

Le precipitazioni di massima intensità annuale

La caratterizzazione degli eventi pluviometrici intensi costituisce un importante strumento a supporto degli studi di pianificazione territoriale e di progettazione delle opere idrauliche.

Contenuti del sito web di ARPAV

Per ciascuna stazione pluviometrica automatica operativa sul territorio regionale da almeno dieci anni sono stati estratti i massimi valori annuali per le precipitazioni della durata di:

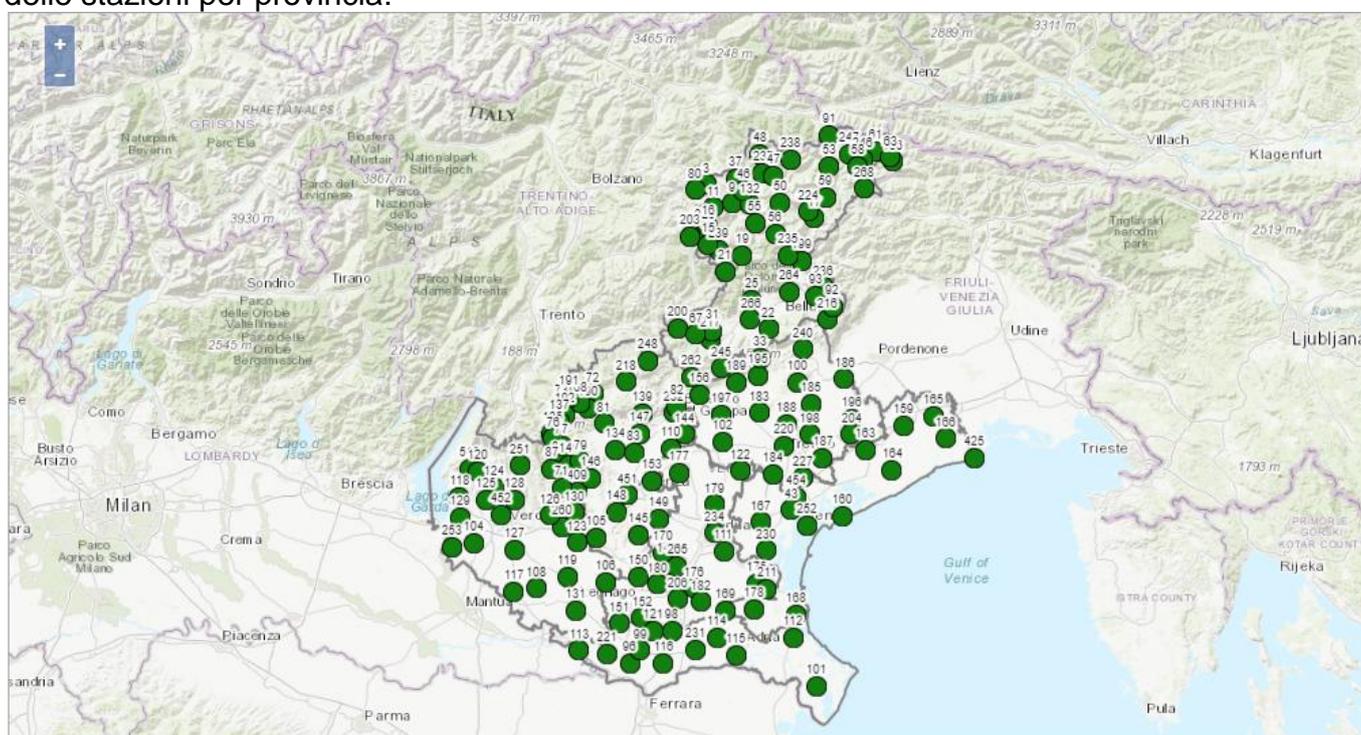
5, 10, 15, 30 e 45 minuti;

1, 3, 6, 12 e 24 ore;

1, 2, 3, 4 e 5 giorni.

Posizionando il cursore sopra uno dei pallini vedi che localizzano le stazioni pluviometriche sulla mappa del Veneto è possibile leggere il nome della stazione.

