavarzere, Chioggia, la zona centrale (zona 2), comprendente i comuni della Riviera del Brenta, del miranese e del veneziano, la zona nord-orientale (zona 3), comprendente i comuni del sandonatese e portogruarese. Tale suddivisione rappresenta pertanto una prima ipotesi di perimetrazione delle zone basata su criteri di natura meteorologica, geografica e amministrativa, suscettibile in futuro di possibili affinamenti.

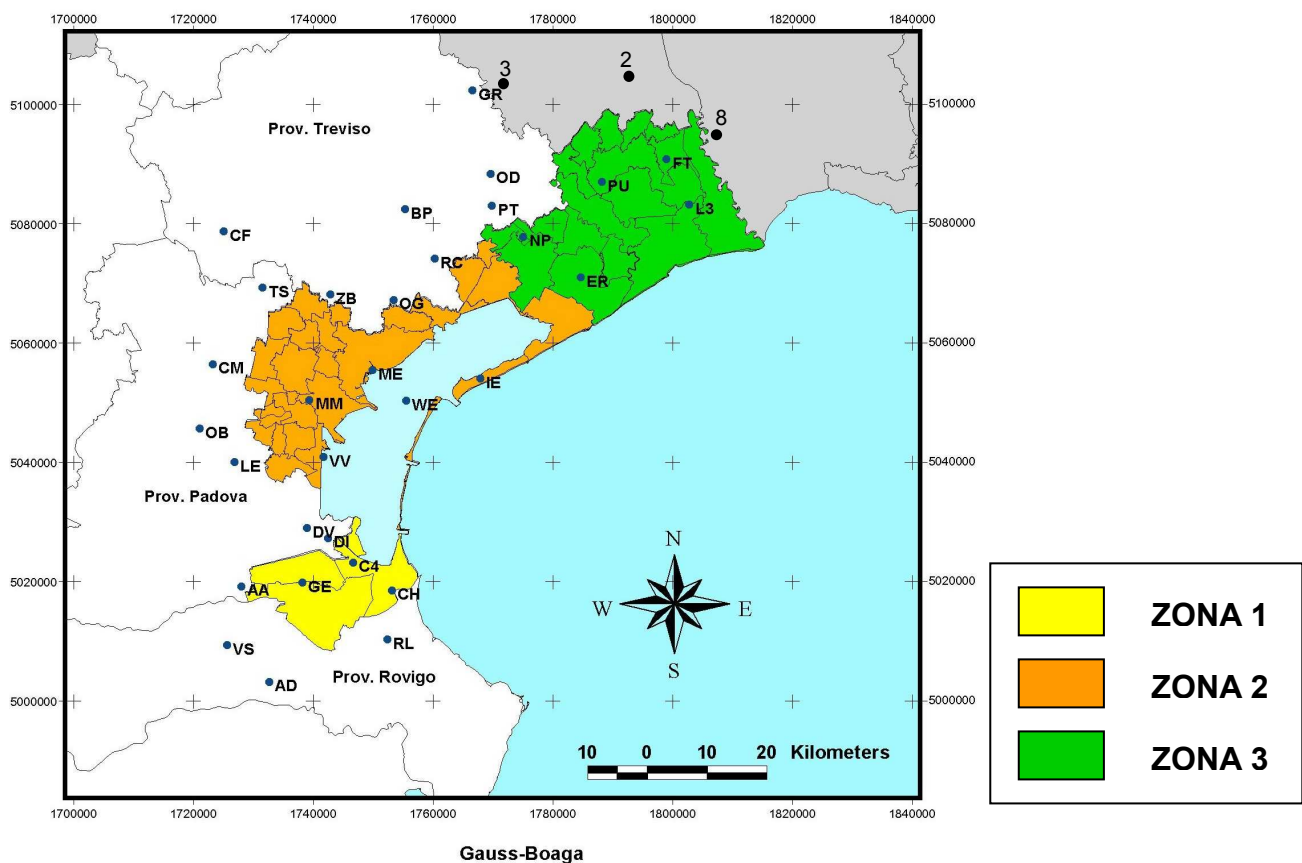


Figura 2.3: Suddivisione del territorio della Provincia di Venezia in tre aree omogenee e ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate per lo studio: zona 1 (zona meridionale), zona 2 (zona centrale), zona 3 (zona nord-orientale)

Per comprendere inoltre la distribuzione nel corso dell'anno dei massimi di precipitazione per alcune durate significative (15 minuti, 1 ora, 6 ore, 24 ore 3 giorni e 5 giorni), sono state individuate le date in cui si sono registrati gli eventi, calcolando successivamente, per ognuna delle tre zone individuate, le frequenze mensili di accadimento relative al periodo di studio 1992-2004. Nelle tabelle e negli istogrammi che seguono sono riportate le ripartizioni percentuali tra i mesi dell'anno, dei valori massimi annui per ciascuna durata.

ZONA 1

| | Breve durata | | Media durata | | Lunga durata | |
|------------------|--------------|-------|--------------|--------|--------------|----------|
| | 15 minuti | 1 ora | 6 ore | 24 ore | 3 giorni | 5 giorni |
| Gennaio | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Febbraio | 0% | 0% | 1% | 8% | 0% | 8% |
| Marzo | 1% | 1% | 5% | 5% | 7% | 6% |
| Aprile | 2% | 2% | 1% | 0% | 1% | 0% |
| Maggio | 8% | 7% | 5% | 8% | 4% | 6% |
| Giugno | 17% | 17% | 8% | 9% | 9% | 7% |
| Luglio | 28% | 26% | 16% | 11% | 6% | 9% |
| Agosto | 27% | 16% | 16% | 17% | 16% | 14% |
| Settembre | 13% | 9% | 9% | 7% | 6% | 5% |
| Ottobre | 3% | 11% | 18% | 17% | 26% | 23% |
| Novembre | 0% | 1% | 9% | 14% | 15% | 17% |
| Dicembre | 0% | 0% | 3% | 5% | 7% | 7% |

