

GLI EVENTI ESTREMI , EFFETTI AL SUOLO DELLA PRECIPITAZIONE DI FORTE INTENSITA' E BREVE DURATA DEL 10 SETTEMBRE 2016 IN OSTUNI (BR)

Emanuele Giaccari
DICEM - Università della Basilicata

Keywords: Ostuni, eventi estremi, piogge intense.

Introduzione

L'estensione, nel recente passato, sia del centro urbano di Ostuni che degli insediamenti sul litorale marino nonché il potenziamento delle infrastrutture di trasporto, quali la costruzione della S.S. 379 ed il raddoppio della linea ferroviaria, hanno trasformato il territorio di Ostuni irreversibilmente tanto da pregiudicare il deflusso idrico superficiale naturale dei 10 bacini costieri.

Un ulteriore elemento che ha influenzato l'idrologia superficiale del territorio è stato il lungo periodo di siccità che ha colpito la Puglia negli anni '90: durante tale lasso di tempo le sezioni utili dei corsi d'acqua naturali sono stati ristretti, se non occultati.

La ripresa dell'andamento meteorico normale, anzi anche con piovosità eccezionali rispetto alle medie, ha dunque trovato impreparato il territorio ed ha messo in evidenza tutte le carenze delle infrastrutture di drenaggio tanto che, negli ultimi venti anni, in più occasioni, ha provocato ingenti danni materiali: infrastrutture viarie crollate sotto lo scorrere delle acque, crollo dei muretti interpoderali e allagamento dei terreni agricoli (di conseguenza danni alle coltivazioni), cedimento delle sponde dei canali e dei terrapieni delle lame, danni alle abitazioni private, invasione incontrollata di interi villaggi turistici da parte di fango e detriti, rottura e scomparsa di dune e spiagge.

Si è dunque riscontrato che il rischio idraulico inerente alle alluvioni nel territorio di Ostuni è causato dalle elevatissime portate di piena che possono formarsi in occasione di eventi meteorici di particolare intensità, persistenza ed estensione

In questo lavoro si è analizzato con dettaglio l'ultimo evento di pioggia, 10 settembre 2016, che ha causato dannose alluvioni sul territorio di Ostuni riscontrate su infrastrutture e immobili come riconosciuto dal ministero delle politiche agricole alimentari e forestali con il decreto del 5 dicembre 2016 "Dichiarazione dell'esistenza del carattere di eccezionalità degli eventi calamitosi verificatisi nella Regione Puglia".

Declaratoria del carattere di eccezionalità degli eventi atmosferici

È dichiarata l'esistenza del carattere di eccezionalità degli eventi calamitosi elencati a fianco delle sotto indicate province per i danni causati alle strutture aziendali nei sottoelencati territori agricoli, in cui possono trovare applicazione le specifiche misure di intervento previste del decreto legislativo 29 marzo 2004, n. 102, nel testo modificato dal decreto legislativo 18 aprile 2008, n. 82; Brindisi: piogge alluvionali del 10 settembre 2016; provvidenze di cui all'art. 5 comma 3 nel territorio dei comuni di Cisternino, Ostuni. (GU, 2016).

I risultati dell'analisi hanno dimostrato che, pur non trattandosi di un evento con un periodo di ritorno particolarmente eccezionale, la sua intensità è responsabile dei notevoli danni registrati sul territorio.

L'analisi è stata condotta elaborando i dati di pioggia a disposizione per valutare le curve di possibilità pluviometrica di Ostuni e ad analizzare in dettaglio l'evento, che ha avuto una durata piuttosto breve.

I dati di pioggia sono stati forniti dal Centro Funzionale Decentrato della Protezione Civile della Regione Puglia Area per il periodo che va dal 1958 al 2016, per la stazione di Ostuni Coordinate 40°43'32,64" N , 17°34'40,32" E.

Nel caso in studio, pur riconoscendo il ruolo che altri fattori (geomorfologia, umidità del suolo, urbanizzazione ecc) hanno sul fenomeno in questione, si è analizzata la sola intensità di pioggia sul territorio di Ostuni, riferita alla sua durata di 1 ora, supponendo costanti le altre variabili.

Il lavoro pur non risultando esaustivo offre risultanti importanti che rappresentano una buona banca dati per un GIS da utilizzare per l'elaborazione di modelli previsionali.

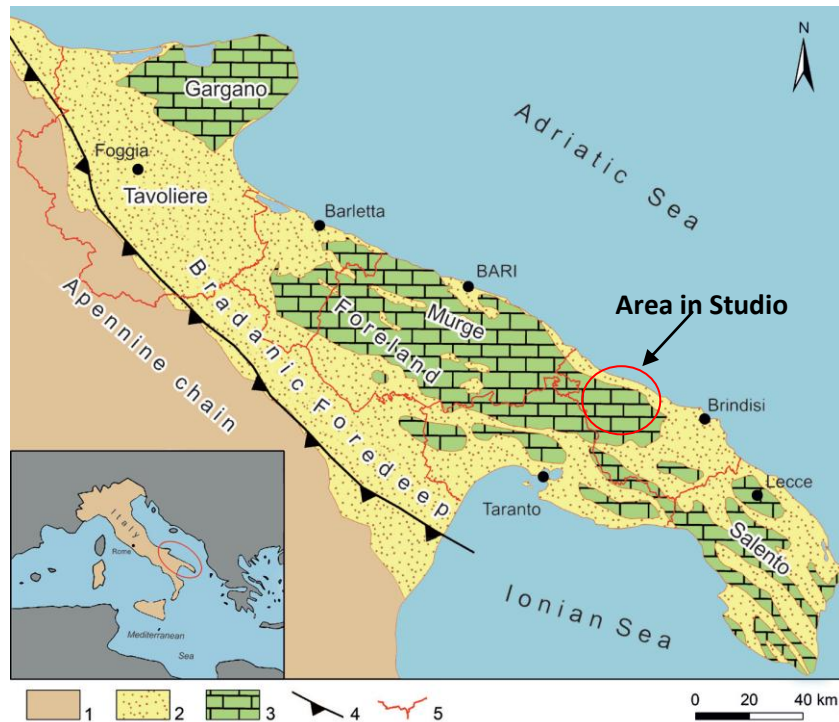


Fig. 1. – Ubicazione dell'area in studio e carta geologica schematica della regione Puglia (da Pieri et al., 1997, mod.).

Legenda

- 1) territori della catena appenninica;
- 2) aree di avanfossa, colmate da sedimenti di età tardo cenozoica (Pliocene - Quaternario);
- 3) aree di avampaese, caratterizzate da estesi affioramenti di rocce calcaree di età compresa tra il Mesozoico ed il Quaternario;
- 4) fronte della catena appenninica;
- 5) limiti amministrativi provinciali e regionali.

1.0 Analisi delle precipitazioni

Le elaborazioni dei dati a disposizione, Annali idrologici Regione Puglia 1929-2016 (Istituto idrografico e mareografico e Protezione Civile - Regione Puglia) sono state finalizzate alla individuazione della relazione statistica che lega l'altezza di pioggia h alla durata d ed al tempo di ritorno T , nota in idrologia, come curva di possibilità pluviometrica (curva di possibilità climatica, curva di possibilità pluviometrica, CPP, linea segnalatrice di probabilità pluviometrica, curva segnalatrice di possibilità climatica, curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, curva di probabilità pluviometrica) che vien espressa nella nota forma monomia:

$$h(T) = a(T) * d^{n(T)} \quad (1)$$

dove a ed n , funzione di T (5, 10, 20, 50, 100 e 500 anni), sono stati stimati sulla base delle serie storiche pubblicati negli Annali tra il 1958 e il 2016 dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate 1,3,6,12 e 24 ore.

Si è ipotizzato che, per qualunque durata d , i valori di h seguono la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel (EV1), poiché la stessa meglio approssima la curva di frequenza cumulata dei campioni.

Quindi si è verificata la bontà di adattamento mediante il test statistico di Pearson o del χ^2 . Secondo la distribuzione di Gumbel la probabilità P di non superamento di un generico valore dell'altezza di pioggia h , di assegnata durata d , è esprimibile come:

$$P(h) = \exp[-\exp[-\alpha \cdot (h - \nu)]] \quad (2)$$

ed in forma esplicita

$$h = \nu - 1/\alpha \cdot \ln \ln[P(h)] \quad (3)$$

dato che sussiste la relazione

$$P = (T-1)/T$$

la 3 diviene:

$$h(T) = \nu - 1/\alpha \cdot \ln \ln[T/(T-1)] \quad (4)$$

in cui compaiono i due parametri α e ν , che vengono di norma stimati attraverso il metodo dei momenti o della massima verosimiglianza.