Selezionando la stazione di interesse dalla mappa o dalla tabella sottostante che riporta l'elenco delle stazioni per provincia:



Stazioni nella provincia di Belluno	
Agordo (19)	Arabba (3)
Auronzo (53)	Belluno - aeroporto (264)
Cansiglio - Tramedere (216)	Caprile (9)
Casamazzagno (247)	Cimacanale (Santo Stefano di Cadore) (61)
Col Indes (Tambre) (92)	Col di Pra' (239)
Cortina d'Ampezzo - Gilardon (237)	Costalta (246)

si accede ad una pagina in cui sono disponibili:

- 1) Informazioni per la localizzazione della stazione quali: quota in metri sul livello del mare, coordinate X e Y nel sistema Gauss Boaga Fuso Ovest (EPSG:4258), Comune e Provincia, date di inizio ed eventualmente di fine attività della stazione pluviometrica.

Stazione **Trebaseleghe**
 Quota **23** (m s.l.m.)
 Coordinate (EPSG:4258) **12.02573694; 45.60240419** (longitudine;latitudine)
 Comune **TREBASELEGHE (Padova)** (m s.l.m.)

- 2) **Tre tabelle dati** rispettivamente riferite alle durate dei minuti (da 5 a 45 minuti), delle ore (da 1 a 24 ore) e dei giorni (da 1 giorno a 5 giorni).

I valori espressi in mm sono le massime precipitazioni misurate nel corso dell'anno nel determinato intervallo temporale (es. 5 minuti consecutivi). Nelle colonne a destra di tali valori viene evidenziata data, ora e minuto (es. 24/08/1995 16:20) di fine dell'evento.

Data ed ora sono **sempre** riferite **all'orario solare**.

I valori da 1 a 5 giorni consecutivi sono riferiti a precipitazioni cadute tra le ore 0:00 e le 24:00 solari.

Anno	Pioggia in mm									
	Durata minuti		Durata ore		Durata giorni		Durata minuti		Durata giorni	
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti
	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora
1995	12.4	24/08/1995 16:20	19.0	24/08/1995 16:25	23.4	24/08/1995 16:30	41.0	24/08/1995 16:40	47.8	24/08/1995 16:55
1996	8.6	28/08/1996 06:20	13.0	28/08/1996 06:25	17.0	28/08/1996 06:30	24.6	28/08/1996 06:35	28.8	30/07/1996 10:50
1997	10.4	29/07/1997 16:30	15.0	29/07/1997 16:30	17.2	18/07/1997 16:15	26.2	18/07/1997 16:30	28.4	18/07/1997 16:45
1998	9.4	28/09/1998 18:35	18.0	28/09/1998 18:35	22.8	28/09/1998 18:40	28.8	28/09/1998 18:45	31.0	28/09/1998 19:00
1999	8.4	10/08/1999 22:30	13.6	08/06/1999 15:25	18.6	08/06/1999 15:30	24.4	10/08/1999 22:50	33.2	13/06/1999 01:30
2000	11.2	12/08/2000 23:50	17.6	12/08/2000 23:55	19.8	11/06/2000 12:00	25.0	11/06/2000 12:00	30.0	28/05/2000 19:45
2001	13.0	20/08/2001 13:40	22.0	20/08/2001 13:40	30.0	20/08/2001 13:45	53.4	20/08/2001 13:55	64.8	20/08/2001 14:05
2002	11.2	18/07/2002 17:50	21.4	18/07/2002 17:55	29.2	18/07/2002 18:00	43.2	18/07/2002 18:10	48.6	18/07/2002 18:15
2003	9.8	18/06/2003 16:00	18.2	18/06/2003 16:05	24.2	27/06/2003 00:25	38.4	18/06/2003 16:25	42.6	18/06/2003 16:30

- 3) Sotto a ciascuna delle tre tabelle dati è presente un'ulteriore tabella con i parametri della distribuzione probabilistica calcolata con il metodo di Gumbel.