Tab. 2.1

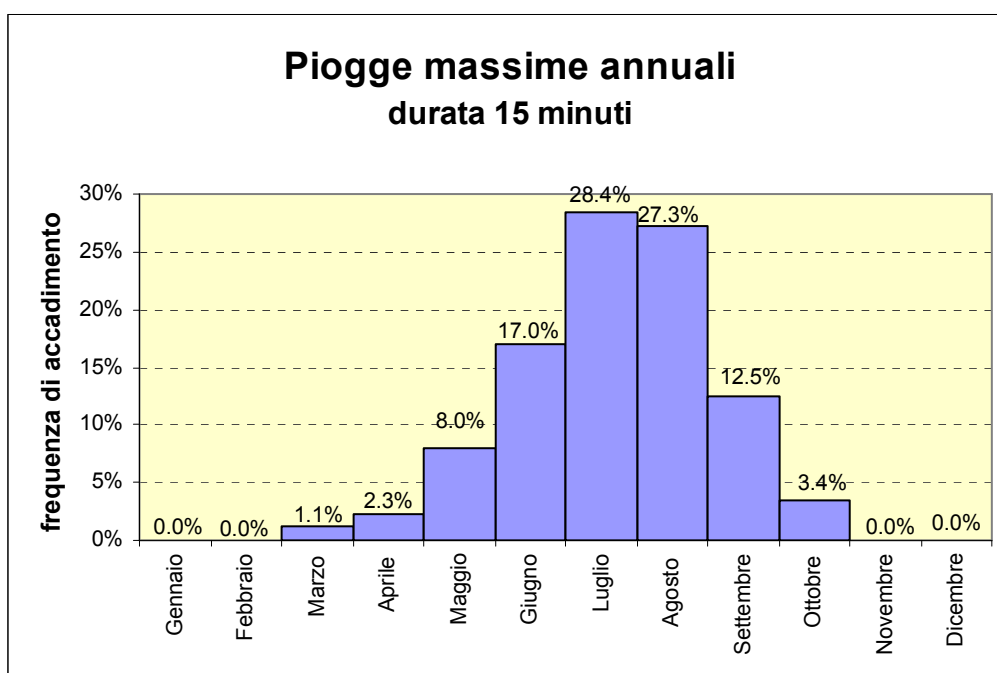


Figura 2.4

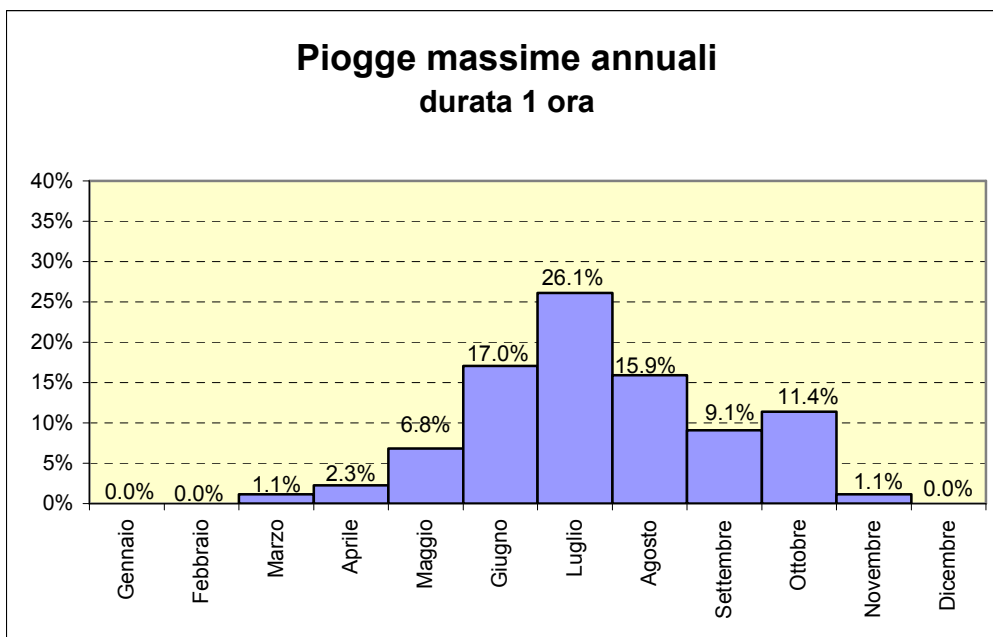


Figura 2.5

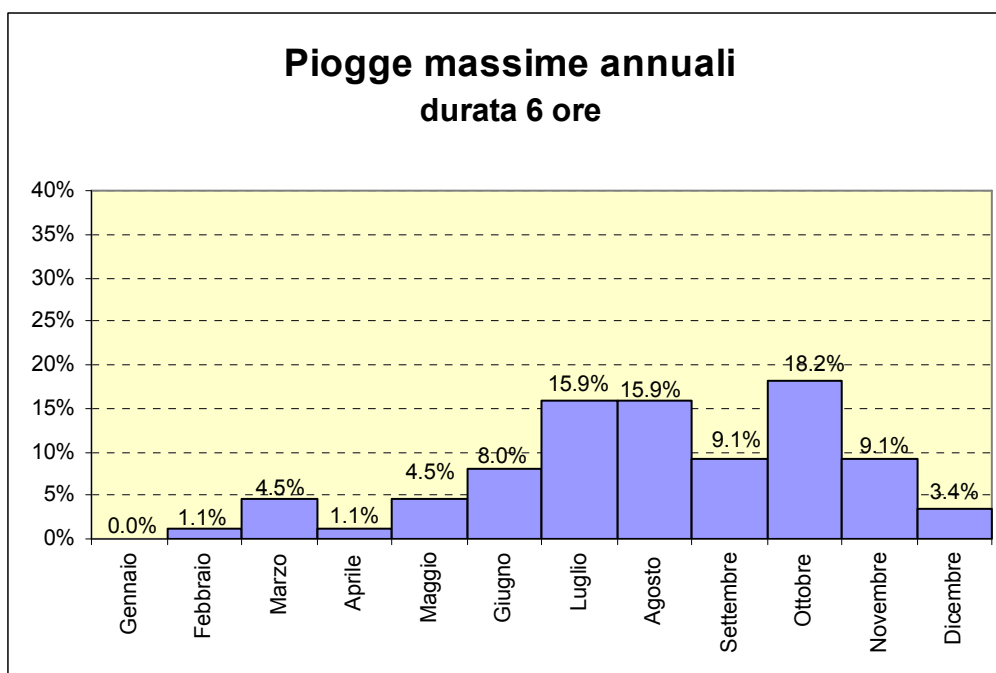


Figura 2.6

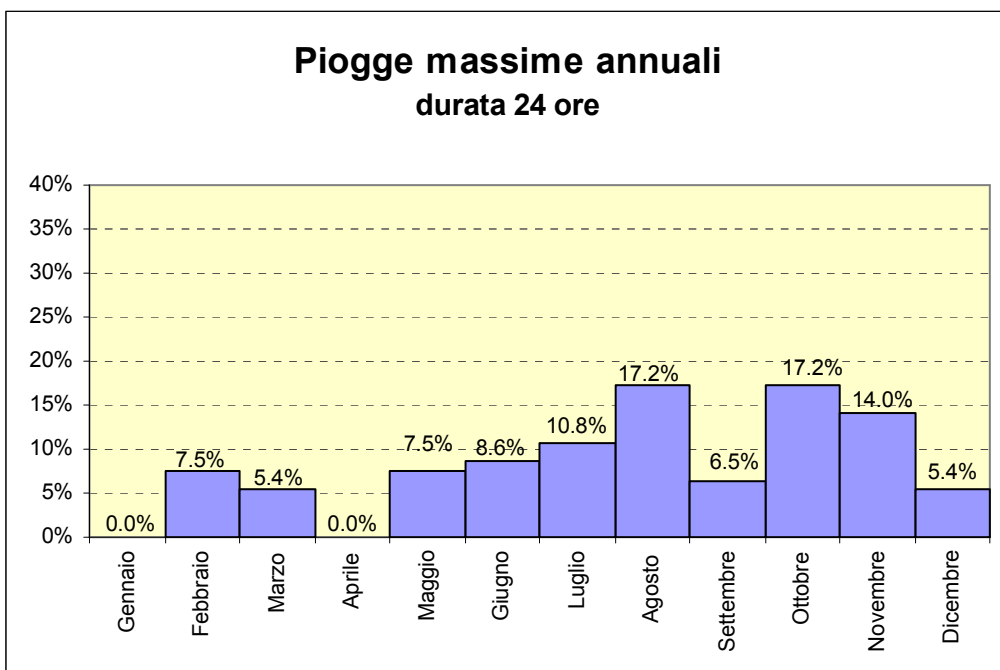


Figura 2.7

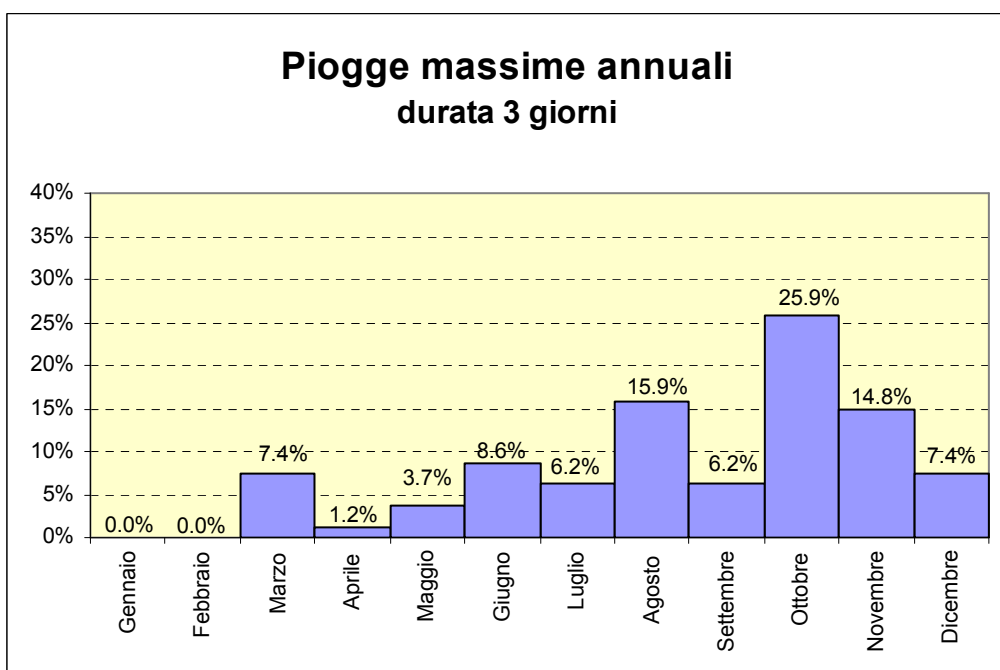


Figura 2.8

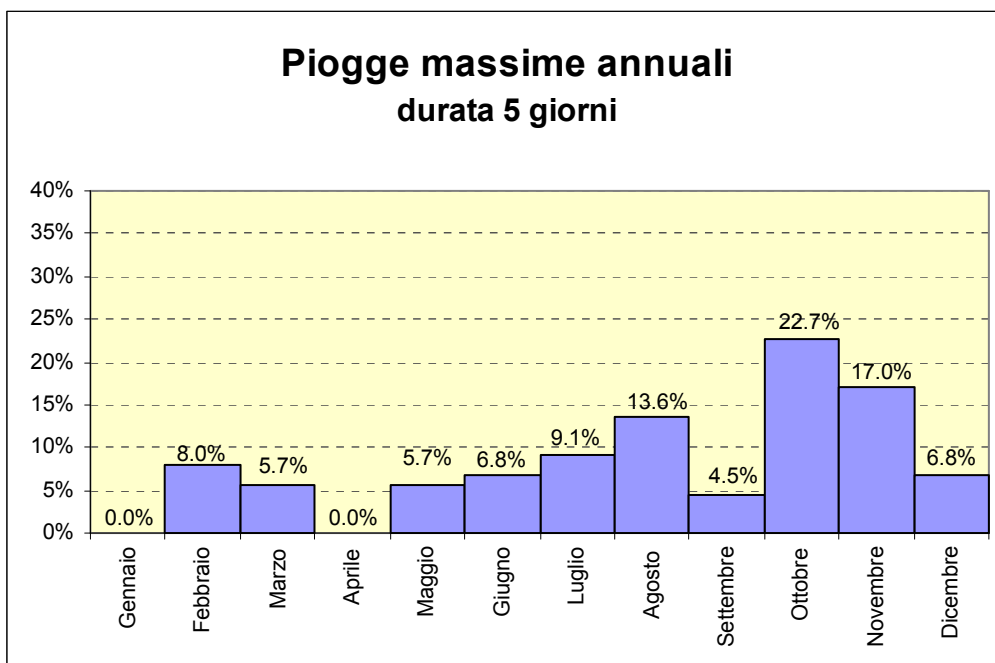


Figura 2.9

Nella zona 1 le piogge massime di breve durata (15 minuti e 1 ora), si concentrano prevalentemente (oltre il 70% dei casi) nei mesi tra giugno e agosto con frequenze massime centrate nel mese di luglio. All'aumentare della durata di pioggia si osserva che le distribuzioni nel corso dell'anno diventano più appiattite per le durate di 6 ore e 24 ore, mentre per le durate di 3 e 5 giorni consecutivi la distribuzione tende a spostarsi ai mesi autunnali con i valori nettamente più alti nei mesi di ottobre e novembre.

ZONA 2

| | Breve durata | | Media durata | | Lunga durata | |
|------------------|--------------|-------|--------------|--------|--------------|----------|
| | 15 minuti | 1 ora | 6 ore | 24 ore | 3 giorni | 5 giorni |
| Gennaio | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Febbraio | 0% | 0% | 0% | 5% | 7% | 7% |
| Marzo | 0% | 0% | 1% | 3% | 3% | 3% |
| Aprile | 1% | 1% | 1% | 12% | 13% | 7% |
| Maggio | 7% | 8% | 9% | 5% | 5% | 5% |
| Giugno | 28% | 28% | 15% | 5% | 5% | 3% |
| Luglio | 22% | 26% | 19% | 14% | 9% | 10% |
| Agosto | 21% | 16% | 15% | 12% | 9% | 7% |
| Settembre | 16% | 14% | 12% | 8% | 2% | 8% |
| Ottobre | 2% | 6% | 19% | 21% | 33% | 30% |
| Novembre | 2% | 1% | 8% | 11% | 9% | 10% |
| Dicembre | 0% | 0% | 1% | 4% | 5% | 10% |