Il primo metodo si usa quando si vuole privilegiare i valori di entità più elevata, mentre il secondo (quello della massima verosimiglianza) fornisce invece una curva che rispetta maggiormente i pesi rappresentati dalle frequenze cumulate, per cui non si lascia influenzare eccessivamente da singoli valori molto elevati.

Nel caso di specie i parametri sono stati stimati col metodo dei momenti:

$$\alpha = 1,283/\sigma(h) \quad (5)$$

$$\nu = \mu(h) - 0,45 \cdot \sigma(h) \quad (6)$$

funzione degli statistici $\mu(h)$ media e $\sigma(h)$ varianza della serie storica dei dati.

Dalla elaborazione dei dati di pioggia di Ostuni si è ottenuta la seguente tabella 1 che riporta anche i parametri della Gumbel

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
$\mu(h)$	32,73	43,55	51,25	62,21	74,29
$\sigma(h)$	14,02	15,76	16,29	19,32	24,40
$\nu = \mu - 0,45\sigma =$	26,42	36,46	43,92	53,51	63,31
$\alpha = 1,283/\sigma =$	0,0915	0,0814	0,0788	0,0664	0,0526

Tabella 1 Media, deviazione standard e parametri della Gumbel della serie storica 1958-2016 in Ostuni

Stimati questi parametri si può ricavare dalla 4) l'altezza di pioggia massima h di durata 1, 3, 6, 12 o 24 ore per qualsivoglia valore del tempo di ritorno T : $h_{max 1, T}$, $h_{max 3, T}$, $h_{max 6, T}$, $h_{max 12, T}$, $h_{max 24, T}$ (Tabella 2)

durata (ore)	T= 5	T=10	T=20	T=50	T=100	T=500
1	42,81	51,01	58,88	69,06	76,70	94,33

3	54,88	64,10	72,95	84,39	92,97	112,79
6	62,97	72,50	81,64	93,47	102,33	122,82
12	76,11	87,41	98,25	112,28	122,80	147,10
24	91,84	106,11	119,80	137,53	150,81	181,50

Tabella 2 – Altezze di pioggia massime (mm) di assegnata durata e tempo di ritorno

Trattandosi di una legge di potenza, a ed n sono stati stimati tramite regressione lineare sui logaritmi di h e d con l'interpolazione potenza del foglio di calcolo Excel.

Le funzioni monomie assumono, nel caso di Ostuni, in relazione al periodo di ritorno T , le seguenti formule:

5 anni	10 anni	20 anni	50 anni	100 anni	500 anni
$h = 42,24d^{0,238}$	$h = 50,02d^{0,227}$	$h = 57,48d^{0,220}$	$h = 67,14d^{0,212}$	$h = 74,37d^{0,208}$	$h = 91,08d^{0,200}$
$R^2 = 0,996$	$R^2 = 0,991$	$R^2 = 0,987$	$R^2 = 0,981$	$R^2 = 0,977$	$R^2 = 0,968$

Tabella 3 Equazione delle curve monomie $h = ad^n$ per diversi tempi di ritorno

R^2 è il coefficiente di regressione che rappresenta una misura del legame tra la variabile dipendente y e quella indipendente x .

$R^2 = 1$ perfetto adattamento del modello ai dati;

$R^2 = 0$ nessun adattamento del modello ai dati.

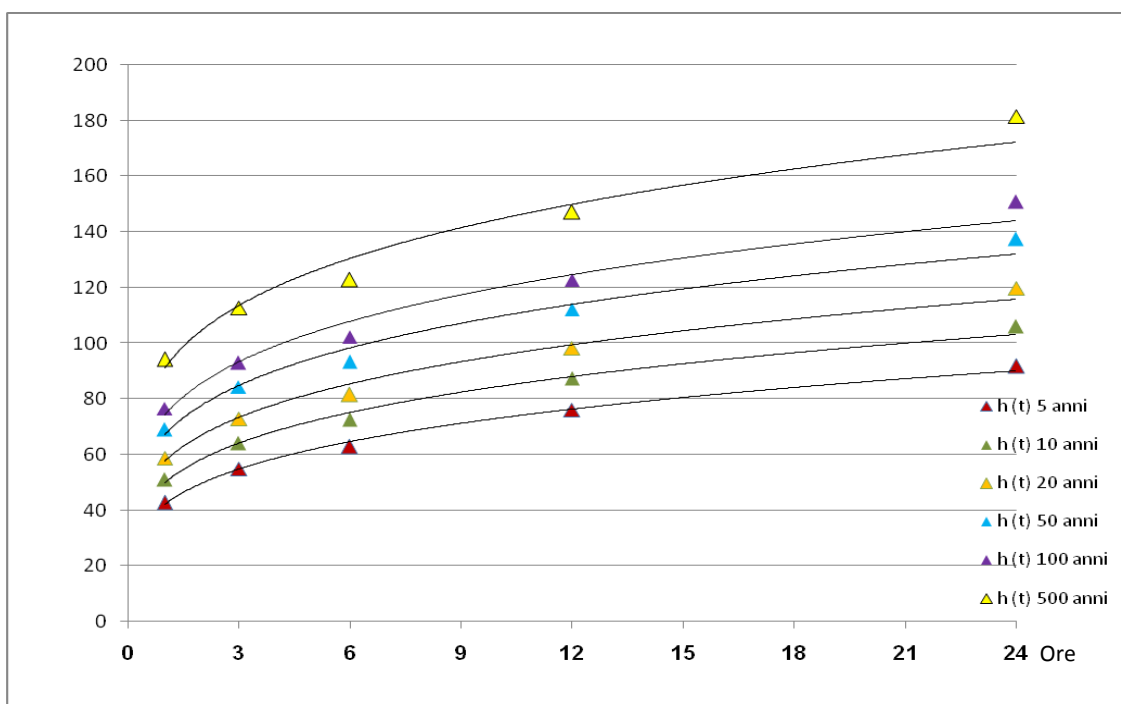


Fig. 2 – Rappresentazione grafica delle CPP in Ostuni, $h(d,T) = ad^n$ per $1 < d < 24$ ore etichettate per diversi periodi di ritorno T

Queste curve di probabilità pluviometrica forniscono le altezze di pioggia massime per qualsiasi durata e per un determinato periodo di ritorno T .

2.0 Test di Pearson o χ^2

Per ogni tempo di pioggia si è verificato se la distribuzione di Gumbel si adatti ai dati pluviometrici a disposizione.

Il metodo adottato consiste nell'usare come indice di adattamento la grandezza χ^2 del test di Pearson che serve per controllare l'ipotesi che il campione effettivamente provenga da una certa distribuzione (ma non che i valori dei parametri siano effettivamente uguale a quelli stimati, che sono stati ricavati dal campione).

Come è noto, suddividendo il campo di esistenza della variabile casuale x in k intervalli ($k=10$) che si escludono a vicenda e indicando con p_i la probabilità che una osservazione qualsiasi ricada nell' i -esimo intervallo, con N_i , il numero delle osservazioni che effettivamente vi ricadono e con $N=56$ la dimensione del campione, la grandezza χ^2 (che è una variabile casuale, in quanto funzione degli elementi del campione), risulta definita dall'espressione

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - Np_i)^2}{Np_i} \quad (7)$$

Dato l'elevato numero N (pari a 56 nel caso di Ostuni) la grandezza χ^2 si può pensare distribuita come una χ^2 con $k-s-1 = 7$ gradi di libertà (gdl), $s=2$ numero dei parametri della distribuzione teorica considerata.

Nell'esecuzione del test si sceglie il numero k degli intervalli uguale alla parte intera di $N/5$. (nel caso di specie $k=56/5$ è stato approssimato per comodità a 10) e si adotta la regola dell'equiprobabilità, cioè si fissano gli estremi degli intervalli in modo tale che la p_i sia la stessa per tutti gli intervalli, e quindi uguale a $1/k=0,1$.