Per ciascuna durata temporale sono riportati:

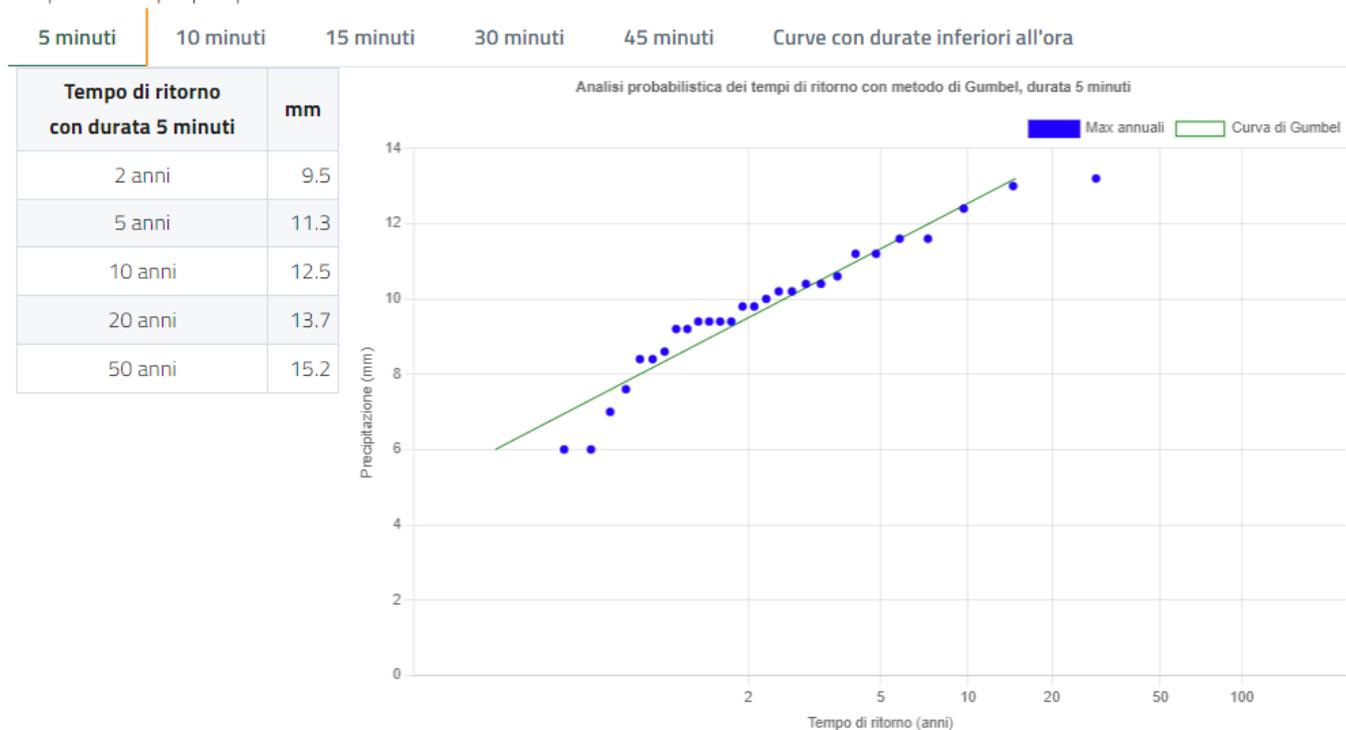
- i dati di numerosità del campione (ovvero il numero di anni per cui sono disponibili i dati di massima precipitazione annuale di una determinata durata temporale);
- la media del campione dati;
- la deviazione standard del campione dati;
- i parametri alfa (α) e mu (μ) della distribuzione probabilistica calcolata con il metodo di Gumbel.