Tab. 2.2

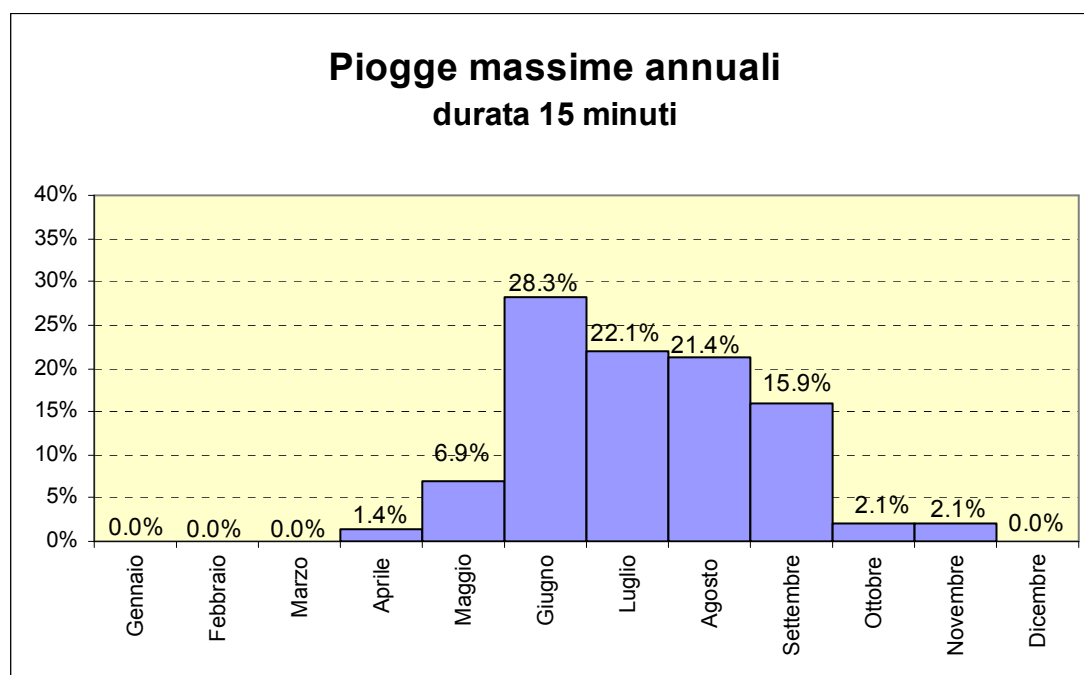


Figura 2.10

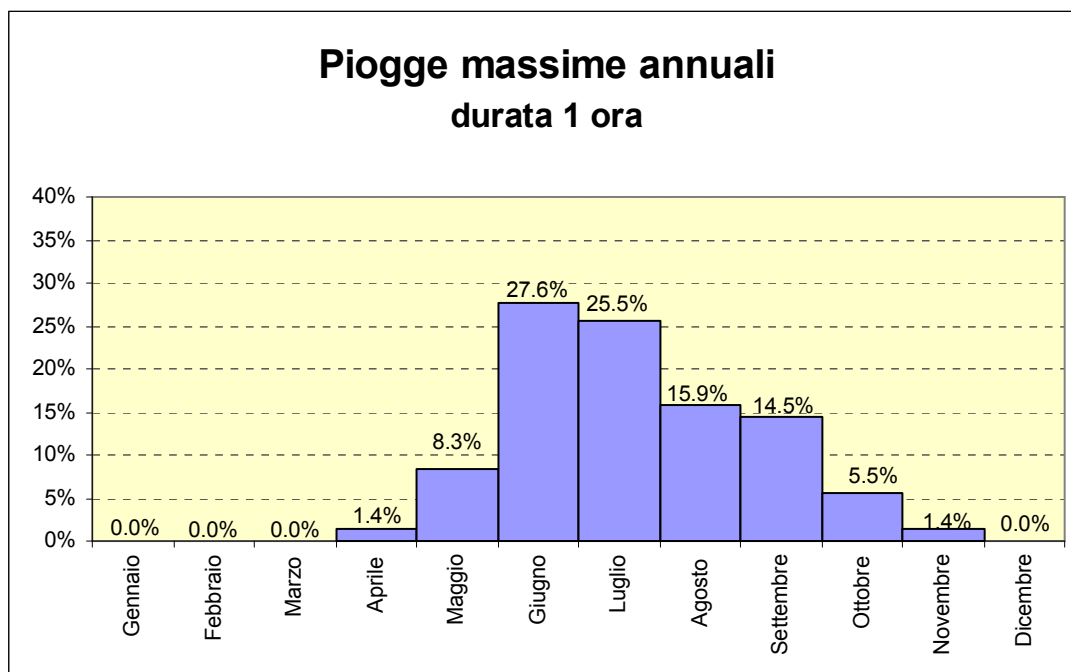


Figura 2.11

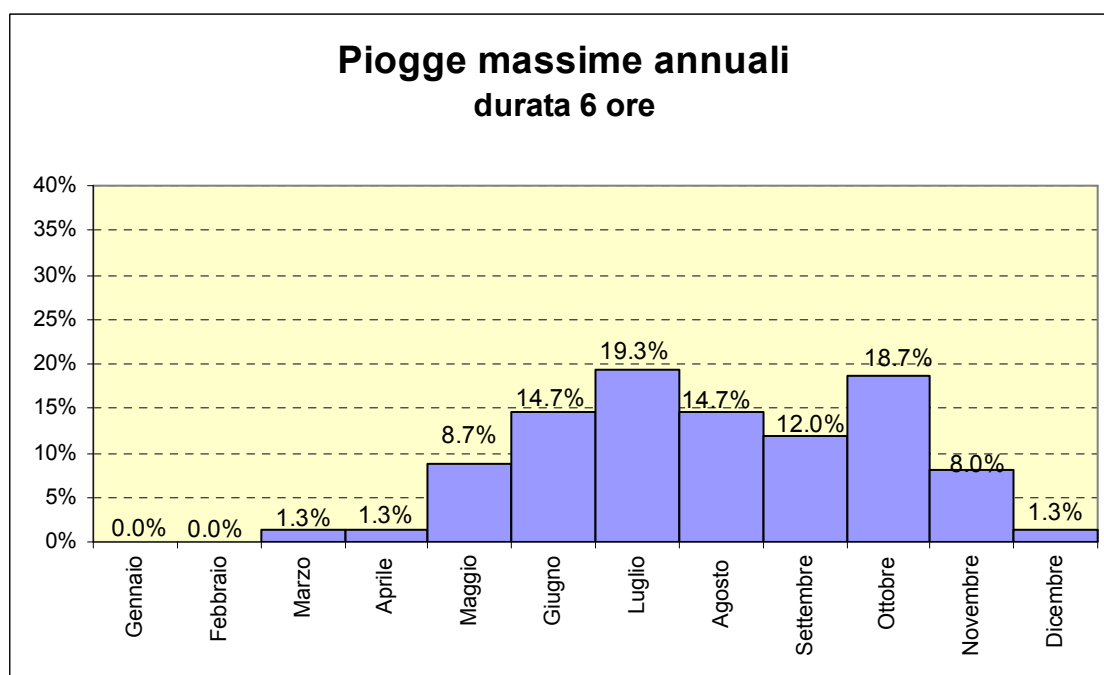


Figura 2.12

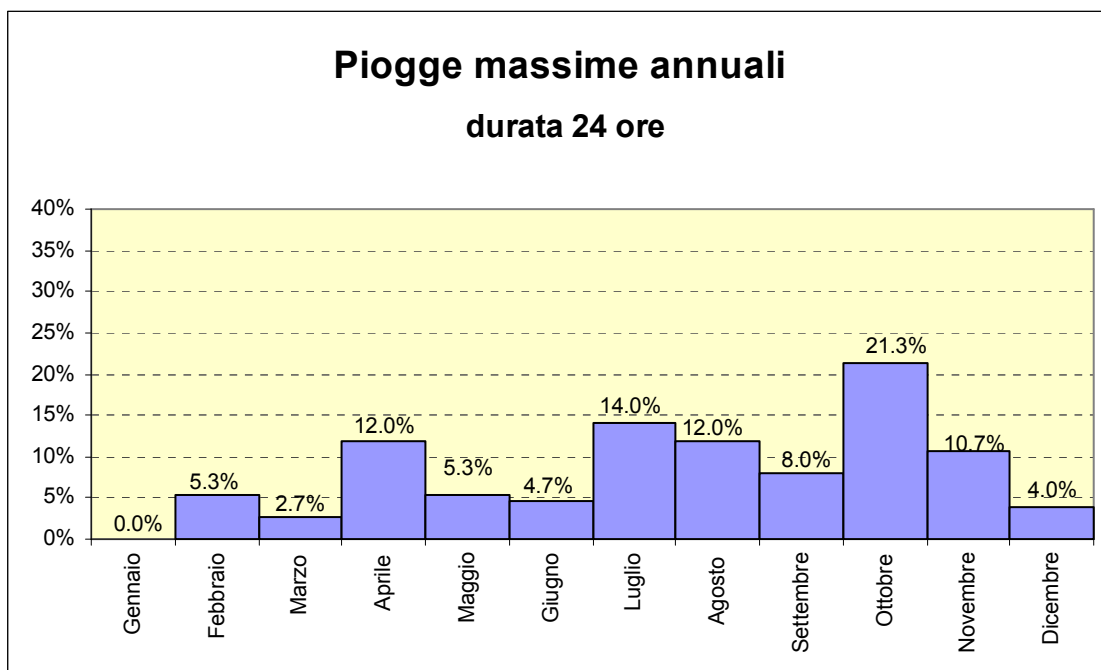


Figura 2.13

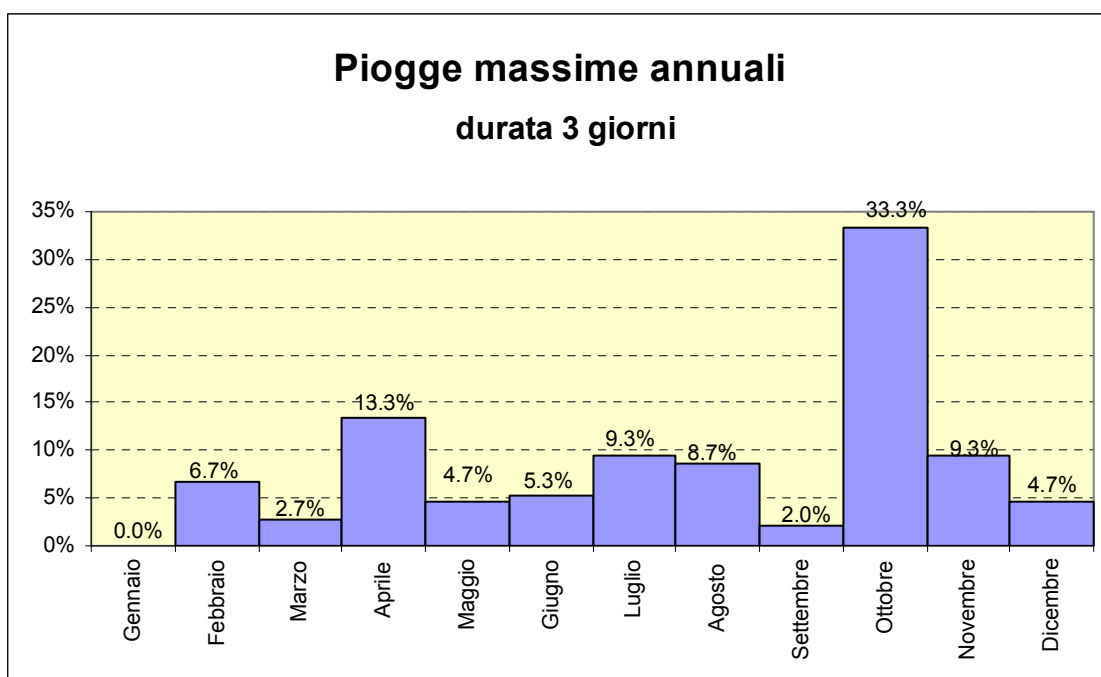


Figura 2.14

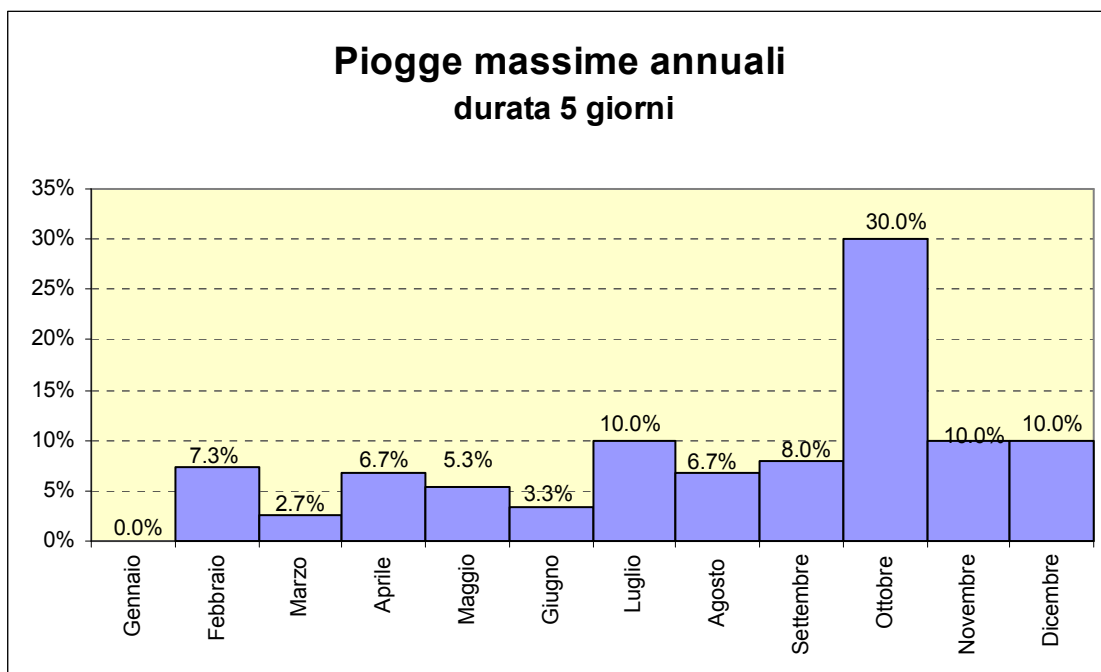


Figura 2.15

Nella zona 2 le piogge massime di breve durata (15 minuti e 1 ora), si concentrano prevalentemente (oltre l'80% dei casi) nei mesi tra giugno e settembre, con un andamento decrescente. All'aumentare della durata di pioggia si osserva che le distribuzioni nel corso dell'anno diventano più appiattite con dei massimi, per le durate di 6 ore 24 ore, nei mesi di luglio e ottobre. Per le durate di 3 e 5 giorni consecutivi le distribuzioni evidenziano entrambe dei valori di frequenza omogeneamente distribuiti tra febbraio e dicembre ad eccezione del mese di ottobre dove la frequenza è nettamente più elevata con valori intorno al 30%.

ZONA 3

| | Breve durata | | Media durata | | Lunga durata | |
|------------------|--------------|-------|--------------|--------|--------------|----------|
| | 15 minuti | 1 ora | 6 ore | 24 ore | 3 giorni | 5 giorni |
| Gennaio | 0% | 0% | 1% | 2% | 1% | 1% |
| Febbraio | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 7% |
| Marzo | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Aprile | 1% | 1% | 7% | 7% | 9% | 9% |
| Maggio | 4% | 6% | 5% | 5% | 5% | 4% |
| Giugno | 18% | 15% | 10% | 3% | 2% | 1% |
| Luglio | 20% | 15% | 6% | 3% | 1% | 0% |
| Agosto | 28% | 23% | 16% | 11% | 12% | 11% |
| Settembre | 21% | 25% | 23% | 27% | 25% | 17% |
| Ottobre | 6% | 12% | 21% | 25% | 30% | 27% |
| Novembre | 1% | 2% | 6% | 7% | 5% | 13% |
| Dicembre | 0% | 2% | 5% | 9% | 9% | 9% |