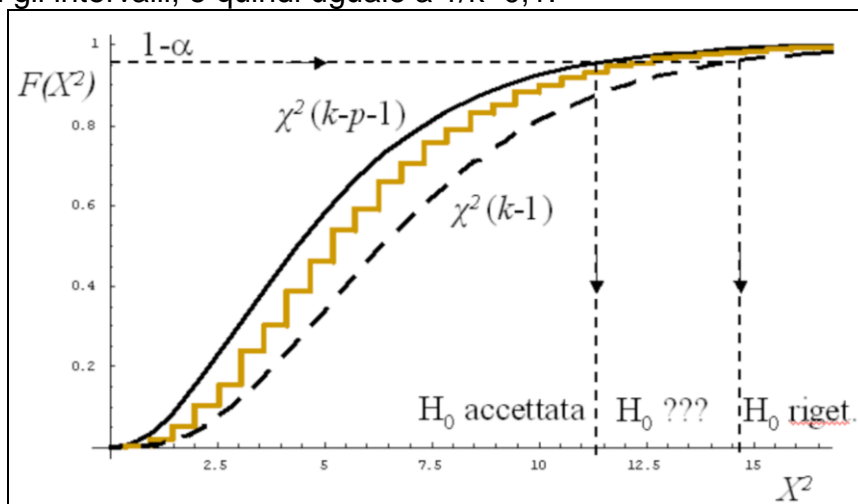


Fig. 3 Rappresentazione grafica dei limiti di accettazione del test Pearson

L'ipotesi statistica è dunque:

H_0 = campione in esame segue la legge di distribuzione di Gumbel, in tutti i 5 casi (durata degli eventi 1,3,6,12,24 ore);

il livello di significatività del test è stato fissato $\alpha = 0,05$ a cui corrisponde $\chi^2 = 14,067$ per gdl =7 ($k-s-1$).

1 ORA	$u=\mu-0,45*\sigma=26,42$			$\alpha=1,283/\sigma=0,0915$		
pi	P(xi)	xi	Ni	Npi	(Ni-Npi) ²	F/E
0,1	0,1	17,3	6	5,6	0,16	0,029
0,1	0,2	21,2	6	5,6	0,16	0,029
0,1	0,3	24,4	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,4	27,4	8	5,6	5,76	1,029
0,1	0,5	30,4	3	5,6	6,76	1,207
0,1	0,6	33,8	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,7	37,7	1	5,6	21,16	3,779
0,1	0,8	42,9	6	5,6	0,16	0,029
0,1	0,9	51,1	8	5,6	5,76	1,029
0,1	1	80	6	5,6	0,16	0,029
			56		$\chi^2=$	7,571<14,07
3 ORE	$u=\mu-0,45*\sigma=36,46$			$\alpha=1,283/\sigma=0,0814$		
pi	P(xi)	xi	Ni	Npi	(Ni-Npi) ²	F/E
0,1	0,1	26,2	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,2	30,6	9	5,6	11,56	2,064
0,1	0,3	34,2	3	5,6	6,76	1,207
0,1	0,4	37,6	4	5,6	2,56	0,457
0,1	0,5	41	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,6	44,7	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,7	49,1	3	5,6	6,76	1,207
0,1	0,8	54,9	8	5,6	5,76	1,029
0,1	0,9	64,2	4	5,6	2,56	0,457
0,1	1	90	8	5,6	5,76	1,029
			56		$\chi^2=$	7,929<14,07
6 ORE	$u=\mu-0,45*\sigma=43,92$			$\alpha=1,283/\sigma=0,0788$		
pi	P(xi)	xi	Ni	Npi	(Ni-Npi) ²	F/E
0,1	0,1	33,4	9	5,6	11,56	2,064
0,1	0,2	37,9	4	5,6	2,56	0,457
0,1	0,3	41,6	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,4	45,1	3	5,6	6,76	1,207
0,1	0,5	48,6	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,6	52,5	2	5,6	12,96	2,314
0,1	0,7	57,1	8	5,6	5,76	1,029
0,1	0,8	63	6	5,6	0,16	0,029
0,1	0,9	72,5	6	5,6	0,16	0,029
0,1	1	90	6	5,6	0,16	0,029
			56		$\chi^2=$	7,571<14,07
12 ORE	$u=\mu-0,45*\sigma=53,51$			$\alpha=1,283/\sigma=0,0664$		
pi	P(xi)	xi	Ni	Npi	(Ni-Npi) ²	F/E
0,1	0,1	41	8	5,6	5,76	1,029
0,1	0,2	46,4	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,3	50,7	4	5,6	2,56	0,457
0,1	0,4	54,8	5	5,6	0,36	0,064

0,1	0,5	59,1	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,6	63,7	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,7	69,1	4	5,6	2,56	0,457
0,1	0,8	76,1	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,9	87,40	7	5,6	1,96	0,350
0,1	1	100	6	5,6	0,16	0,029
			56		$\chi^2=$	2,929<14.07
24 ORE	$u=\mu-0,45*\sigma=63,31$			$\alpha=1,283/\sigma=0,0526$		
pi	P(xi)	xi	Ni	Npi	(Ni-Npi) ²	F/E
0,1	0,1	47,5	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,2	54,3	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,3	59,8	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,4	65	7	5,6	1,96	0,350
0,1	0,5	70,3	5	5,6	0,36	0,064
0,1	0,6	76,1	4	5,6	2,56	0,457
0,1	0,7	83	8	5,6	5,76	1,029
0,1	0,8	91,9	3	5,6	6,76	1,207
0,1	0,9	106,40	6	5,6	0,16	0,029
0,1	1	200	6	5,6	0,16	0,029
			56		$\chi^2=$	3,643<14.07

Tabella 4 Risultati del test di Verifica confronto del χ^2

Poiché il valore di $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$ per tutti i cinque casi analizzati l'ipotesi H_0 non è rigettata ; il test risulta verificato.

Si può senz'altro affermare la bontà dell'adattamento alla distribuzione di Gumbel.

In ogni caso l'adattamento della distribuzione esaminata alle osservazioni è tanto migliore quanto più basso è il valore di χ^2 .

3.0 Piogge intense di durata inferiore a 1 ora

Le CCP, come in tabella 3, sono state ricavate elaborando dati di pioggia massima di durata superiore all'ora, ma è stato dimostrato che le altezze di pioggia massime, ottenute in corrispondenza di durate inferiori all'ora (fig. 4), sono una sovrastima dei valori che possono effettivamente verificarsi.

Per la stima delle piogge intense di durata inferiore a 1 ora ($d < 1$ ora) le procedure consistono nell'estrapolare i dati delle curve di possibilità pluviometrica già trovate mediante l'adozione di equazioni del tipo:

$$\begin{array}{lll}
 h = at^n & h = \frac{at}{b+t} & h = a(1 - e^{-bt}) \\
 h = \frac{at}{(1+bt)^n} & h = \frac{at}{(b+t)^n} & h = \frac{at}{b+t^n}
 \end{array}$$

proposte da diversi autori (*Modica, et alii 1970*) o l'uso di rapporti fissi come ad esempio:

$$\rho(t) = \frac{h_T(t)}{h_T(1)} = 1,015 \cdot t^{433} \quad (8)$$

In cui:

$h_T(1)$ è la pioggia di un ora per il dato tempo di ritorno T (tabella 2) .

Bell (1969) ha elaborati dati di pioggia di brevissima durata registrati in diverse parti del mondo (USA, Australia) ed è pervenuto ad una formula che consente di stimare le altezze massime di pioggia di durata inferiore all'ora e di dato tempo di ritorno nel modo seguente:

$$h(d)T = h(1)T \cdot (0,54 \cdot d^{0.25} - 0,5) \quad (9)$$

Con essa si possono calcolare le piogge di durata inferiore all'ora e tempo di ritorno T, in funzione del valore $h(1)T$, pioggia di un ora fornito dalla CCP, relativa allo stesso tempo di ritorno T.

Il suddetto calcolo è stato necessario poiché il fenomeno del 10 settembre 2016 ha una durata breve.

Nella figura 4 si riportano le CPP estese ad un periodo inferiore all'ora ($d < 1$ ora) così come ottenute dalle elaborazioni statistiche e non corrette da alcun coefficiente mentre nelle figure 5 e 6 si rappresentano le CPP riportate in tabella 3 corrette rispettivamente da Cancellieri et al (2003) e da Bell.