Parametri della distribuzione probabilistica di Gumbel

Parametro	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti
Numerosità (anni)	28	28	28	28	28
Media (mm)	9.77	16.45	21.14	29.69	33.88
Deviazione standard (mm)	1.815	3.565	4.808	8.172	10.296
Alfa	1.613	3.169	4.274	7.262	9.149
Mu	8.91	14.757	18.853	25.812	28.989

4) Sotto a ciascuna delle tre tabelle dati sono, inoltre, collocati dei link per visualizzare i valori dei tempi di ritorno, calcolati con il metodo di Gumbel per ciascuna durata temporale e i parametri della curva di possibilità pluviometrica. Nell'esempio sotto riportato sono stati selezionati i tempi di ritorno relativi ai 5 minuti ma possono essere visualizzati gli equivalenti valori e grafici per 10, 15, 30 e 45 minuti. Possono essere inoltre visualizzate le curve di possibilità pluviometrica per piogge di durata da 5 a 45 minuti.

Tempi di ritorno per precipitazioni con durate



ATTENZIONE:

I valori di precipitazione per un dato tempo di ritorno sono delle stime la cui affidabilità dipende dalla numerosità del campione ovvero dal numero di anni di osservazioni pluviometriche disponibili. Non è opportuno utilizzare valori di precipitazioni con tempo di ritorno elevato in presenza di serie pluviometriche di breve durata.

NOTE

DATA AGGIORNAMENTO - sull'ultima riga di tutte le elaborazioni è riportata la data del loro aggiornamento, con la seguente dicitura:

Aggiornamento del 14/04/2023

In questo caso la data è quella dell'aggiornamento delle serie delle massime precipitazioni annuali e del conseguente calcolo dei parametri; costituisce un utile riferimento per evitare di lavorare con dati non aggiornati.

I dati ed i conseguenti parametri vengono aggiornati dopo la fine di ogni anno, indicativamente verso febbraio o marzo.

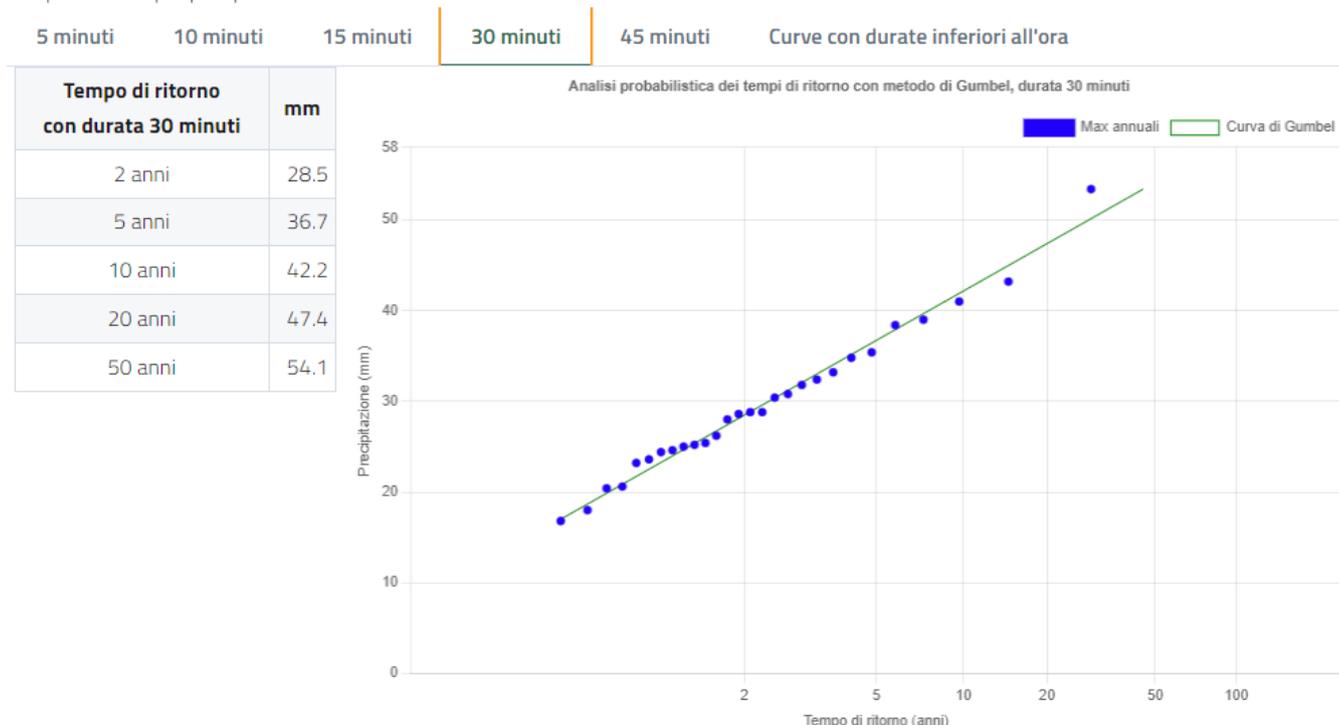
DATI MANCANTI - Nelle tabelle dei dati pluviometrici possono esserci dati mancanti, ovvero la stazione non ha funzionato durante l'evento riconosciuto come di massima intensità o non ha funzionato per un lungo periodo durante l'anno. Quindi nelle tabelle si possono trovare delle celle vuote se mancano i dati dei singoli intervalli temporali o può essere omessa l'intera riga dell'anno se mancano tutti i dati.