Tab. 2.3

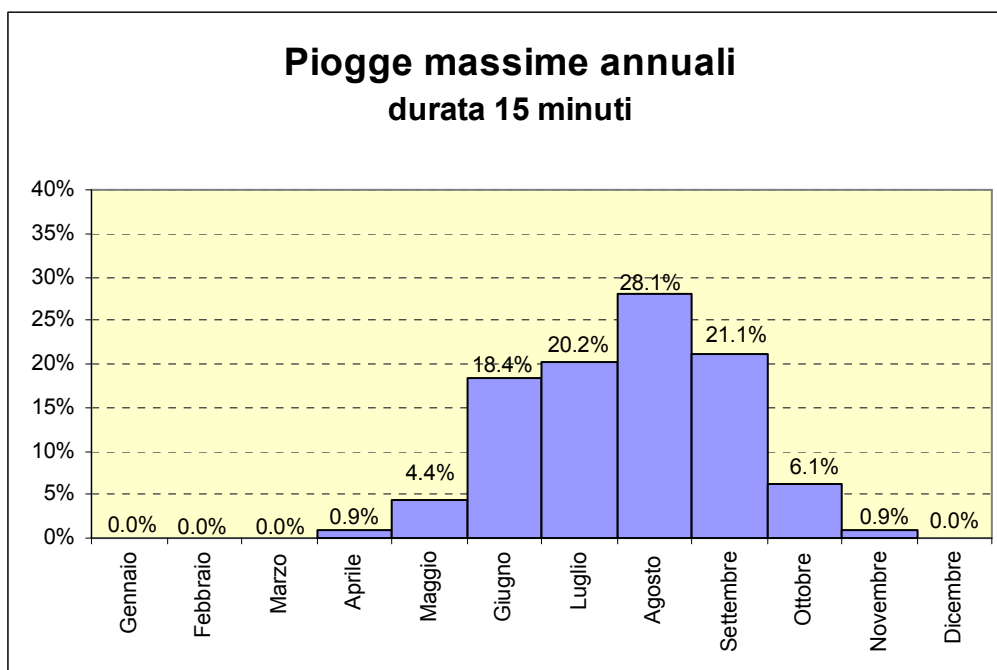


Figura 2.16

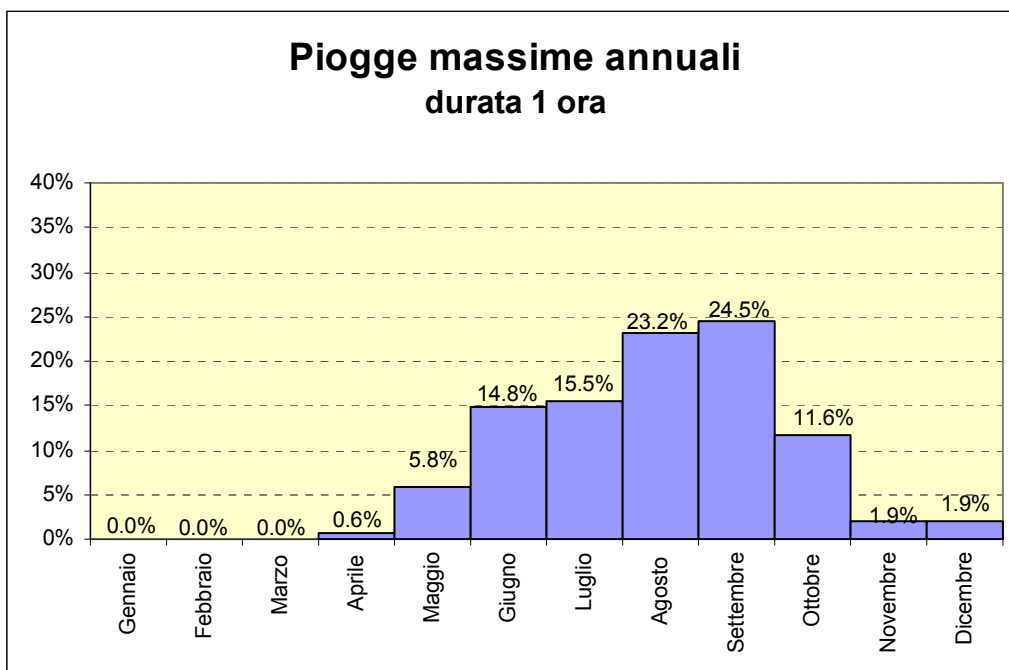


Figura 2.17

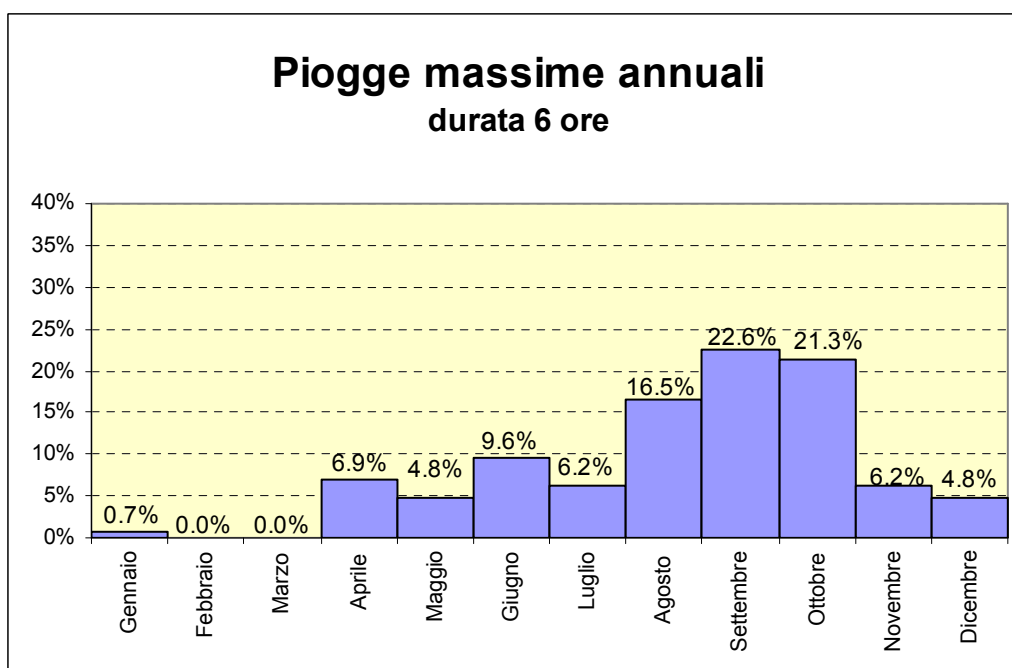


Figura 2.18

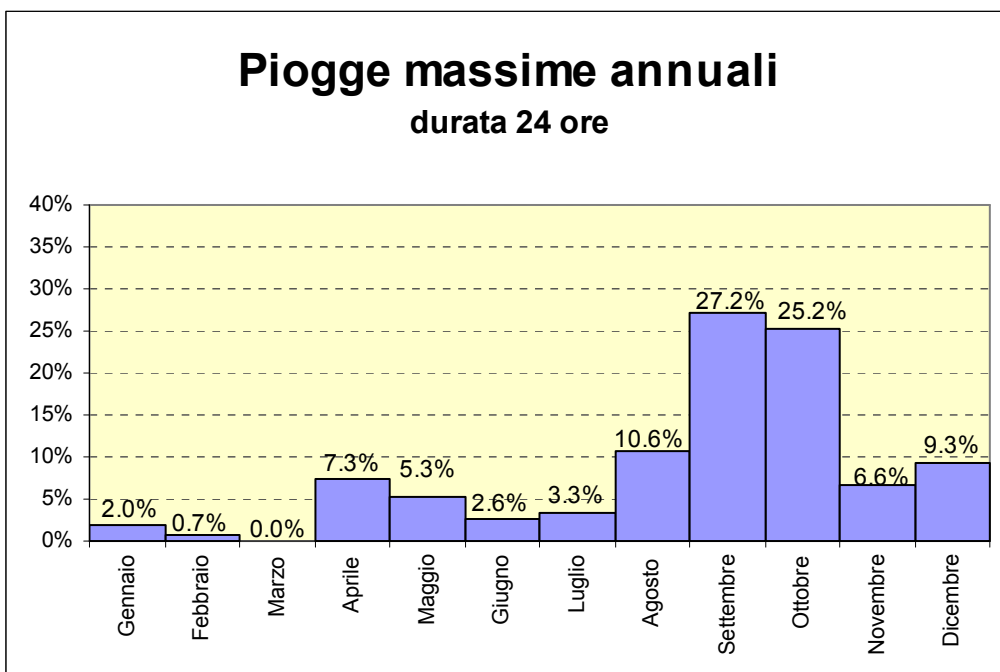


Figura 2.19

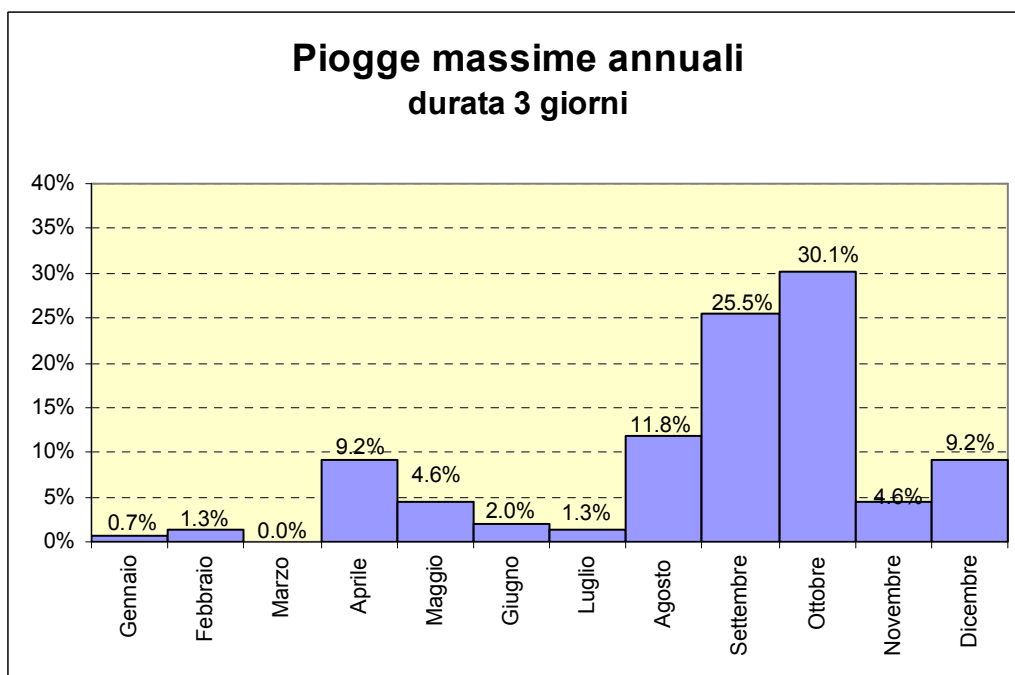


Figura 2.20

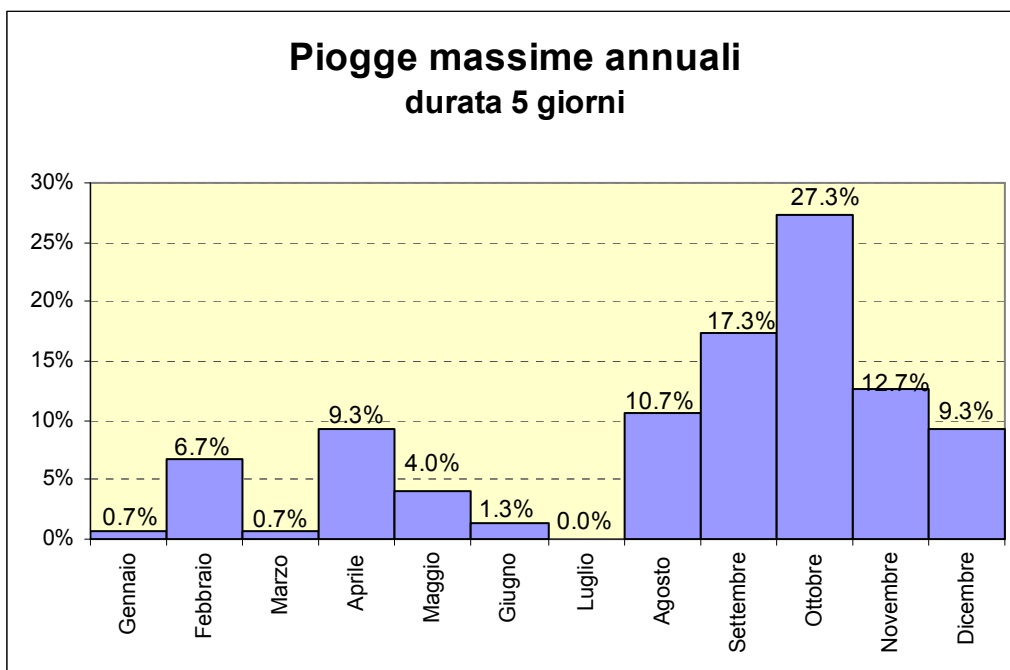


Figura 2.21

Nella zona 3 le piogge massime annue di breve durata (15 minuti e 1 ora) sono più frequenti nei mesi da giugno a settembre (oltre l'80%) ma, rispetto alla zona 2, presentano un andamento crescente e con massimi nei mesi di agosto e settembre anziché giugno. Per le piogge di media durata (6 ore e 24 ore) le frequenze risultano maggiori nei tre mesi tra agosto e ottobre con un massimo in settembre mentre per le piogge di lunga durata (3 e 5 giorni) il picco si ha nei mesi di settembre-ottobre.

In conclusione per quanto riguarda le piogge massime di breve durata si può osservare che per tutte le zone tali eventi si concentrano prevalentemente nei mesi tra aprile e novembre con frequenze massime nei mesi tra giugno e luglio nella zona 1 e 2 e nei mesi tra agosto e settembre nella zona 3. Mentre per la zona 1 le frequenze di accadimento di tali piogge risultano nettamente concentrate intorno al mese di luglio, per le altre due zone si nota come le distribuzioni siano più appiattite, con frequenze massime mensili più simili tra loro e concentrate prevalentemente tra giugno e settembre con massimi in giugno per la zona 2 e tra agosto e settembre per la zona 3.

All'aumentare della durata di pioggia si osserva che le distribuzioni nel corso dell'anno tendono a spostarsi ai mesi autunnali fino a raggiungere, per le durate di 3 e 5 giorni consecutivi, i valori più alti nel mese di ottobre per tutte le zone.

2.3 Conclusioni

I dati esposti sembrano confermare le conoscenze empiriche che attribuiscono ai rovesci temporaleschi, tipici della stagione estiva le precipitazioni intense di breve durata. Aumentando il tempo di precipitazione bisogna anche considerare che taluni valori di pioggia massima, per diverse durate, possono essere stati registrati nel corso di uno stesso evento. E' il caso ad esempio di un evento temporalesco, tipico della stagione estiva, si supponga di durata complessiva pari a 1 ora, il cui valore totale di pioggia registrata rappresenti in realtà anche il quantitativo più alto dell'anno registrato anche per le durate superiori, delle 3, 6, 12 o 24 ore. Per le durate più lunghe, superiori a 1 giorno, le distribuzioni delle frequenze di accadimento mostrano invece chiaramente dei massimi nei mesi autunnali ed in particolar modo per tutte le tre zone, nel mese di ottobre. La zona 3 (nord-orientale) sembra distinguersi, rispetto alle restanti due zone, per una maggior frequenza di eventi intensi di breve durata più spostata in avanti, nei mesi tra fine estate e inizio autunno (settembre-ottobre). Tale zona sembra dunque essere maggiormente esposta al rischio che si verifichino eventi di tipo convettivo nei mesi di settembre e ottobre; vista l'elevata frequenza, presente nello stesso periodo dell'anno, anche di eventi di più lunga durata, è molto probabile che tali fenomeni convettivi siano in realtà associati a sistemi frontali caratterizzati da piogge estese e prolungate ma con fasi di instabilità al loro interno, riconducibili al contrasto termico esercitato dal mare, ancora relativamente caldo, rispetto alle masse d'aria fresca che raggiungono la zona in questi mesi dell'anno.

In sintesi, per il territorio provinciale, sulla base delle informazioni raccolte relative alle piogge massime annuali, si possono individuare due grandi tipologie di eventi pluviometrici intensi: un primo gruppo rappresentato da eventi di breve durata e di origine prevalentemente convettiva, tipici della stagione estiva che con elevata probabilità si registrano tra giugno e agosto per la zona 1 (>70% dei casi) e tra giugno e settembre per le zona 2 e 3 (>80% dei casi); un secondo gruppo caratterizzato da eventi di più lunga durata e di origine frontale, tipici della stagione autunnale che con maggior frequenza si presentano nei mesi tra ottobre e novembre per la zona 1 e 2 e tra settembre e ottobre per la zona 3. In realtà possono anche coesistere eventi di tipo "misto" ovvero casi di precipitazioni persistenti, di media-lunga durata, associati ad estesi sistemi frontali che, specialmente nei mesi di settembre e ottobre nella zona 3, possono anche generare fenomeni di spiccata instabilità con precipitazioni di tipo convettivo, molto intense e di breve durata.

3 Analisi degli eventi pluviometrici intensi del periodo 1992-2004

3.1 Criteri di scelta e classificazione degli eventi pluviometrici intensi

Allo scopo di ampliare i casi di studio e di approfondire l'analisi degli eventi pluviometrici intensi, si sono presi in considerazione, oltre alle precipitazioni massime annuali, anche tutti gli eventi che hanno superato una soglia di 30 mm giornalieri in almeno due stazioni appartenenti alla stessa zona. Tale soglia è stata scelta in base a due criteri:

1. Tenendo conto delle classi di precipitazione attualmente indicate nei messaggi di allerta emessi dal Centro Meteorologico di Teolo, che individuano come classe di precipitazione abbondante un valore compreso tra 30-70 mm/24 ore;
2. Considerando che con una soglia di 30mm vengono compresi, secondo l'analisi climatica effettuata, anche gli eventi di breve durata che rappresentano, per la durata di 1 ora, eventi con tempi di ritorno medi sul territorio, molto prossimi ai 2 anni.

Al fine di individuare inoltre dei diversi livelli di intensità degli eventi individuati, è stata introdotta una classificazione dei valori di pioggia giornaliera secondo 5 classi:

- 30-40 mm
- 40-50 mm
- 50-60 mm
- 60-70 mm
- >70 mm

Per il periodo 1992-2004, in base ai criteri sopradescritti, sono stati individuati complessivamente 182 eventi pluviometrici che hanno colpito almeno una zona del territorio provinciale. La figura 3.1 rappresenta l'intero campione di eventi analizzati, suddivisi per classi di precipitazione giornaliera.

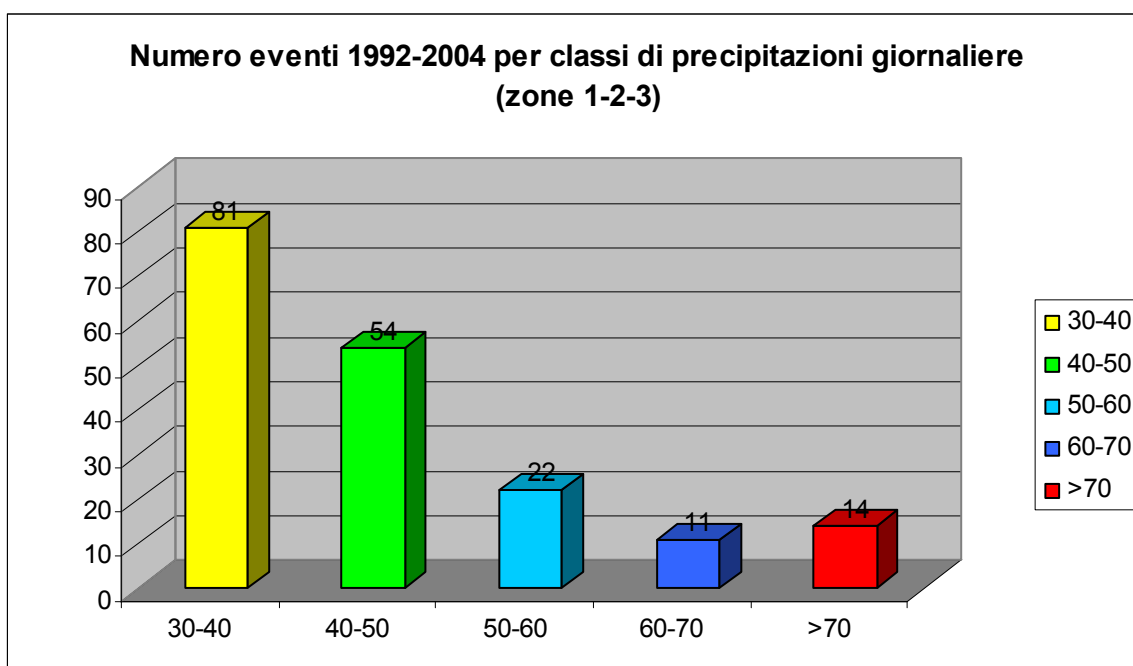


Fig. 3.1 Numero complessivo di eventi pluviometrici del periodo 1992-2004, suddivisi per classi di precipitazione giornaliera, che hanno colpito almeno una zona del territorio della Provincia di Venezia .