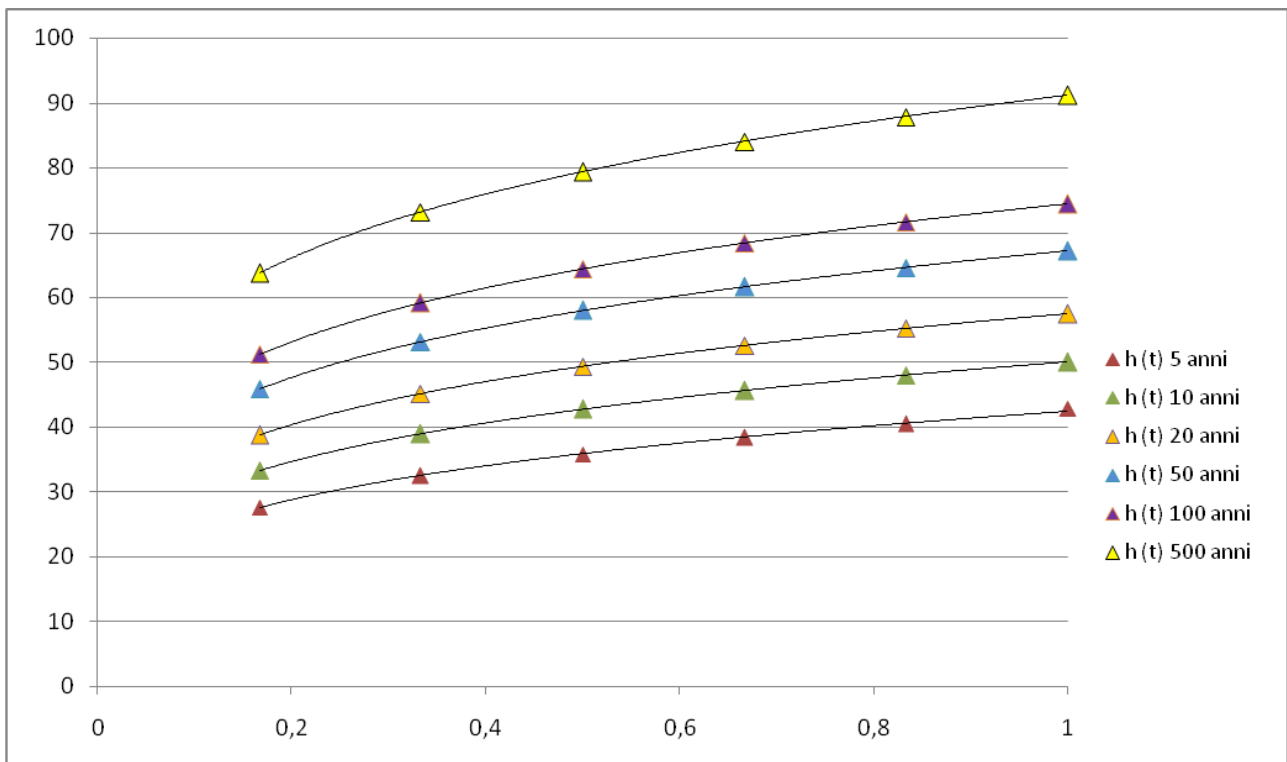


Fig. 4 - CPP secondo Gumbel estese a meno di 1 ora, non corrette

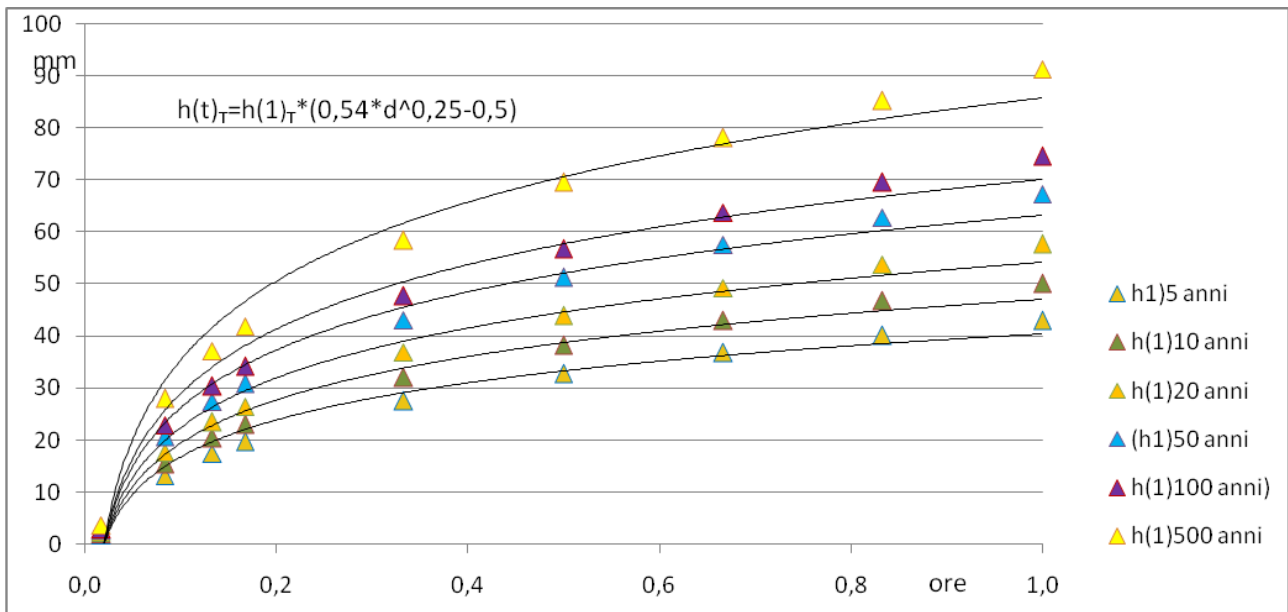


Fig. 5 - CCP modificate (Bell - 1969)

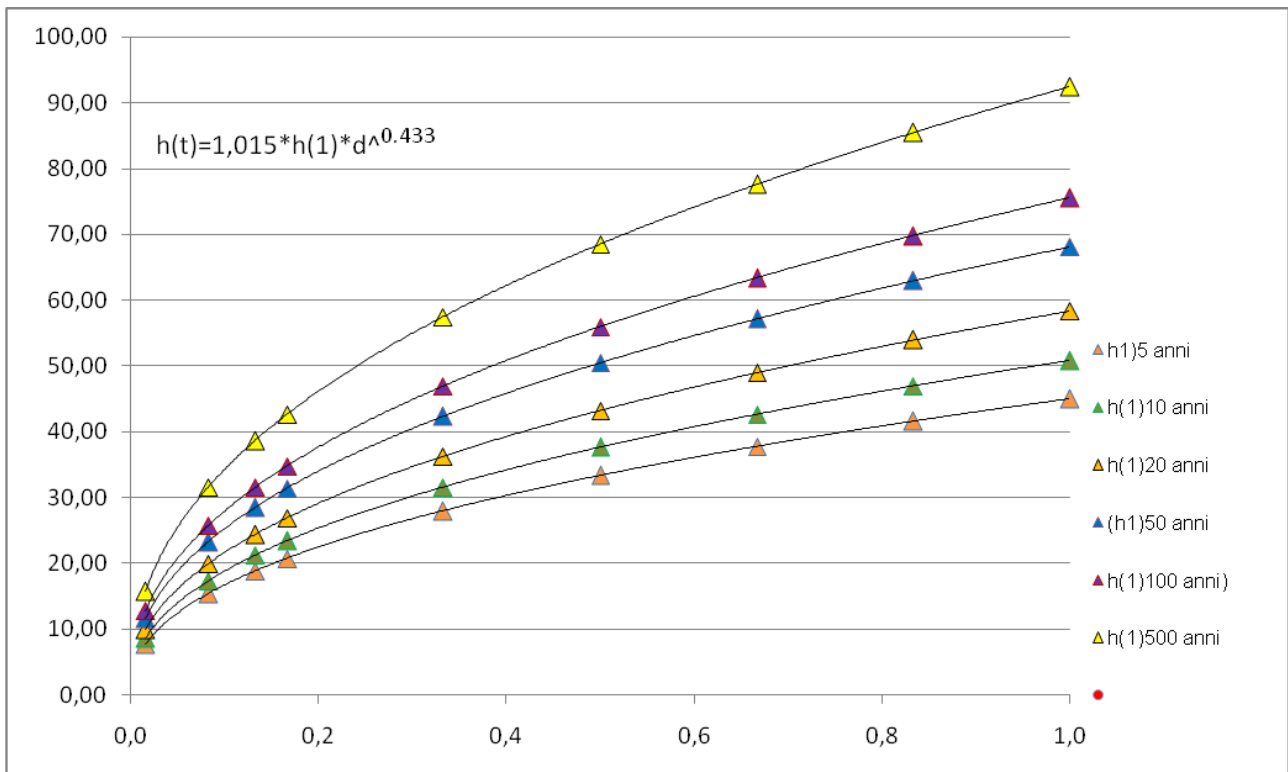


Fig. 6 - CPP modificate: metodo del "rapporto fisso" (Modica et al, 1970)

4.0 L'intensità di precipitazione

Una particolare attenzione va posta all'intensità di precipitazione $i_m(d, T)$ che spesso è responsabile dei casi di pericolo idraulico.