Sintetica descrizione dell'analisi con il metodo di Gumbel per la determinazione delle frequenze di accadimento degli eventi pluviometrici estremi.

I valori delle massime precipitazioni annuali per varie durate temporali (**esempio 30 minuti**) relative all'intero periodo di funzionamento della stazione pluviometrica, riportati al precedente punto 2), sono stati utilizzati per stimare una relazione probabilistica tra i quantitativi di precipitazione caduti in un determinato intervallo di tempo e i tempi di ritorno; questi ultimi, espressi in anni, sono degli indicatori della rarità di un evento. Più precisamente il tempo di ritorno T_r esprime il numero di anni per il quale la variabile meteorologica o idrologica di interesse ha un valore contraddistinto dalla probabilità di essere eguagliato o superato mediamente una sola volta; l'evento si ripete mediamente almeno con questa intensità una volta ogni T_r anni.

Per la valutazione del tempo di ritorno è necessario procedere alla regolarizzazione statistica dei dati di precipitazione disponibili individuando la distribuzione teorica di probabilità che meglio si accorda con i valori misurati. Tipicamente sulla nostra regione viene utilizzata la distribuzione di Gumbel nota anche come distribuzione dei valori estremi di tipo 1 (EV1) o legge doppio esponenziale.

Tempi di ritorno per precipitazioni con durate



Distribuzione di Gumbel relativa ai massimi annuali di precipitazioni della durata di 30 minuti registrati dal pluviometro di Trebaseleghe (PD) nel corso di 28 anni. Eventi di 28.5 mm in 30 minuti hanno T_R stimato in 2 anni, eventi di 47.4 mm hanno T_R stimato in 20 anni.

L'equazione della curva di regolarizzazione è $h = 25.812 + 7.262 \cdot y$

Questa distribuzione è rappresentata da una retta in un'apposita carta probabilistica, in cui si utilizzi come unità delle ascisse la cosiddetta variabile ridotta y .

La variabile ridotta y è funzione del solo tempo di ritorno (T_r) secondo la seguente relazione:

$$y = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T_r}{T_r - 1}\right)\right)$$

\ln = logaritmo naturale

Conseguentemente i valori assunti dalla variabile ridotta y per i tempi di ritorno tipicamente utilizzati sono i seguenti:

Tr anni	y
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2504
20	2.9702
50	3.9019

La retta interpolante che descrive la relazione tra quantitativo di precipitazione (h - espresso in mm) e la variabile ridotta y , a sua volta funzione della probabilità di non superamento (Tr), è tracciata con il metodo proposto da Gumbel, che utilizza la retta intermedia passante per il baricentro dei dati del campione e la cui pendenza è la media geometrica delle due pendenze ottenibili effettuando la regressione lineare rispetto alle ascisse ed alle ordinate dei valori.