Per dare ulteriore significato di tipo statistico-probabilistico, per ogni evento individuato sono stati successivamente stimati i valori dei tempi di ritorno per tutte le durate di pioggia registrata per ognuna delle stazioni considerate. In tal modo si è potuto caratterizzare più approfonditamente la tipologia degli eventi pluviometrici intensi in provincia di Venezia, in termini di durata, intensità e stagionalità. Gli eventi analizzati nel corso del decennio costituiscono inoltre una preziosa banca dati di episodi pluviometrici che possono aver causato danni e/o provocato determinate emergenze sul territorio.

Le analisi di seguito riportate hanno preso in considerazione:

- il numero di eventi totali per anno e le relative frequenze annue per classi di precipitazione giornaliera sul totale degli eventi, per tutto il territorio e per ognuna delle tre zone individuate;
- le frequenze stagionali sul totale degli eventi per classi di precipitazione giornaliera, per tutto il territorio;
- la stima della durata di ogni evento e il calcolo dei tempi di ritorno per le diverse durate di pioggia.

Sulla base di tali analisi è stato possibile redigere una sintesi delle principali caratteristiche degli eventi pluviometrici intensi registrati nel corso del decennio in Provincia di Venezia, in termini di durata, intensità, frequenza e tempi di ritorno per ognuna delle tre zone individuate.

3.2 Numero e frequenze annue degli eventi.

Il numero complessivo degli eventi individuati nel corso del decennio 1992-2004 è pari a 182 con una distribuzione per classi di precipitazione giornaliera, valida per tutto il territorio, visualizzata in figura 3.2.

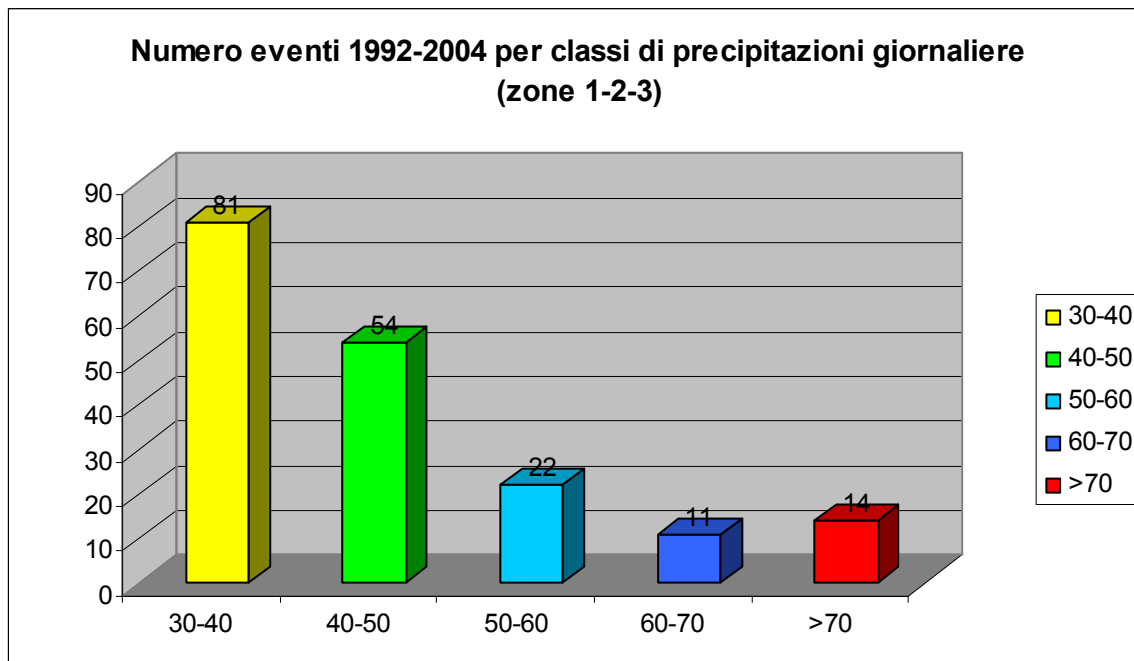


Fig. 3.2

La distribuzione segue, come logico attendersi, un andamento decrescente con l'aumentare dei valori di pioggia giornaliera. Le due classi più rappresentate sono quelle relative ad eventi con pioggia giornaliera di 30-40 mm (81 eventi) e 40-50 mm (54 eventi) mentre per le classi superiori si osserva un brusco calo del numero di eventi.

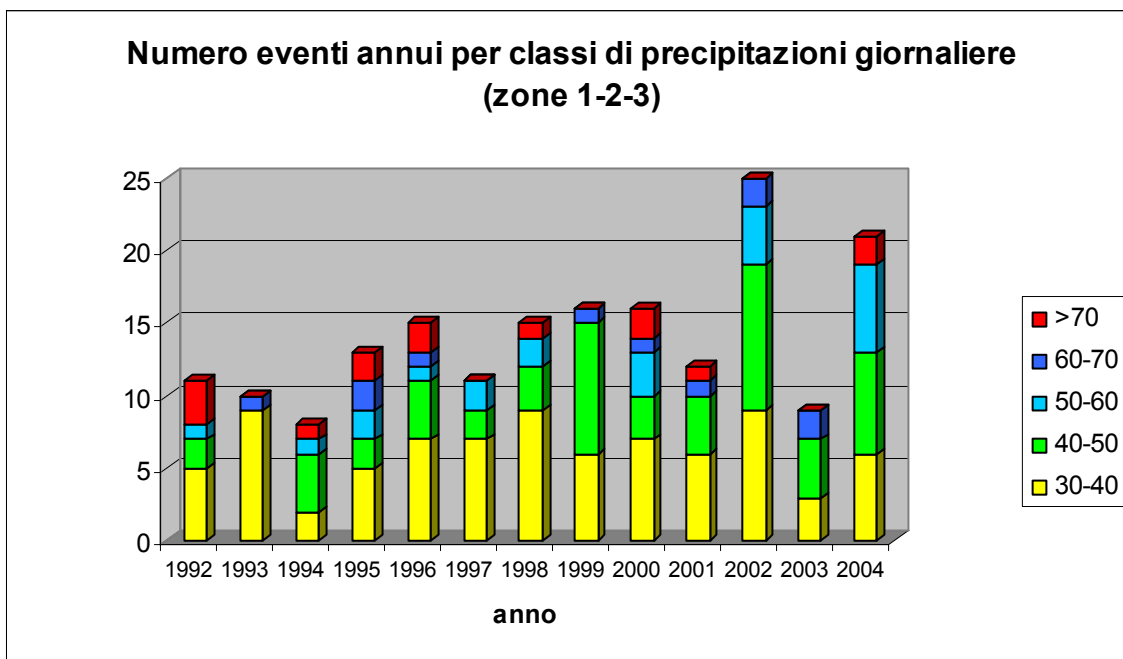


Fig. 3.3

La Fig. 3.3 mostra invece la distribuzione per ogni anno del numero di eventi registrati, distinti per classi di precipitazioni giornaliere. Risultano evidenti l'alto numero di eventi registrati nel 2002 (25), nel 2004 (20) e negli anni 1996,1998,1999 e 2000 con un numero di eventi/anno compreso tra 15 e 16. Gli anni in cui si è registrato il più alto numero di eventi con pioggia giornaliera superiore ai 70 mm sono stati il 1992 (3 eventi) e 1995 ,1996 ,2000 e 2004 (2 eventi).

3.3 Numero e frequenze stagionali degli eventi.

L'analisi stagionale degli eventi è stata eseguita suddividendo le stagioni secondo i criteri di studio di tipo climatologico (inverno: dicembre-gennaio-febbraio; primavera: marzo-aprile-maggio; estate: giugno-luglio-agosto; autunno: settembre-ottobre-novembre).

Le stagioni in cui si è registrato il più alto numero di eventi tra il 1992 e il 2004 sono quelle autunnale ed estiva (rispettivamente con 57 e 52 eventi complessivi), seguono la stagione primaverile (38 eventi) e infine quella invernale (30 eventi). La prima classe di precipitazione (30-40 mm/giorno) si è verificata con maggior frequenza nella stagione estiva (25 eventi su 81 complessivi), la seconda classe di precipitazione (40-50 mm/giorno) nelle stagioni estiva e autunnale (rispettivamente 18 e 19 eventi su 54 complessivi), la terza classe di precipitazione (50-60 mm/giorno) nelle stagioni primaverile e autunnale (con 6 e 9 eventi rispettivamente su 22 complessivi), la quarta classe di precipitazione (60-70 mm/giorno) in autunno (4 eventi su 11) e l'ultima classe di precipitazione (>70 mm/giorno) in autunno (7 eventi su 14 complessivi).