Infatti all'aumentare della durata, l'evento estremo è caratterizzato da un'altezza di pioggia crescente e da un'intensità decrescente, mentre gli eventi di breve durata, che hanno bassi valori di altezza di pioggia, sono caratterizzati da intensità molto elevate.

Questa considerazione ci fa concludere facilmente come sia maggiormente grave un evento di breve durata rispetto ad uno di lunga durata.

E' pur vero che all'aumentare della durata aumenta il volume d'acqua complessivamente precipitato sul bacino ma, in questo caso, il volume si distribuisce nel tempo con un'intensità media che diminuisce in relazione all'aumentare della durata.

Alcune opere idrauliche (vasche di laminazione ed invasi) sono progettate considerando eventi lunghi proprio perché caratterizzati da grossi volumi di precipitazione, mentre altre opere idrauliche (fognatura e canali di drenaggio, deflussi superficiali da regimare su canali naturali) quelle di nostro interesse, per intenderci, necessitano della considerazione di eventi brevi proprio perché caratterizzati da fortissima intensità di pioggia.

La relazione che intercorre tra l'intensità media di precipitazione e la durata è:

$$i_m(d, T) = ad^{n-1} \tag{10}$$

dove:

$i_m = h/d$ è il rapporto tra l'altezza di pioggia e la durata.

Si evidenzia che essendo $n < 1$, $n-1$ risulta minore di zero, di conseguenza la curva $i_m = i(d)$ ha un andamento decrescente (fig. 7).

Nella seguente figura 1 si riporta il grafico relativo alle CPP di tabella 3 del territorio di Ostuni e la relativa curva d'intensità di pioggia calcolata con la 10.

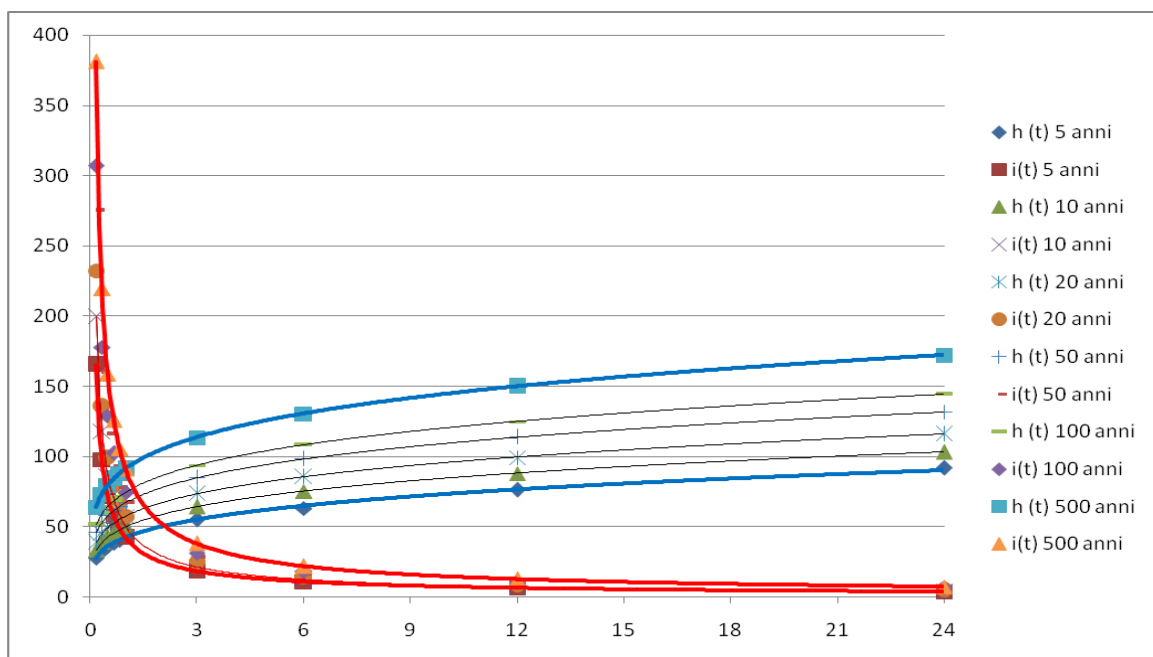


Fig. 7 Confronto tra le CPP $h(d)$ (azzurro) di tabella 3 e rispettive curve d'intensità media di precipitazione $i_m(d)$ (rosso) etichettate per diversi periodi di ritorno T

La prima osservazione da farsi a tal punto è la seguente:

A parità di rarità dell'evento di pioggia, l'altezza totale di precipitazione non cresce proporzionalmente al crescere della durata.

Questo significa che l'intensità dell'evento decresce al crescere della durata.

Infatti, a parità di rarità, eventi brevi sono generati da fenomeni convettivi (intensi), mentre gli eventi più prolungati sono generati da fenomeni stratiformi (meno intensi).

Nel caso di Ostuni ci interessa studiare la relazione delle precipitazioni estreme con la durata poiché i 10 bacini idrografici, di estensione diversa, entrano in risonanza ovvero producono un idrogramma di picco massimo (detto critico), responsabile dei danni riscontrati, in corrispondenza di durate di precipitazioni diverse. I bacini più estesi sono

sollecitati criticamente da precipitazioni prolungate nel tempo, mentre bacini più piccoli hanno una durata critica minore. Per disporre di uno strumento generale è quindi necessario conoscere una relazione localmente generale fra piogge estreme e loro durata. L'evento che porta la rete di ogni singolo bacino al limite dell'insufficienza nella sezione considerata prende il nome di *evento critico* ed è individuato, per ognuno dei 10 bacini, dalla durata (*durata critica*) e dall'altezza di precipitazione totale (*altezza di precipitazione critica*).

5.0 Analisi dell'eccezionalità di eventi storici

La eccezionalità dell'evento consiste nello stimare il suo periodo di ritorno T e confrontarlo con le diverse CPP, distinte per periodi di ritorno $T = 5, 10, 20, 50, 100, 500$ anni. Se l'evento appartiene alle curve con T elevato esso sarà eccezionale altrimenti risulterà ordinario. Per individuare il periodo di ritorno T dell'evento del 10 settembre 2016, sebbene l'evento sia durato quasi due ore (1 ora e 55 minuti), lo si è considerato sia tra quelli di breve durata con $d < 1$ ora, poiché l'intensità maggiore è nei primi minuti, le cui CPP sono state corrette secondo le formule predette, sia tra quelli di durata normale, $1 < d < 24$ ore, le cui CPP sono state valutate secondo la legge di Gumbell

5.1 Valutazione del periodo di ritorno dell'evento di pioggia del 10 settembre 2016

Il giorno 10 settembre 2016 la città di Ostuni è stata interessata dalla precipitazione riportata in figura 8 la cui registrazione è stata effettuata dal pluviometro dell'Osservatorio di Ostuni Bacino delle Murge situato nel punto di coordinate $40^{\circ}43'32,64''$ N e $17^{\circ}34'40,32''$

Come si può notare l'evento ha inizio alle ore 11.15 e termina alle ore 13.10 (1 ora e 55 minuti) per una precipitazione totale di 80,4 mm e con altezze di precipitazione significative per una durata pari a 80 minuti.

Più in dettaglio, l'altezza massima di precipitazione registrata su finestra oraria è pari a 69,8 mm che diventano 62,8 mm su durata 50 minuti, 58,6 mm su durata 40 minuti e 47,4 mm su durata 30 minuti.