La relazione di tali rette regolarizzatrici è espressa nella forma :

$$h = \mu + \alpha * y$$

h = altezza pioggia in mm

μ = parametro Mu della tabella sotto riportata

α = parametro Alfa della tabella sotto riportata

y = variabile ridotta

Quindi facendo riferimento alle tabelle presenti nel sito web per le precipitazioni della durata di 30 minuti della stazione di Trebaseleghe:

Parametri della distribuzione probabilistica di Gumbel

Parametro	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti
Numerosità (anni)	28	28	28	28	28
Media (mm)	9.77	16.45	21.14	29.69	33.88
Deviazione standard (mm)	1.815	3.565	4.808	8.172	10.296
Alfa	1.613	3.169	4.274	7.262	9.149
Mu	8.91	14.757	18.853	25.812	28.989



Tempo di ritorno con durata 30 minuti	mm
2 anni	28.5
5 anni	36.7
10 anni	42.2
20 anni	47.4
50 anni	54.1

per il Tr di 2 anni, possiamo ricavare la seguente equazione:

$$h = 25.812 + 7.262 * 0.3665$$

$$\text{ovvero } h = 28.47 \text{ mm}$$

per il Tr di 20 anni, possiamo ricavare la seguente equazione:

$$h = 25.812 + 7.262 \cdot 2.9702 \quad \text{ovvero } h = 47.38 \text{ mm}$$

Si ribadisce il concetto che, poiché i valori di precipitazione per un dato tempo di ritorno sono delle stime la cui affidabilità dipende dalla numerosità del campione ovvero dal numero di anni di osservazioni pluviometriche disponibili, **non è opportuno utilizzare valori di precipitazioni con tempo di ritorno elevato in presenza di serie pluviometriche di breve durata.**

Le Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica esprimono le relazioni tra altezza di pioggia (h) e durata della pioggia (t) in riferimento alla frequenza di accadimento (Tr).

La formula classica delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è data dalla relazione:

$$h = a * t^n$$

che esprime la legge fisica per cui l'intensità della precipitazione diminuisce con la durata dell'evento.

Per la stima dei parametri si è proceduto utilizzando, per ciascuna stazione pluviometrica, le equazioni di regolarizzazione precedentemente descritte. Per valori di tempo di ritorno prefissati si calcolano le relative altezze di precipitazione per i diversi intervalli di durata (minuti da 5 a 45, ore da 1 a 24 e giorni da 1 a 5).

Ciascuna di queste serie di 5 punti (relativi rispettivamente agli intervalli di minuti ore e giorni) viene approssimata dalla curva avente relazione $h=a*t^n$ determinandone i parametri che meglio garantiscono l'interpolazione.

Più in dettaglio operando su base logaritmica la relazione sopraccitata assume configurazione rettilinea, diventando:

$$\lg h = \lg a + n \lg t$$

E' così possibile determinare la retta di regressione dei punti secondo il metodo dei minimi quadrati, calcolano il coefficiente angolare (n) e l'intercetta sull'asse delle ordinate (lg a).