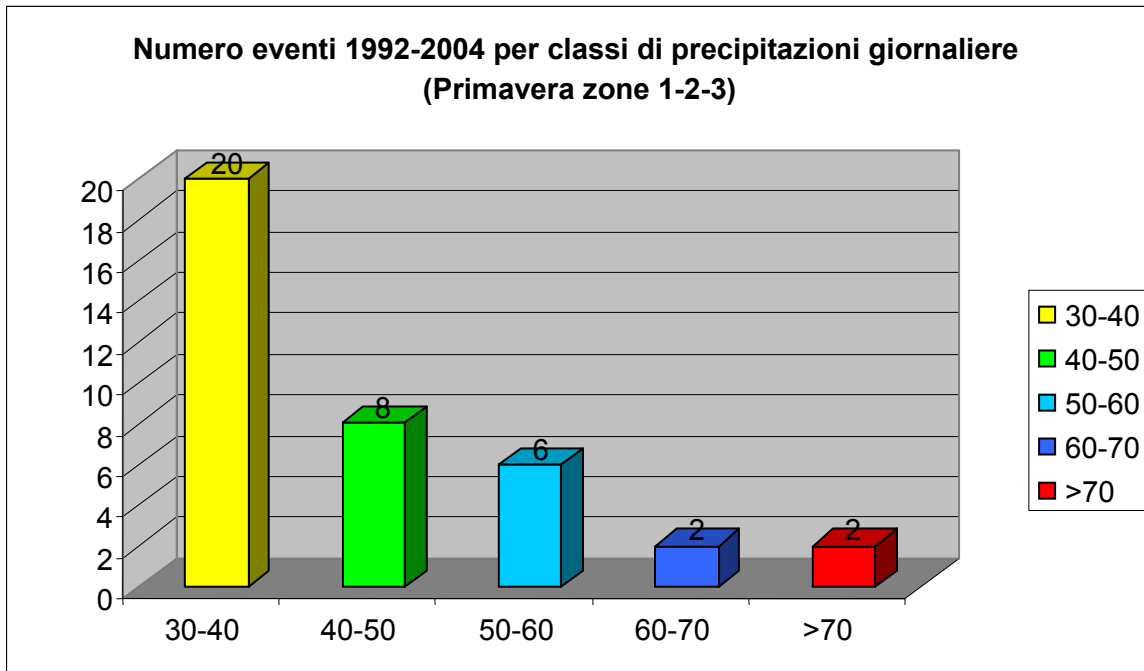


Fig. 3.4

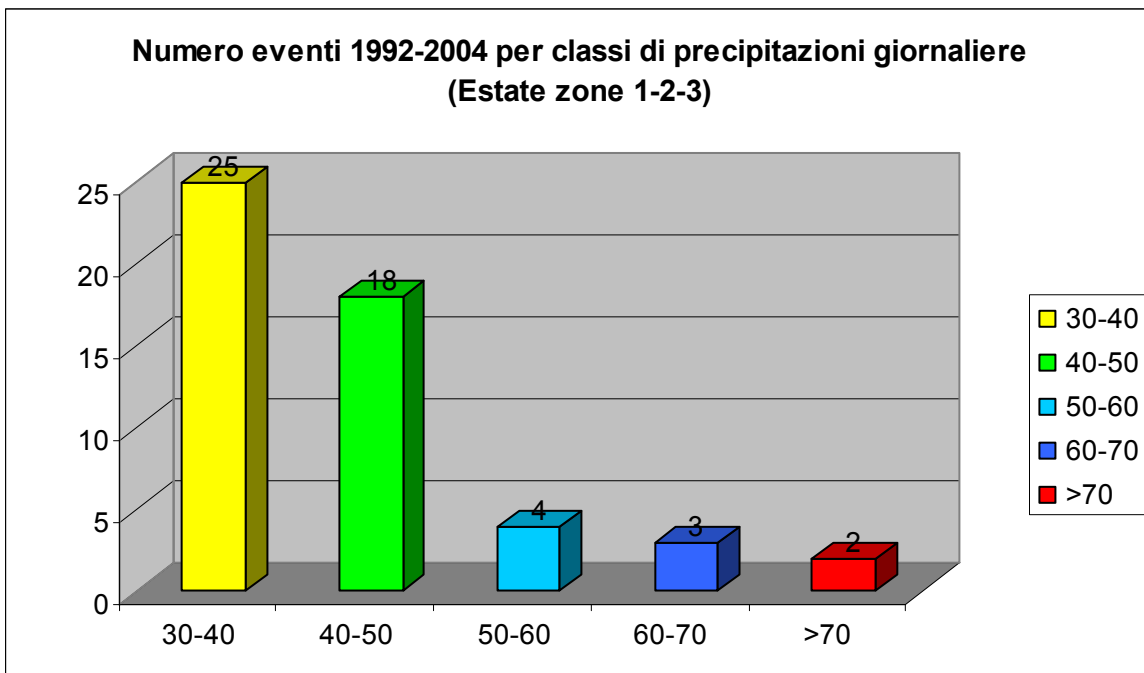


Fig. 3.5

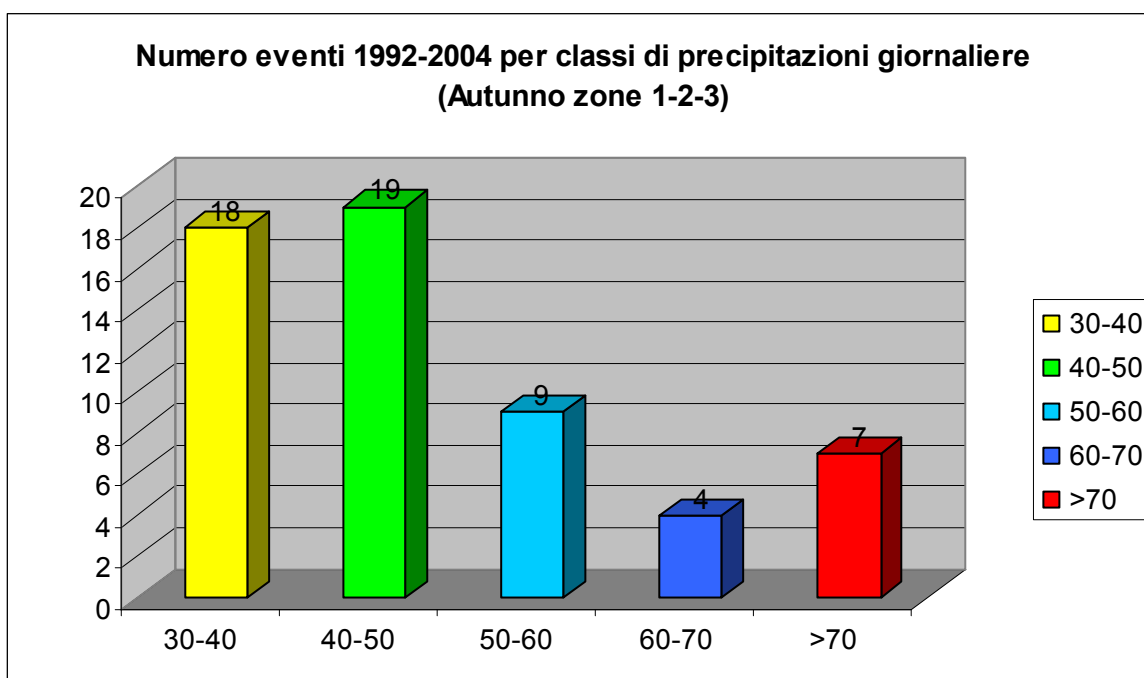


Fig. 3.6

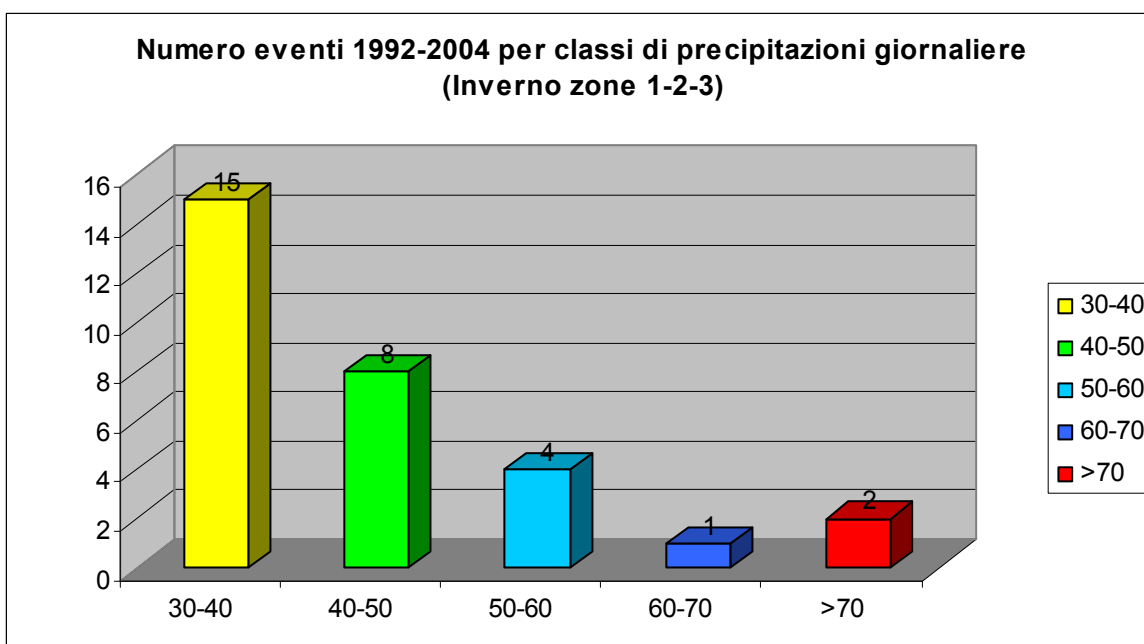


Fig. 3.7

3.4 Numero e frequenze degli eventi per singole zone.

La zona con più alto numero di eventi complessivi nel periodo di studio, risulta la zona 3 (zona nord-orientale) che registra complessivamente 116 eventi, seguita dalla zona 2 con 114 eventi e la zona 1 con 66 eventi. In tutte le tre zone le distribuzioni di frequenza degli eventi, per classi di precipitazione giornaliera, mostrano una netta prevalenza (45-52%) di eventi appartenenti alla prima classe (30-40 mm/giorno) a cui segue la seconda classe (40-50 mm/giorno) con frequenze

simili nelle diverse zone (26-30%). Per la classe di precipitazione di 50-60 mm/giorno si può notare come per le zone 1 e 3 tali eventi si siano presentati con maggior frequenza (15/16%) rispetto alla zona 2 (9%); per la penultima classe (60-70 mm/giorno) la frequenza più elevata si registra nella zona 2 (7%) mentre per la zona 1 e 3 la frequenza risulta pari al 5% e 6% rispettivamente. Infine, gli eventi con precipitazioni giornaliere più elevate (>70 mm) registrano frequenze comprese tra il 5% della zona 1 e l'8% della zona 3.

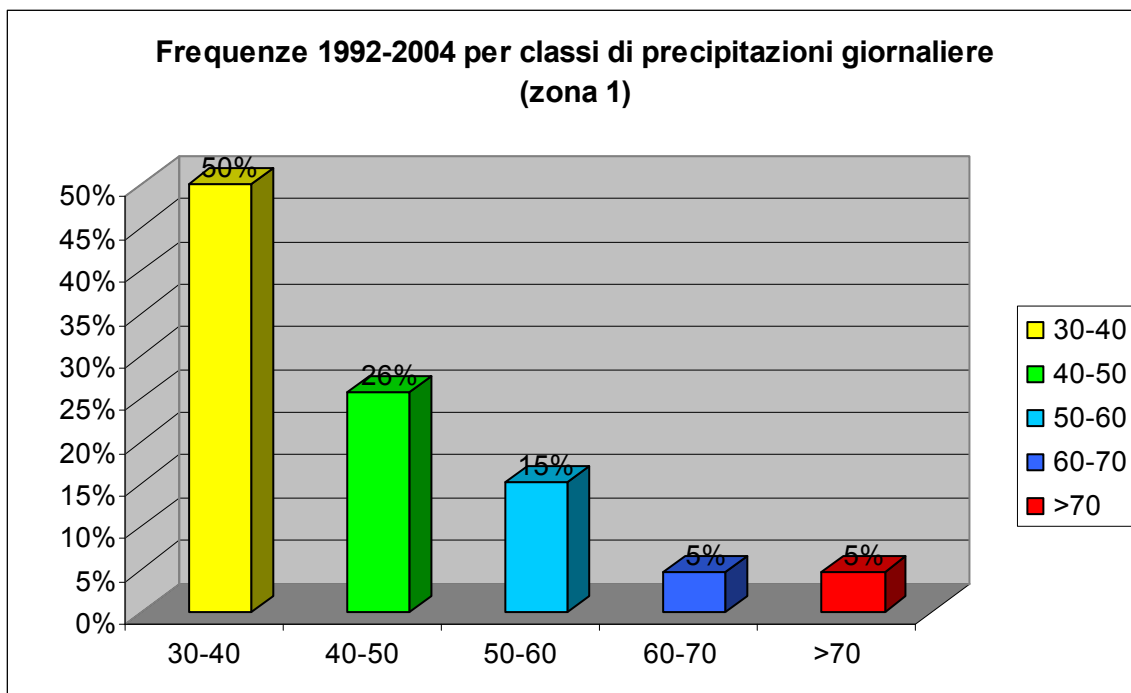


Fig. 3.8

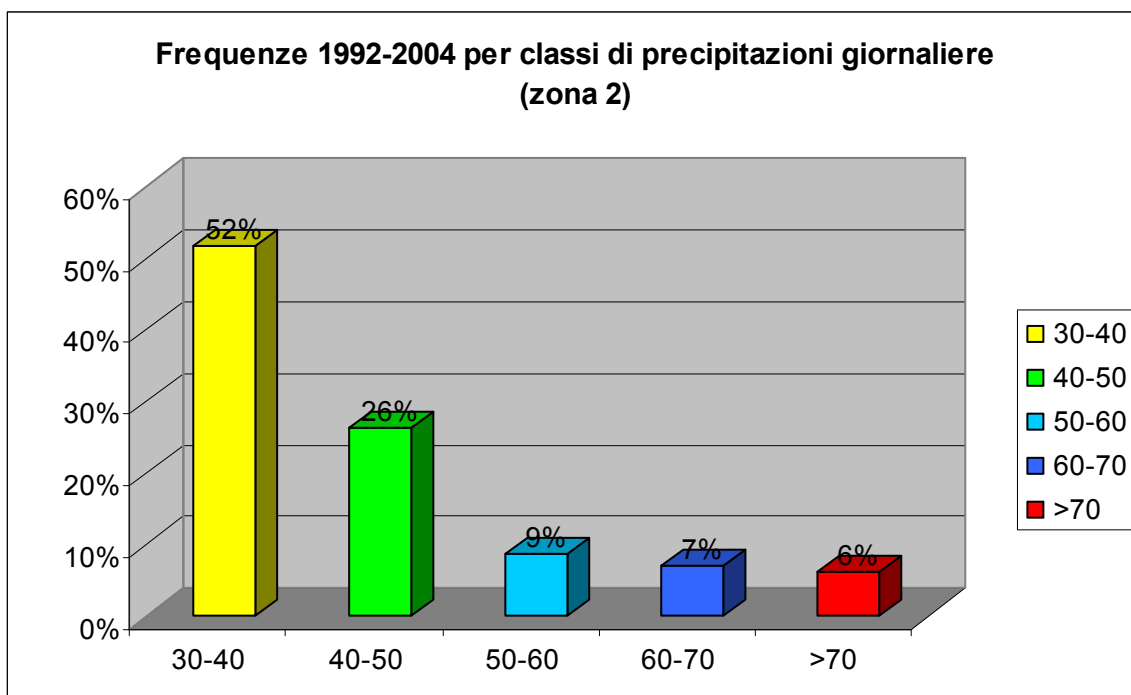


Fig. 3.9

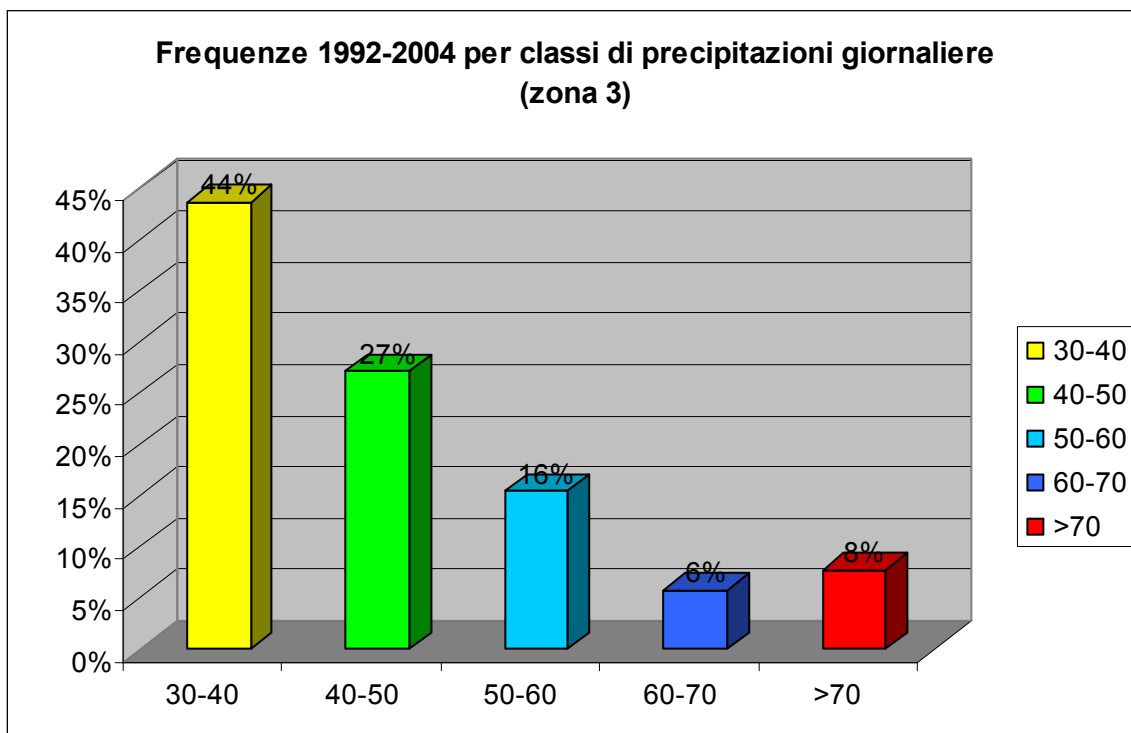


Fig. 3.10

3.5 Durata e calcolo dei tempi di ritorno degli eventi.

Per tutti gli eventi individuati secondo i criteri descritti nel capitolo 3.1, sono stati calcolati i tempi di ritorno relativi alle piogge intense (per tutte le durate da 5 minuti a 5 giorni) registrate per ognuna delle stazioni considerate. In questo modo si è potuto elencare e classificare gli eventi in ordine alla loro criticità in termini di probabilità di accadimento (tempi di ritorno), di durata e di diffusione dell'evento sul territorio.