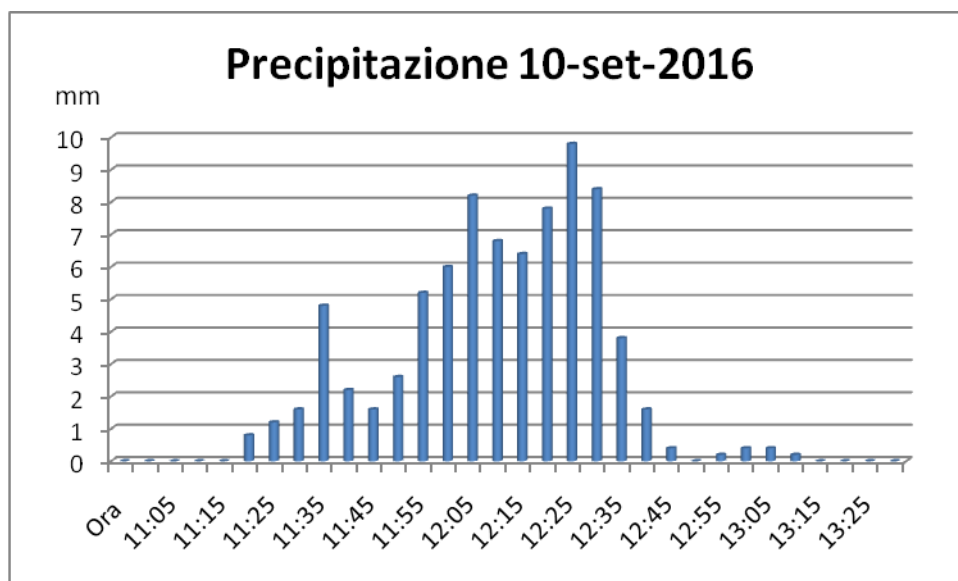


Fig. 8 Evento del 10 settembre 2016 registrazione ogni 5 minuti
(Dati forniti dal Centro funzionale decentrato. Protezione civile. Regione Puglia)



Fig. 9 Effetti al suolo dell'vento del 10 settembre 2016 ad Ostuni

Per la valutazione del tempo di ritorno dell'evento in studio si sono determinati i valori delle altezze di pioggia massime relative alle durate 10,20,30,40,50 minuti, 1 ora, 1 ora e 55 minuti (durata dell'evento) per la precipitazione eccezionale di Ostuni del 10 settembre 2016. Per poter determinare tali valori si è ricorso alla somma mobile, tenendo conto via via della somma delle misurazioni successive, registrate ogni 5 minuti, secondo intervalli di ampiezza variabile a seconda della durata della precipitazione (10, 20, 30, 40, 50 minuti, 1 ora, e così via sino a 1 ora e 50 minuti).

Gli altri valori considerati per le durate di 3, 6, 12 e 24 ore sono quelli forniti dal Centro funzionale decentrato, Protezione civile della Regione Puglia che non sono continuativi e riguardano anche il giorno precedente .

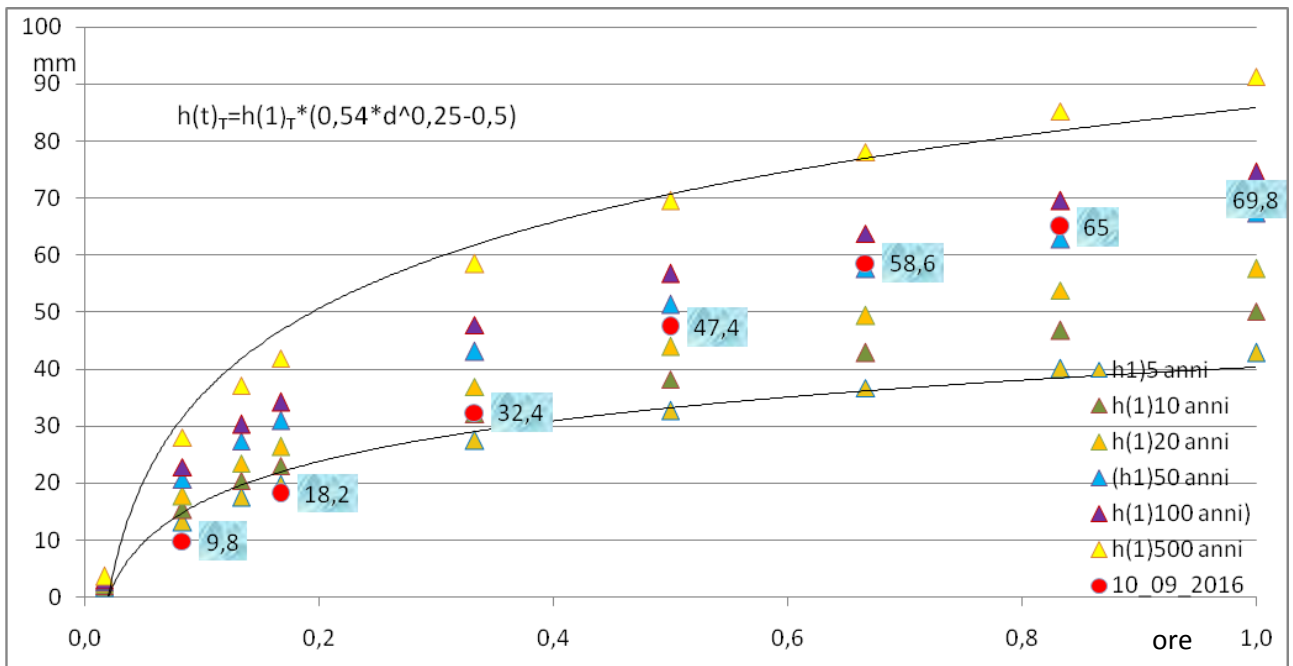
$$h(d) = \max \left(\sum \Delta h_j \right)$$

I valori così trovati sono stati sovrapposti alle curve di possibilità pluviometrica costruite a partire dalle serie storiche della stazione pluviometrica di Ostuni.

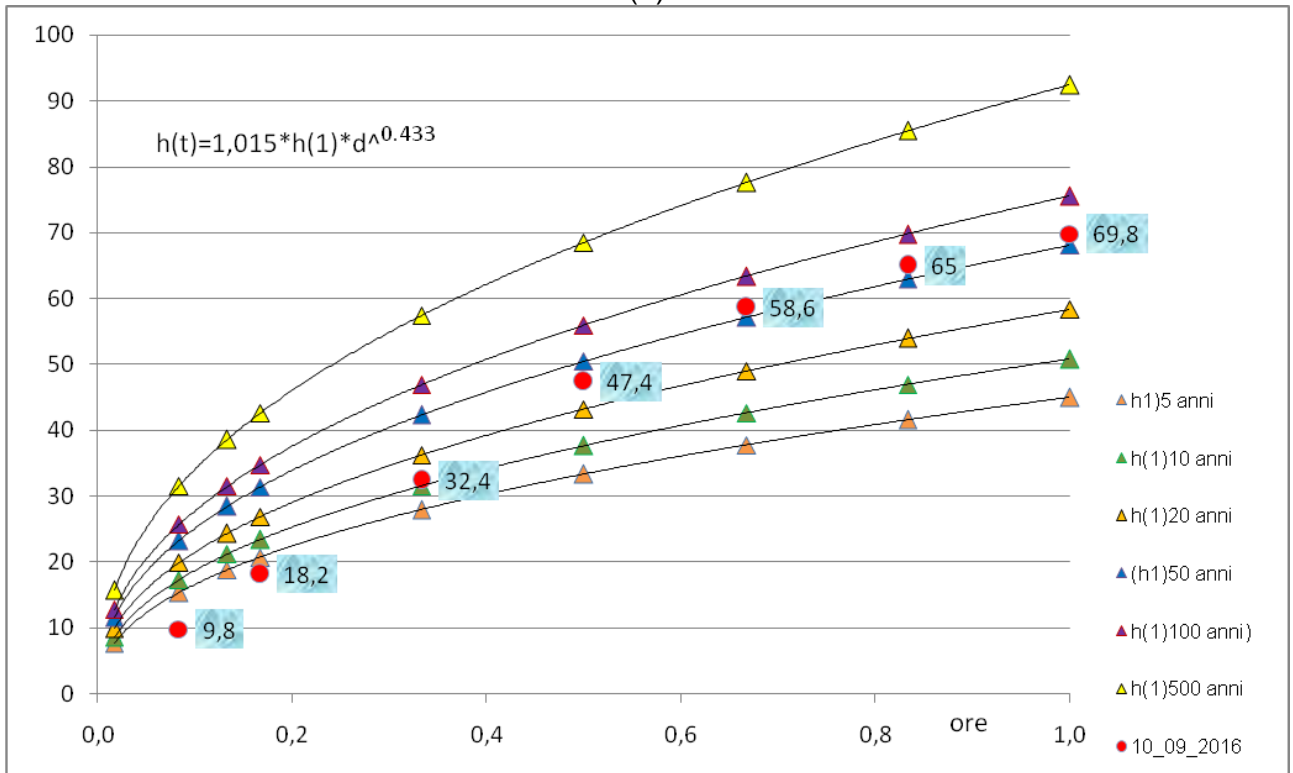
Si sono costruite due serie di curve di possibilità pluviometrica:

- Una inerente i fenomeni di durata superiore ad 1 ora;
- L'altra relativa a fenomeni di breve durata (inferiore ad 1 ora) con opportune considerazioni.