Tempi di ritorno per precipitazioni con durate

1 ora

3 ore

6 ore

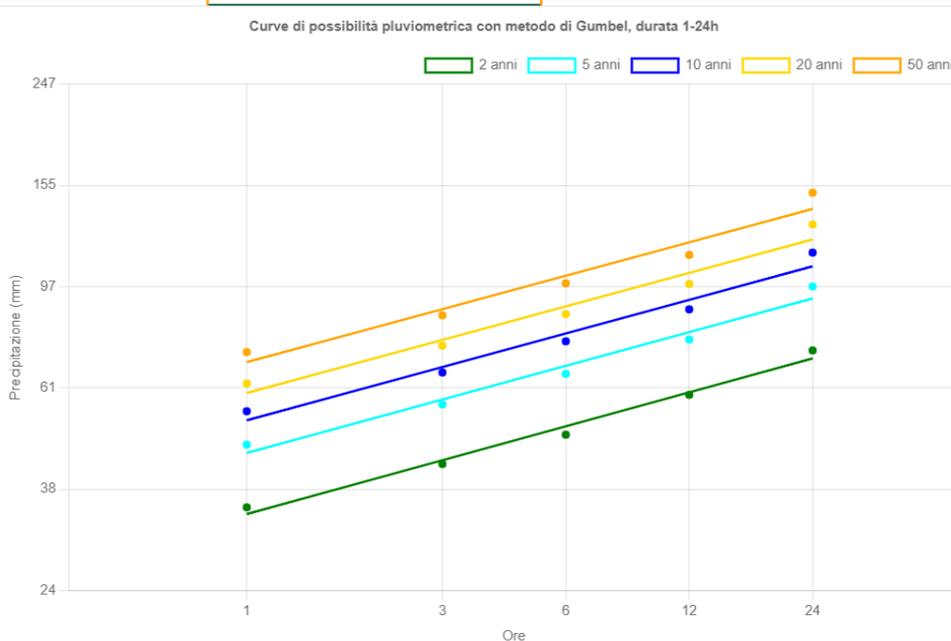
12 ore

24 ore

Curve con durate da 1 a 24 ore

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	33.938	0.226
5 anni	44.995	0.224
10 anni	52.315	0.224
20 anni	59.337	0.223
50 anni	68.427	0.223



Aggiornamento del 14/04/2023.

Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per precipitazioni di durata compresa tra 1 ora e 24 ore per tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20 e 50 anni relative alla stazione di Trebaseleghe (PD).

Quindi facendo riferimento alla tabella presente nel sito web dei parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h della stazione di Trebaseleghe:

Per il Tempo di ritorno di 2 anni abbiamo l'equazione:

$$h = 33.938 * t^{0.226}$$

per t = 3 ore h = 43.50 mm

per t = 12 ore h = 59.51 mm

Per il Tempo di ritorno di 20 anni abbiamo l'equazione:

$$h = 59.337 * t^{0.223}$$

per t = 3 ore h = 75.81 mm

per t = 12 ore h = 103.27 mm

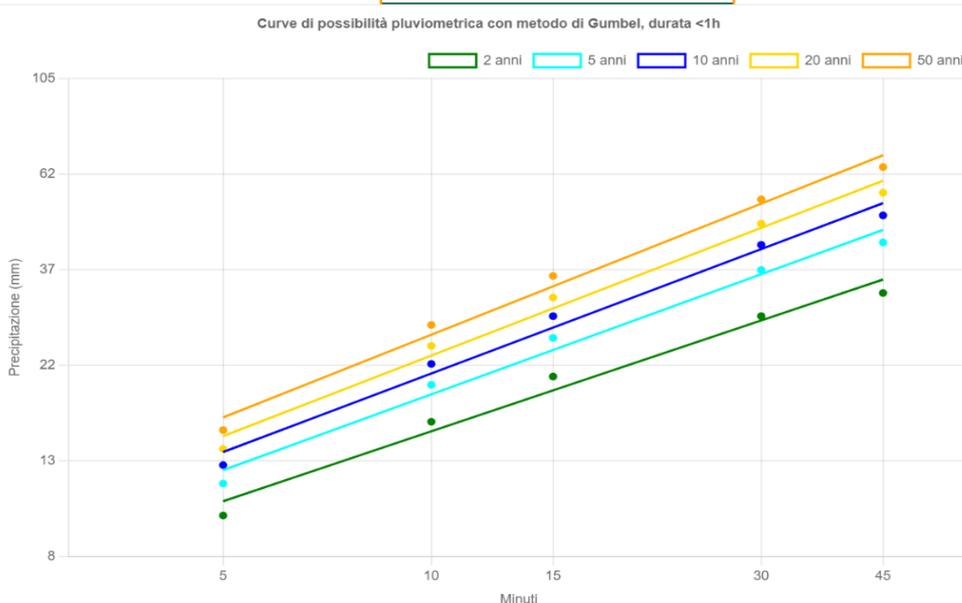
Per le durate dei minuti il parametro t va sempre espresso in ore:

Tempi di ritorno per precipitazioni con durate

5 minuti 10 minuti 15 minuti 30 minuti 45 minuti **Curve con durate inferiori all'ora**