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i principali eventi critici, con tempi di ritorno maggiori o uguali a 5 anni per almeno un intervallo temporale di pioggia, distinti per zone e per durata delle fasi più intense dell'evento e classificati in ordine decrescente di criticità, in base ai valori dei tempi di ritorno massimi registrati. In particolare si considerano eventi critici di breve durata quelli in cui i tempi di ritorno più elevati sono stati registrati negli intervalli di tempo compresi tra 5 minuti e 1 ora; di media durata dalle 3 alle 24 ore e infine di lunga durata oltre le 24 ore.

| TEMPO DI RITORNO (anni) |
|-------------------------|
| 3-4 |
| 5-7 |
| 8-10 |
| 11-15 |
| >15 |

ZONA 1

| Breve durata (Tr) | minuti | | | | | ore | | | | | ore | | | | |
|-------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|-----|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 ago 04 | 19 | 23 | 22 | 17 | 52 | 52 | 5 | 3 | | | | | | | |
| 19-20 mag 95 | 5 | 7 | 6 | 17 | 20 | 23 | 7 | 4 | 3 | | 3 | | | | |
| 20 giu 2004 | 3 | 4 | 7 | 22 | 15 | 15 | 6 | 4 | 3 | | 3 | | | | |
| 04-set-00 | 15 | 12 | 11 | 11 | 9 | 8 | 3 | 3 | | | 3 | | | | |
| 14-lug-99 | 12 | 10 | 15 | 6 | 3 | 2 | | | | | | | | | |
| 08-set-98 | 5 | 6 | 12 | 5 | 4 | 3 | | | | | | | | | |
| 24-set-03 | 11 | 7 | 9 | 4 | 3 | 3 | | | | | | | | | |
| 07-mag-00 | 5 | 7 | 12 | 4 | 3 | 3 | | | | | | | | | |
| 27-mag-02 | 9 | 10 | 8 | 4 | 4 | 3 | | | | | | | | | |
| 19-set-95 | 3 | 4 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | | | | | | | |
| 31 ago e 2 set 94 | 6 | 7 | 6 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 28-set-93 | | 3 | 3 | 4 | 6 | 6 | | | | | | | | | |
| 09-ago-02 | 5 | 4 | | | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | |
| 07-lug-01 | 5 | | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |

| <i>Breve durata (mm)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 ago 04 | 14 | 25 | 31 | 45 | 65 | 70 | 71 | 71 | | | | | | | |
| 19-20 mag 95 | 11 | 22 | 27 | 48 | 58 | 61 | 67 | 76 | 78 | | 69 | | | | |
| 20 giu 2004 | 12 | 19 | 25 | 43 | 48 | 49 | 50 | 51 | 55 | | 55 | | | | |
| 04-set-00 | 13 | 20 | 24 | 37 | 42 | 44 | 53 | 54 | | | 54 | | | | |
| 14-lug-99 | 13 | 21 | 29 | 37 | 38 | 39 | | | | | | | | | |
| 08-set-98 | 11 | 21 | 31 | 36 | 38 | 38 | | | | | | | | | |
| 24-set-03 | 13 | 22 | 30 | 35 | 36 | 36 | | | | | | | | | |
| 07-mag-00 | 10 | 18 | 25 | 29 | 31 | 31 | | | | | | | | | |
| 27-mag-02 | 12 | 20 | 26 | 32 | 35 | 36 | | | | | | | | | |
| 19-set-95 | 8 | 15 | 21 | 30 | 37 | 40 | 50 | 56 | | | | | | | |
| 31 ago e 2 set 94 | 11 | 19 | 24 | 27 | | | | | | | | | | | |
| 28-set-93 | | 16 | 21 | 28 | 35 | 38 | | | | | | | | | |
| 09-ago-02 | 11 | 26 | | | 48 | 54 | 63 | | | | | | | | |
| 07-lug-01 | 10 | | 20 | 26 | | | | | | | | | | | |

Tab. 3.1 Classifica dei principali eventi intensi di **breve durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 1** tra il 1992 e il 2004.

| <i>Breve-media durata (Tr)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28-29 giu 2000 | 6 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 | 6 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | | | |
| 31-ago-96 | 5 | 3 | 4 | 6 | 6 | 7 | 7 | 5 | 3 | | 3 | | | | |
| 27-apr-99 | 3 | 5 | 4 | | | | 4 | 5 | 3 | | 3 | | | | |

| <i>Breve-media durata (mm)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28-29 giu 2000 | 10 | 20 | 26 | 44 | 56 | 57 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | | | |
| 31-ago-96 | 11 | 19 | 25 | 35 | 39 | 44 | 52 | 53 | 53 | | 53 | | | | |
| 27-apr-99 | 9 | 19 | 22 | | | | 44 | 52 | 53 | | 53 | | | | |

Tab. 3.2 Classifica dei principali eventi intensi di **breve-media durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 1** tra il 1992 e il 2004.

| <i>Media-lunga durata (Tr)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18-19 ago1995 | | | | 3 | 4 | 4 | 25 | 20 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 | 19 | 20 |
| 6-8 ott 2000 | | | 3 | 4 | 9 | 13 | 16 | 14 | 12 | 12 | 7 | 9 | 13 | 10 | 9 |
| 6-9 nov 1999 | | | | | | | 3 | | 11 | 9 | | 6 | 4 | 6 | 7 |
| 30 set- 4 ott 2000 | | | | 4 | 3 | 4 | 8 | 6 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 6 |
| 28-29 ago 2002 | | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | |
| 15-18 lug 2002 | | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 6 |
| 30 mar- 1 apr 2001 | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 4 | 7 | 3 | 3 | | |

| <i>Media-lunga durata (mm)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18-19 ago1995 | | | | 30 | 37 | 48 | 94 | 105 | 145 | 180 | 157 | 185 | 190 | 191 | 191 |
| 6-8 ott 2000 | | | 21 | 34 | 43 | 49 | 86 | 104 | 111 | 148 | 97 | 156 | 181 | 183 | 185 |
| 6-9 nov 1999 | | | | | | | 47 | | 112 | 113 | | 113 | 116 | 156 | 165 |
| 30 set- 4 ott 2000 | | | | 28 | 31 | 35 | 71 | 83 | 84 | 89 | 84 | 92 | 94 | 106 | 165 |
| 28-29 ago 2002 | | 17 | 21 | 33 | 37 | 44 | 71 | 81 | 84 | 85 | 57 | 85 | 85 | 88 | |
| 15-18 lug 2002 | | 19 | 20 | 31 | 38 | | | 70 | 73 | 86 | 65 | 86 | | 94 | 120 |
| 30 mar- 1 apr 2001 | | | | | | | 50 | 57 | 74 | 80 | 80 | 82 | 86 | | |

Tab. 3.3 Classifica dei principali eventi intensi di **media-lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 1** tra il 1992 e il 2004.

| <i>Lunga durata (Tri)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|---------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|--------|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5-8 dic 1992 | | | | | | | | 4 | 7 | 13 | 22 | 17 | 17 | 16 | 16 |
| 17-22 feb 2004 | | | | | | | | | | | | | 3 | 5 | 6 |

| <i>Lunga durata (mm)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5-8 dic 1992 | | | | | | | | 81 | 110 | 168 | 163 | 186 | 199 | 218 | 227 |
| 17-22 feb 2004 | | | | | | | | | | | | | 94 | 117 | 129 |

Tab. 3.4 Classifica dei principali eventi intensi di **lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 1** tra il 1992 e il 2004.

Dalle tabelle sopraesposte si evince che per la zona 1 gli eventi critici più frequenti risultano quelli di breve durata (14 eventi, nel periodo 1992-2004, con tempo di ritorno ≥ 5 anni) e quelli di media-lunga durata (7 eventi). Tra gli eventi più intensi si segnalano in particolare quelli del **3 agosto 2004** e **19-20 maggio 1995** (breve durata) in cui si registrarono piogge con tempi di ritorno massimi di 52 anni e 23 anni rispettivamente. Tra gli eventi critici di media-lunga durata si segnalano invece quelli del **18-19 agosto 1995** e **6-8 ottobre 2000** con tempi di ritorno massimi di 25 anni e 16 anni rispettivamente, mentre per gli eventi di lunga durata quello del **5-8 dicembre 1992** in cui si registrarono piogge con tempi di ritorno massimi di 17 anni.

ZONA 2

| <i>Breve durata (Tr)</i> | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|--------|---|---|---|---|--|--|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 8 giu 1999 | 14 | 6 | 7 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 14 set 2004 | 8 | 10 | 11 | 9 | 5 | | | | | | | | | | | | |
| 13-set-94 | 9 | 4 | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 ott 2004 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-set-01 | 3 | 5 | 6 | 4 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 14-ago-03 | | | 3 | 7 | 5 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 28-giu-02 | | | | 3 | 5 | 4 | 3 | | | | | | | | | | |
| 24 e 27 mag 2002 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |

| <i>Breve durata (mm)</i> | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|---|----|----|--------|---|---|---|---|--|--|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 8 giu 1999 | 18 | 27 | 33 | 35 | 35 | | | | | | | | | | | | |
| 14 set 2004 | 17 | 26 | 35 | 46 | 49 | | | | | | | | | | | | |
| 13-set-94 | 12 | 18 | 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 ott 2004 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-set-01 | 10 | 21 | 28 | 33 | 36 | 37 | | | | | | | | | | | |
| 14-ago-03 | | | 22 | 35 | 37 | 37 | | | | | | | | | | | |
| 28-giu-02 | | | | 33 | 42 | 42 | 48 | | | | | | | | | | |
| 24 e 27 mag 2002 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 3.5 Classifica dei principali eventi intensi di **breve durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 2** tra il 1992 e il 2004.

| <i>Breve-media durata (Tr)</i> | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24-set-93 | | | 3 | 8 | 9 | 13 | 17 | 13 | 8 | 5 | 8 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 15 e 18 lug 2002 | 7 | 11 | 13 | 14 | 14 | 14 | 11 | 9 | 6 | 4 | 7 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 4-8 ago 1997 | | 3 | 3 | 8 | 11 | 12 | 9 | 5 | 3 | | | | | | |
| 31 mag e 10 giu 1995 | 4 | 8 | 5 | | | | 3 | | | 3 | 4 | | | | |
| 28-ago-95 | 4 | 5 | 4 | | | | | 3 | 4 | | 3 | | | | 3 |

| <i>Breve-media durata (mm)</i> | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24-set-93 | | | 23 | 40 | 48 | 57 | 91 | 92 | 92 | 94 | 91 | 94 | 103 | 103 | 117 |
| 15 e 18 lug 2002 | 13 | 25 | 36 | 58 | 68 | 71 | 74 | 82 | 82 | 82 | 82 | 84 | 85 | 106 | 115 |
| 4-8 ago 1997 | | 17 | 24 | 39 | 48 | 52 | 58 | 60 | 60 | | | | | | |
| 31 mag e 10 giu 1995 | 13 | 25 | 29 | | | | 46 | | | 75 | 70 | | | | |
| 28-ago-95 | 12 | 21 | 27 | | | | | 80 | 89 | | 89 | | | | 118 |

Tab. 3.6 Classifica dei principali eventi intensi di **breve-media durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 2** tra il 1992 e il 2004.

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Media durata (Tr) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 ago 2002 | | 3 | 3 | | | 3 | 17 | 12 | 6 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 10 e 15 giu 1998 | | | | | 3 | 6 | 10 | 10 | 9 | 5 | 6 | 4 | | 3 | |
| 21-22 ott 2002 | | | | | | | 5 | 5 | 5 | | 3 | | | | |
| 19-20 mag 95 | | | | | | | | 4 | 6 | 4 | | 3 | 3 | 3 | |

| | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Media durata (mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 ago 2002 | | 19 | 22 | | | 41 | 74 | 82 | 82 | 83 | 77 | 88 | 124 | 125 | 126 |
| 10 e 15 giu 1998 | | | | | 38 | 43 | 80 | 80 | 87 | 92 | 86 | 98 | | 107 | |
| 21-22 ott 2002 | | | | | | | 50 | 58 | 66 | | 64 | | | | |
| 19-20 mag 95 | | | | | | | | 71 | 84 | 87 | | 87 | 96 | 96 | |

Tab. 3.7 Classifica dei principali eventi intensi di **media durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 2** tra il 1992 e il 2004.

| | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Media-lunga durata (Tr) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-9 ott 1998 | | | | | | 3 | 4 | 5 | 5 | 11 | 4 | 8 | 12 | 20 | 31 |
| 3-6 ott 1992 | | | | | | | 3 | 4 | 7 | 10 | 16 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 7-10 mag 2000 | | | | 3 | 8 | 15 | 11 | 10 | 8 | 9 | 9 | 9 | 4 | 5 | 4 |
| 6-8 ott 2000 | | | | | | | | 3 | 4 | 5 | 12 | 6 | 5 | 5 | 4 |
| 30 ott- 1 nov 2003 | | | | | | | 4 | 3 | 8 | 6 | 10 | 5 | 3 | 3 | |
| 29 set-1 ott 2000 | | | | | | | | 4 | 8 | 7 | 8 | 7 | 5 | 4 | 4 |
| 6-10 maggio 2004 | | | | | | | 10 | 7 | | | | | | | |
| 10-12 ott 2002 | | | | | | | | | | 6 | | 6 | 5 | 4 | 4 |
| 4-7 nov 1999 | | | | | | | | 3 | 6 | 5 | | 3 | 3 | 3 | 3 |

| | Minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Media-lunga durata (mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-9 ott 1998 | | | | | | 35 | 53 | 67 | 75 | 108 | 77 | 118 | 157 | 174 | 194 |
| 3-6 ott 1992 | | | | | | | 53 | 67 | 75 | 108 | 77 | 118 | 157 | 174 | 194 |
| 7-10 mag 2000 | | | | 29 | 41 | 55 | 67 | 76 | 87 | 118 | 87 | 120 | 122 | 136 | 136 |
| 6-8 ott 2000 | | | | | | | | 66 | 78 | 98 | 98 | 124 | 142 | 145 | 146 |
| 30 ott- 10 nov 2003 | | | | | | | 44 | 66 | 78 | 98 | 98 | 124 | 142 | 145 | |
| 29 set-1 ott 2000 | | | | | | | | 57 | 74 | 91 | 85 | 99 | 105 | 105 | 109 |
| 6-10 maggio 2004 | | | | | | | 28 | 43 | | | | | | | |
| 10-12 ott 2002 | | | | | | | | | | 97 | | 101 | 112 | 112 | 112 |
| 4-7 nov 1999 | | | | | | | | 56 | 83 | 88 | | 88 | 89 | 110 | 115 |

Tab. 3.8 Classifica dei principali eventi intensi di **media-lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 2** tra il 1992 e il 2004.

| <i>Lunga durata (tr)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|--------|---|---|---|----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17-22 feb 2004 | | | | | | | | | | 3 | | 3 | 4 | 5 | 11 |

| <i>Lunga durata (mm)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17-22 feb 2004 | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 20 | 35 | 57 | 79 | 51 | 80 | 109 | 134 | 160 |

Tab. 3.9 Classifica dei principali eventi intensi di **lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 2** tra il 1992 e il 2004.