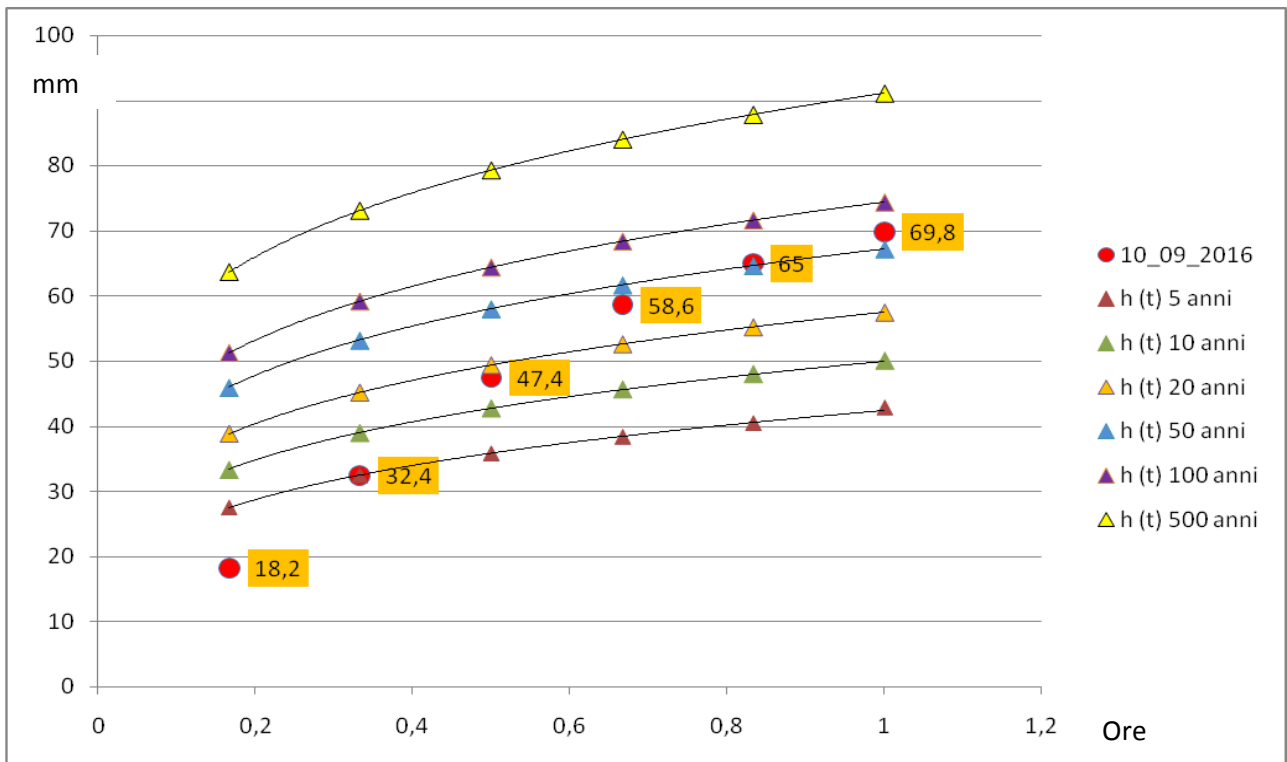
Dal grafico di fig. 11 si può stimare che l'evento del 10 settembre 2016, di durata 1 ora e 55 minuti, è caratterizzato da un periodo di ritorno dell'ordine degli 80-90 anni.



(a)



(b)



(c)

Fig. 10 - Sovrapposizione dei valori di precipitazione ad Ostuni il 10 settembre 2016 alle curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) valutate come al paragrafo precedente (a) Bell (b) Modica et ali , (c) Gumbel

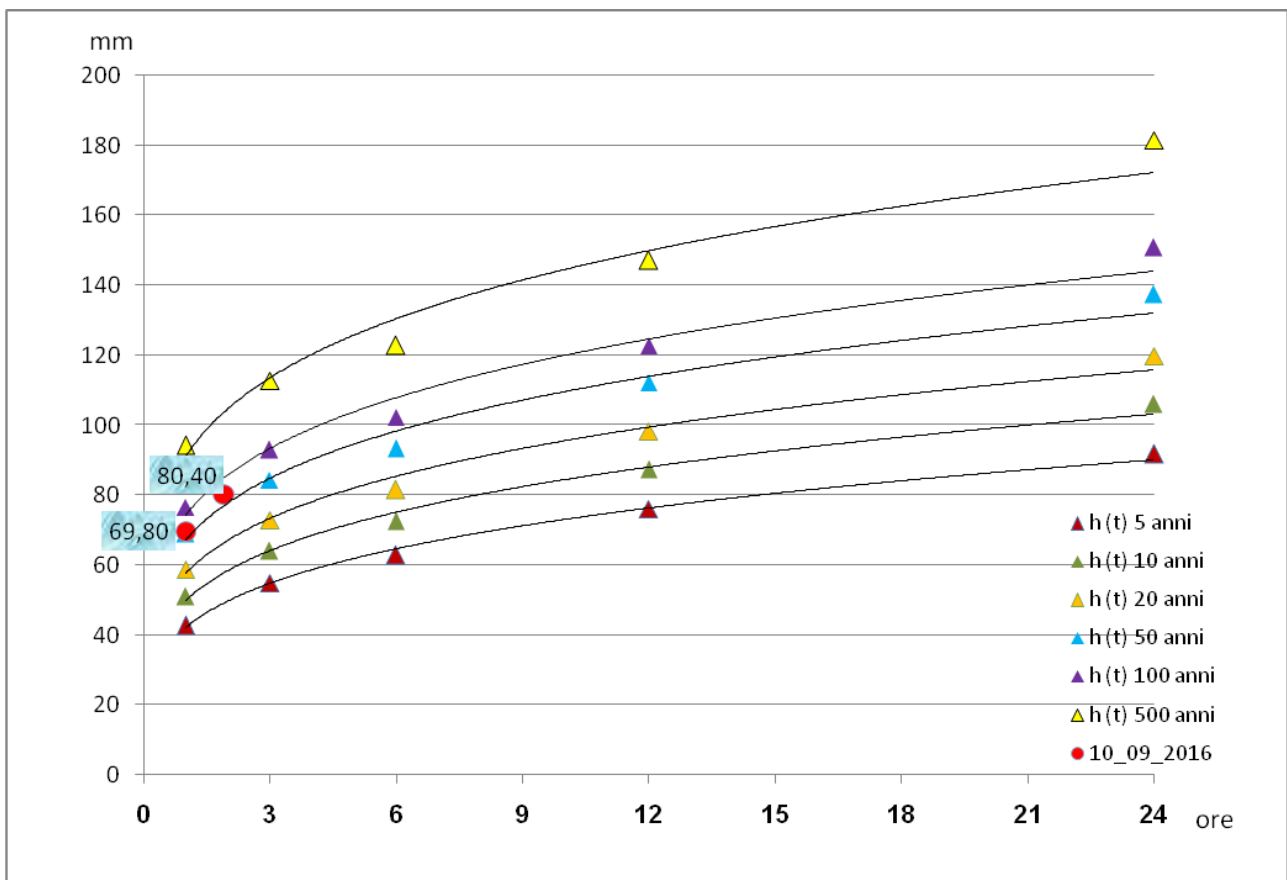


Fig. 11 Sovrapposizione dei valori di precipitazione ad Ostuni il 10 settembre 2016 alle curve di Possibilità Pluviometrica secondo la legge di Gumbel sulle 24 ore

Dal confronto è evidente come l'evento del 10 settembre 2016 presenti, in ogni caso, componenti caratterizzate da diversi periodi di ritorno a secondo della durata:

- per i primi minuti della pioggia (fino a 30 minuti) l'evento rientra tra quelli ordinari con un basso periodo di ritorno;
- dopo mezz'ora presenta una intensità tipica degli eventi con periodo di ritorno di 50 anni;
- fino a divenire precipitazione eccezionale con periodo di ritorno di 80 anni ad un ora;
- successivamente l'evento si attesta su valori prossimi ai 20 anni, sino alle 24 ore

L'importante funzione di accompagnare al mare le acque meteoriche (fig. 9) che cadono sul territorio può essere assolta in modo ordinato quando il sistema idrografico appena descritto presenta condizioni tali da consentirne il regolare funzionamento.