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata <1h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	40.865	0.556
5 anni	54.42	0.602
10 anni	63.441	0.623
20 anni	72.119	0.64
50 anni	83.377	0.657



Aggiornamento del 14/04/2023.

$$t = (1/60) * \text{numero di minuti}$$

ovvero:

minuti	t
5	0.083333
10	0.166667
15	0.25
30	0.5
45	0.75

Quindi per la durata di 10 minuti e per il tempo di ritorno di 20 anni l'equazione è:

$$h = 72.119 * 0.166667^{0.640}$$

ovvero h = 22.91 mm.

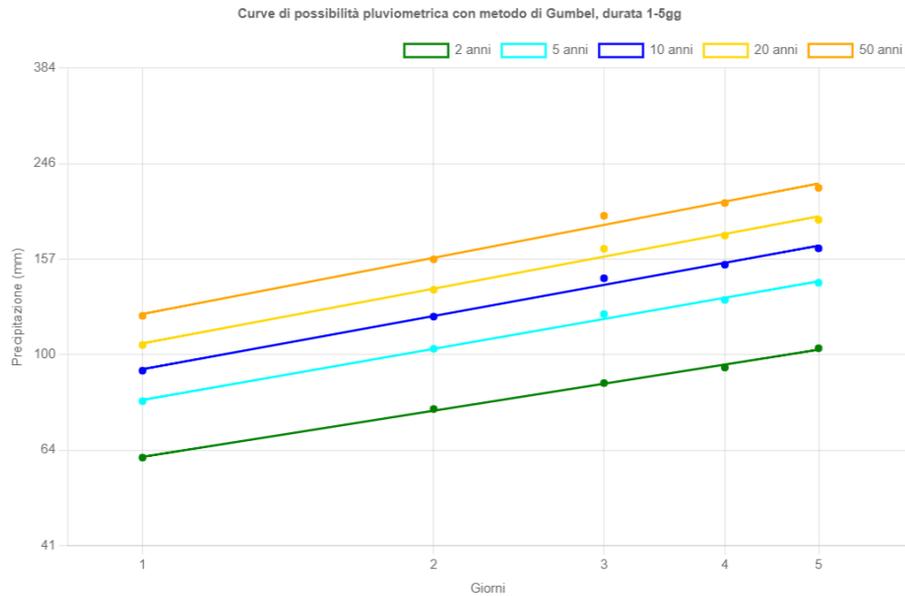
Anche per le durate dei giorni il parametro t va sempre espresso in ore:

Tempi di ritorno per precipitazioni con durate

1 giorno 2 giorni 3 giorni 4 giorni 5 giorni **Curve con durate da 1 a 5 giorni**

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-5gg (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	23.003	0.312
5 anni	27.02	0.346
10 anni	29.837	0.36
20 anni	32.601	0.37
50 anni	36.236	0.38



Aggiornamento del 14/04/2023.

ovvero:

giorni	t
1	24
2	48
3	72
4	96
5	120

Quindi per la durata di 2 giorni e per il tempo di ritorno di 20 anni l'equazione è:

$$h = 32.601 * 48^{0.37}$$

ovvero h = 136.55 mm.

BIBLIOGRAFIA

Bixio V., Fiume A. (2002) - *“Caratterizzazione delle piogge intense sul bacino scolante nella laguna di Venezia”* ARPAV, Padova.

Bixio V., Fiume A., E. Alessi Celegon, C. Vazzoler, S. Zanetti (2011) - *“Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l’individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento”* Nordest Ingegneria S.r.l., Unione Veneta Bonifiche, Venezia.

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. (1988) - *“Applied hydrology”* McGraw-Hill, New York.

Gumbel E.J. (1958) - *“Statistics of extremes”* Columbia University Press, New York.

Fioravanti G. (2014) - *“Analisi statistica degli estremi di precipitazione in Italia”* ISPRA, Roma.

Maidment D.R., Mays L.W. (1992) - *“Handbook of hydrology”* McGraw-Hill, New York.