Per la zona 2 gli eventi critici più frequenti risultano quelli di media-lunga durata (9 eventi nel periodo 1992-2004) tra cui si segnalano in particolare quelli del **4-9 ottobre 1998** e **3-6 ottobre 1992** (media-lunga durata) in cui si registrarono piogge con tempi di ritorno massimi di 31 anni e 16 anni rispettivamente. Per gli eventi di più breve durata si segnalano invece quelli del **24 settembre 1993** (breve-media durata) e del **10-11 agosto 2002** (media durata) con tempi di ritorno massimi di 17 anni.

ZONA 3

| <i>Breve durata (Tr)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 07-ago-04 | 22 | 12 | 13 | 40 | 103 | 101 | 79 | 52 | 14 | 6 | 8 | | | | |
| 16-set-04 | 16 | 14 | 11 | 6 | 5 | | | | | | | | | | |
| 06-ott-93 | 20 | 14 | 9 | 3 | 3 | 4 | | | | | | | | | |
| 10-mag-96 | 13 | 6 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| 15 e 18 lug 2002 | 8 | 8 | 6 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 11-lug-97 | | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | | | | | | | | | |
| 10-11 e 15 giu 1998 | 3 | 4 | 7 | 5 | 3 | 3 | | | | | | | | | |
| 31-ago-01 | | | | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | |
| 07-lug-01 | 5 | 4 | | | | | | | | | | | | | |

| <i>Breve durata [mm]</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 07-ago-04 | 15 | 24 | 35 | 66 | 83 | 84 | 87 | 88 | 88 | 90 | 88 | | | | |
| 16-set-04 | 14 | 25 | 30 | 37 | 39 | | | | | | | | | | |
| 06-ott-93 | 18 | 22 | 24 | 25 | 28 | 31 | | | | | | | | | |
| 10-mag-96 | 14 | 19 | 21 | | | | | | | | | | | | |
| 15 e 18 lug 2002 | 10 | 22 | 26 | 31 | | | | | | | | | | | |
| 11-lug-97 | | 19 | 26 | 33 | 38 | 38 | | | | | | | | | |
| 10-11 e 15 giu 1998 | 11 | 19 | 28 | 35 | 38 | 39 | | | | | | | | | |
| 31-ago-01 | | | | 29 | 37 | 43 | | | | | | | | | |
| 07-lug-01 | 12 | 19 | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 3.10 Classifica dei principali eventi intensi di **breve durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 3** tra il 1992 e il 2003.

| <i>Breve-media durata (Tr)</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4-10 ago 2002 | 14 | 8 | 6 | 8 | 8 | 7 | 9 | 6 | 8 | 5 | | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 27-28 ago 1995 | | 3 | 3 | 5 | 6 | 5 | 3 | 4 | 6 | 8 | 8 | 4 | 4 | 3 | |
| 03-giu-01 | 3 | 3 | 3 | 7 | 6 | 7 | 6 | 10 | 3 | | | | | | |
| 14-set-98 | | | | 4 | 5 | 6 | 7 | 3 | | | | | | | |
| 05-giu-95 | | | | 3 | 5 | 5 | | | | | | | | | |
| 12-giu-04 | | | | 6 | 7 | 6 | | | 5 | | | | | | |

| <i>Breve-media durata [mm]</i> | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4-10 ago 2002 | 21 | 25 | 34 | 53 | 59 | 59 | 64 | 64 | 89 | 97 | | 97 | 129 | 130 | 130 |
| 27-28 ago 1995 | | 18 | 23 | 35 | 43 | 44 | 44 | 65 | 83 | 110 | 83 | 110 | 110 | 111 | |
| 03-giu-01 | 10 | 16 | 20 | 29 | 33 | 34 | 48 | 60 | 60 | | | | | | |
| 11-15 set 1998 | | | | 32 | 42 | 46 | 52 | 52 | | | | | | | |
| 05-giu-95 | | | | 27 | 41 | 43 | | | | | | | | | |
| 12-giu-04 | | | | 32 | 40 | 43 | | | 77 | | | | | | |

Tab. 3.11 Classifica dei principali eventi intensi di **breve-media durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 3** tra il 1992 e il 2004.

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|----|----|----|--------|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>media durata (Tr)</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7-8 mag 2000 | | | | | | | 6 | 9 | 11 | 4 | 3 | 3 | | | |
| 19-20 set 95 | | | | | | 3 | 8 | 10 | 8 | 4 | 7 | | | | |
| 21-22 ott 2002 | | | | | | | 8 | 9 | 5 | | 3 | | | | |
| 13-14 set 1995 | | | | | | 3 | | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | | | |
| 21 e 23 ott 99 | | | | | | | | 6 | | | | | | | |

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|------|----|----|----|----|--------|----|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>media durata (mm)</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7-8 mag 2000 | | | | | | | 51 | 62 | 74 | 85 | 71 | 86 | | | |
| 19-20 set 95 | | | | | | 38.2 | 65 | 81 | 88 | 91 | 90 | | | | |
| 21-22 ott 2002 | | | | | | | 51 | 60 | 70 | | 68 | | | | |
| 13-14 set 1995 | | | | | | 37.4 | | 52 | 71 | 89 | 7 | 97 | | | |
| 21 e 23 ott 99 | | | | | | | | 67 | | | | | | | |

Tab. 3.12 Classifica dei principali eventi intensi di **media durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 3** tra il 1992 e il 2004.

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|--------|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Media-lunga durata (Tr)</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29-31 ottobre04 | | | | | 5 | 11 | 58 | 143 | 33 | 7 | 11 | | 11 | 7 | 6 |
| 3-7 Ott 1992 | | | | 5 | 4 | 4 | 3 | 6 | 12 | 14 | 10 | 18 | 17 | 24 | 21 |
| 14-18 ott 1996 | 3 | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 20 | 13 | 11 | 12 | 8 | 13 | 13 | 13 | 9 |
| 11-12 ago 1996 | 3 | 4 | 4 | 7 | 9 | 7 | 10 | 8 | 8 | 7 | 6 | 14 | 9 | 6 | |
| 24-26 mag 2002 | | | | | 3 | 3 | | | 4 | 4 | | 3 | 3 | | |

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>media-lunga durata [mm]</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29-31 ottobre04 | | | | | 36 | 41 | 80 | 99 | 101 | 102 | 102 | | 141 | 142 | 140 |
| 3-7 Ott 1992 | | | | 35 | 40 | 43 | 48 | 63 | 87 | 128 | 117 | 167 | 199 | 243 | 243 |
| 14-18 ott 1996 | 12 | 20 | 27 | 39 | 45 | 47 | 76 | 80 | 105 | 143 | 119 | 184 | 219 | 234 | 235 |
| 11-12 ago 1996 | 12 | 17 | 21 | 34 | 42 | 48 | 79 | 80 | 88 | 101 | 91 | 153 | 157 | 157 | |
| 24-26 mag 2002 | | | | | 43 | 46 | | | 82 | 95 | | 104 | 109 | | |

Tab. 3.13 Classifica dei principali eventi intensi di **media-lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 3** tra il 1992 e il 2004.

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|---|----|----|--------|---|----|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>lunga durata (Tr)</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-9 ott 1998 | | | | | | | | 4 | 4 | 6 | | 4 | 16 | 9 | 5 |
| 17-22 feb 2004 | | | | | | | | | | 3 | | | 4 | 4 | 9 |

| | minuti | | | | | ore | | | | | giorni | | | | |
|--------------------------|--------|----|----|----|----|-----|---|----|----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>lunga durata (mm)</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-9 ott 1998 | | | | | | | | 63 | 82 | 103 | | 124 | 174 | 199 | 214 |
| 17-22 feb 2004 | | | | | | | | | | 74 | | | 110 | 131 | 149 |

Tab. 3.14 Classifica dei principali eventi intensi di **lunga durata**: tempi di ritorno massimi e relative precipitazioni, per le durate di pioggia da 5 minuti a 5 giorni, registrati in **zona 3** tra il 1992 e il 2004.

Per la zona 3 tra gli eventi critici individuati sono maggiormente frequenti quelli di breve durata. Tra gli eventi più significativi si segnalano quelli del **7 agosto 2004** (breve durata) con tempo di ritorno massimo di 100 anni circa, del **29-31 ottobre 2004** e del **3-7 ottobre 1992** (media-lunga durata) con tempi di ritorno massimi superiori ai 100 e 24 anni rispettivamente.

Una breve analisi degli eventi sopra evidenziati, per ognuna delle tre zone, è riportata in Appendice 2, dove inoltre sono rappresentate le distribuzioni spaziali delle precipitazioni registrate.

4 Conclusioni

Lo studio ha riguardato la caratterizzazione degli eventi pluviometrici intensi sul territorio della provincia di Venezia attraverso l'analisi, per il periodo 1992-2004, sia delle precipitazioni massime annue che di tutti gli eventi superiori ad una determinata soglia di pioggia giornaliera. Le analisi eseguite, sulla base dei dati forniti dalla rete di stazioni meteorologiche gestite da ARPAV Centro Meteorologico di Teolo e, per alcune stazioni confinanti, dell'Osservatorio Meteorologico del Friuli Venezia-Giulia, hanno permesso di fornire una statistica degli eventi pluviometrici intensi in termini di valori, distribuzione e stagionalità, valida per tre zone distinte del territorio della provincia di Venezia individuate secondo criteri di natura climatologica e geografico-amministrativa (zona 1 meridionale, zona 2 centrale e zona 3 nord-orientale).

Le elaborazioni eseguite sulla base degli eventi massimi annui registrati per diversi intervalli temporali hanno evidenziato come il territorio provinciale sia caratterizzato da tipologie di eventi pluviometrici intensi riconducibili a due grandi gruppi: un primo gruppo rappresentato da eventi di breve durata e di origine prevalentemente convettiva, tipici della stagione estiva che con elevata probabilità si registrano tra giugno e agosto per la zona 1 (>70% dei casi) e tra giugno e settembre per le zone 2 e 3 (>80% dei casi); un secondo gruppo caratterizzato da eventi di più lunga durata e di origine frontale, tipici della stagione autunnale che con maggior frequenza si presentano nei mesi tra ottobre e novembre per la zona 1 e 2 e tra settembre e ottobre per la zona 3. In realtà possono anche coesistere eventi di tipo "misto" ovvero casi di precipitazioni persistenti, di media-lunga durata, associati ad estesi sistemi frontali che, specialmente nei mesi di settembre e ottobre nella zona 3, possono anche generare fenomeni di spiccata instabilità con precipitazioni di tipo convettivo, molto intense e di breve durata. In particolare la zona 3 sembra essere maggiormente esposta al rischio che si verifichino eventi di tipo convettivo nei mesi di settembre e ottobre e che tali eventi siano di tipo misto.

Allo scopo di ampliare i casi di studio e di approfondire l'analisi degli eventi pluviometrici intensi, si sono successivamente presi in considerazione anche tutti gli eventi che hanno superato una soglia di 30 mm giornalieri in almeno due stazioni appartenenti alla stessa zona. L'analisi ha permesso di redigere una sintesi delle principali caratteristiche degli eventi pluviometrici intensi registrati nel corso del decennio in provincia di Venezia, in termini di classi di precipitazione giornaliera, di durata, di intensità, di frequenza e di tempi di ritorno, per ognuna delle tre zone individuate. In particolare l'analisi dei tempi di ritorno, per tutti gli eventi individuati, ha permesso una loro classificazione in termini di criticità valutata attraverso la probabilità di accadimento. Tali informazioni rappresentano la base per affrontare ulteriori studi in termini di causa-effetto in grado

di definire dei valori di soglia pluviometrica finalizzati all'approntamento di un sistema di allertamento tarato sul territorio.

5 Proposte applicative

Lo studio eseguito può rappresentare una importante fonte di informazioni propedeutica all'implementazione di un sistema di allertamento di tipo meteorologico basato sulla definizione di soglie pluviometriche tarate sul territorio. In linea con quanto indicato dalle recenti disposizioni in materia di allertamento ai fini di protezione civile per il rischio idrogeologico ed idraulico e secondo alcuni studi già effettuati, volti alla definizione di valori di soglia in ambiti territoriali omogenei e basati su metodologie di tipo *back analysis* ovvero sulla base dell'analisi dei dati di eventi storici in termini di causa-effetto, si può ipotizzare di utilizzare le informazioni desunte da questo studio per l'implementazione di un innovativo sistema di allertamento, specifico per la Provincia di Venezia. Tale sistema potrà essere approntato secondo le fasi di seguito descritte:

1. Verifica degli effetti registrati sul territorio in occasione degli eventi individuati
2. Individuazione di possibili soglie pluviometriche per diverse durate critiche e diverse zone
3. Messaggistica previsionale tarata sul territorio in base alle zone e alle soglie pluviometriche individuate;
4. Servizio di nowcasting specifico per la provincia di Venezia attraverso il monitoraggio in tempo reale delle precipitazioni (radar e stazioni a terra), elaborazione dei dati per diverse durate di pioggia (1 ,3 ,6 ,12 , 24 ore) per ciascuna stazione/zona con evidenziazione dei livelli di criticità raggiunti in base alle soglie individuate, visualizzazione mediante pagina web di una mappa di pericolosità pluviometrica di rapida interpretazione aggiornata in tempo reale (scala cromatica dei livelli di pericolosità per stazione/zona).

6 Bibliografia e fonti dati

- ARPA Piemonte, 2004, Convenzione tra il Dipartimento per la Protezione Civile e l'ARPA Piemonte per l'assistenza alla gestione delle situazioni di rischio idro-meteorologico sul territorio nazionale, luglio 2004.
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., 1988, Applied Hydrology, McGraw Hill, pp.572.
- DPCM 27.02.2004 "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico a fini di protezione civile", Gazzetta Ufficiale n.59 11-3-2004 Suppl. Ordinario n.39.
- Gumbel E.J., 1941, The return period of floods flows, The Annals of Mathematical Statistics, vol.12, no.2, pp.162-190, June 1941.
- A.R.P.A.V.-Centro Meteorologico di Teolo
- Osservatorio Meteorologico della Regione Friuli Venezia-Giulia, utilizzate per l'analisi del periodo 1992-2004.