Gli interventi manutentivi erano in passato effettuati spontaneamente e con regolarità da parte dei proprietari agricoli dei terreni che venivano solcati dagli stessi canali i quali comprendevano bene quale fosse l'importanza della completa efficienza della rete dei deflussi.

6. Conclusioni

Gli eventi di pioggia particolarmente intensi, quelli con i_m elevato nei primi minuti di pioggia – meno di un'ora, sono dunque responsabili del sempre più frequente dissesto idrogeologico del territorio nazionale.

Non fa certo eccezione Ostuni dove l'evento suddetto oramai non rappresenta più un caso estremamente improbabile, poiché, nello stesso periodo (agosto settembre), si verifica quasi annualmente, ma ne è la causa del pericolo idraulico per la sua particolarità di avvenimento, entro la prima ora, dopo un periodo di particolare aridità del suolo.

Per Ostuni si è ritenuto evidenziare la necessità di approntare un database geo-riferito (GIS) degli eventi storici dove inserire la ricerca storica documentazione tecnica, quotidiani locali e nazionali, database nazionali e pubblicazioni scientifiche, degli eventi calamitosi del territorio di Ostuni con primaria attenzione a dissesti e alluvioni, occorsi nel passato.

Il GIS deve contenere :

- i 10 bacini della fascia litoranea peninsulare del territorio di Ostuni;
- i bacini endoreici ;
- l'idrografia superficiale con la indicazione delle reti di drenaggio;
- i muretti a secco che delimitano i canali drenanti;
- I pozzi assorbenti esistenti;
- Le vasche di laminazione;
- Le opere idrauliche esistenti (vasche di sedimentazione, dissabbiatori ecc) ;

Tale banca dati è stata georeferenziata; le aree caratterizzate da più frequenti occorrenze e gli eventi più catastrofici saranno oggetto di studio di dettaglio.

L'impiego del GIS con il suo ampio *geodatabase* del territorio di Ostuni potrà raccogliere in seguito ogni tipo di informazione utile (clima, geologia, idrogeologia, reti di monitoraggio, infrastrutture di trasporto, aree vulnerabili, etc.).

Tra i vari livelli informativi ci sarà anche quello inerenti le opere che conterrà i dati sulle opere, impianti e manufatti già realizzate nel corso degli anni anche ai fini della mitigazione del rischio idraulico, tra cui almeno la localizzazione geografica e l'estensione (lineare o areale).

Detto livello costituisce inoltre una sorta di cabina di regia delle opere di cui Ostuni necessita per la mitigazione del rischio idrogeologico (muri di sostegno, muretti a secco, vasche di laminazioni, briglie rimboschimenti, etc...), in cui sono contenute e possono

essere aggiornate tutte le informazioni utili, tra cui quelle geometriche, temporali (inerenti ad esempio le fasi di progettazione, realizzazione, collaudo, manutenzione e ripristino funzionale) ed economiche.

Riferimenti Bibliografici

- Arnone E., D. Pumo, F. Viola, L.V. Noto e G. La Loggia (2013), Rainfall statistics changes in Sicily, *Hydrology and Earth System Sciences.*, 17, 2449-2458.
- Bartolini G., A. Messeri, D. Grifoni, D. Mannini e S. Orlandini (2014), Recent trends in seasonal and annual precipitation indices in Tuscany (Italy), *Theoretical and Applied Climatology*, DOI 10.1007/s00704-013-1053-3.
- Bell F.C. (1969) "Generalized rainfall – duration frequency relationships", Proc. ASCE volume 95, HY1;
- Modica C., Rossi F., Viparelli C. (1970) "Analisi delle piogge intense di durate inferiore ad 1 ora in Sicilia" Atti del seminario nazionale " La ricerca dei deflussi urbani" , Camigliatello Silano
- Calenda, G. e C. Cosentino, Analisi regionale delle piogge brevi dell'Italia Centrale, L'Acqua, n.1, 20-31,1996.
- Cancelliere, A. and Rossi, G. (2003). "Droughts in Sicily and comparison of identified droughts in Mediterranean regions." in: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, and A. Zairi, (eds.), *Tools for drought mitigation in Mediterranean regions*, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, pp. 103-122.
- Chiu, C. L. (1987). "Entropy and probability concepts in hydraulics". *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 113(5), 583-600.
- Copertino, V.A. e M. Fiorentino (1994), *Valutazione delle piene in Puglia*, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università della Basilicata e GNDCI-CNR.
- Degiorgis, M., Gnecco, G., Gorni, S., Roth, G., Sanguineti, M. & Taramasso, A.C. (2012). Classifiers for the detection of flood-prone areas using remote sensed elevation data. *Journal of Hydrology*, 470, 302-315. 30.
- Eagleson P.S.(1972) Dynamics of flood frequency, *Water Resour. Res.*, Vol.8, n.4, 878-898.
- Hall, M.J. (1984) *Urban Hydrology*, Elsevier, London.
- Manetti S., V. Chiarello e E. Caporali (2014), Analisi dei trend nel regime pluviometrico in Toscana, *Atti XXXIV Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche IDRA2014*, 378-379.
- Soldini L., G. Darvini e A. Mancinelli (2014), Analisi statistica dei cambiamenti delle precipitazioni intense nelle Marche (Italia), *Atti XXXIV Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche IDRA2014*, 341-342.
- Manfreda, S., Samela, C., Gioia, A., Consoli, G. G., Iacobellis, V., Giuzio, L., Sole, A. (2015). Flood-prone areas assessment using linear binary classifiers based on flood maps obtained from 1D and 2D hydraulic models. *Natural Hazards*, 1-20.
- Modica C., Rossi , Viparelli C. (1970) "Analisi delle piogge intense di durata inferiore al 1 ora in Sicilia" , *atti del Seminario nazionale "La ricerca dei deflussi urbani"* , Camigliatello Silano (Cs)
- Moramarco, T., Saltalippi, C. and Singh, V. P. (2004). "Estimation of mean velocity in natural channels based on Chiu's velocity distribution equation". *Journal of Hydrologic Engineering*, 9 (1), pp. 42-50.
- Penta A.(1974) Distribuzione di probabilità del massimo annuale dell'altezza di pioggia giornaliera su un bacino, Atti XIV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Napoli.
- Pieri P., Festa V., Moretti M. & Tropeano M. (1997) - *Quaternary tectonic activity of the Murge area (Apulian foreland, Southern Italy)*. *Ann. Geofisica*, **40** (5): 1395-1404.
- Rossi F. e P. Villani (1975) (a cura di), *Valutazione delle piene in Campania*, Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno e GNDCI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Salerno.
- Samela, C., Manfreda, S., Paola, F. D., Giugni, M., Sole, A., & Fiorentino, M. (2015). DEM-Based Approaches for the Delineation of Flood-Prone Areas in an Ungauged Basin in Africa. *Journal of Hydrologic Engineering*, 06015010.
- U.S. Weather Bureau, 1957-1960. Rainfall intensity-frequency regime 1-5, *Tech. Paper N. 29*, Washington D.C.
- Villani P. (1990) Alcune considerazioni sul fattore di riduzione areale e sulla sua influenza nella derivazione della piena annuale media, in F. Rossi (a cura di), *Previsione e prevenzione degli eventi idrologici estremi e loro controllo*, Rapporto 1988, CNR-GNDCI, L1, Roma.
- Viparelli C. (1965), "Piogge brevi e di notevole intensità", Atti del IX convegno di Idraulica e costruzioni Idrauliche", Trieste

Altri documenti consultati

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 298 Roma 22 dicembre 2016, Parte prima, Decreto del Ministero delle politiche agrari e forestali pagine 25, 26

Regione Puglia Annali idrologici *Area Politiche per la riqualificazione, la tutela e la sicurezza ambientale e per l'attuazione delle opere pubbliche Servizio Protezione Civile* Centro Funzionale Decentrato Regione Puglia Centro Funzionale Decentrato - Protezione Civile