

Ing. ROBERTO PANCINI

Vicolo Reattelli, 2 - 52043 CASTIGLION FIORENTINO (AR)

ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AREZZO AL N° 1167 - C.F.: PNC RRT 72601 C318U - P.I.: 01157920511 - CELL. 347 3215162 - E-mail: roberto.pancini@inwind.it - roberto.pancini@pec.ordineing.it

COMUNE DI AREZZO

COMMITTENTE



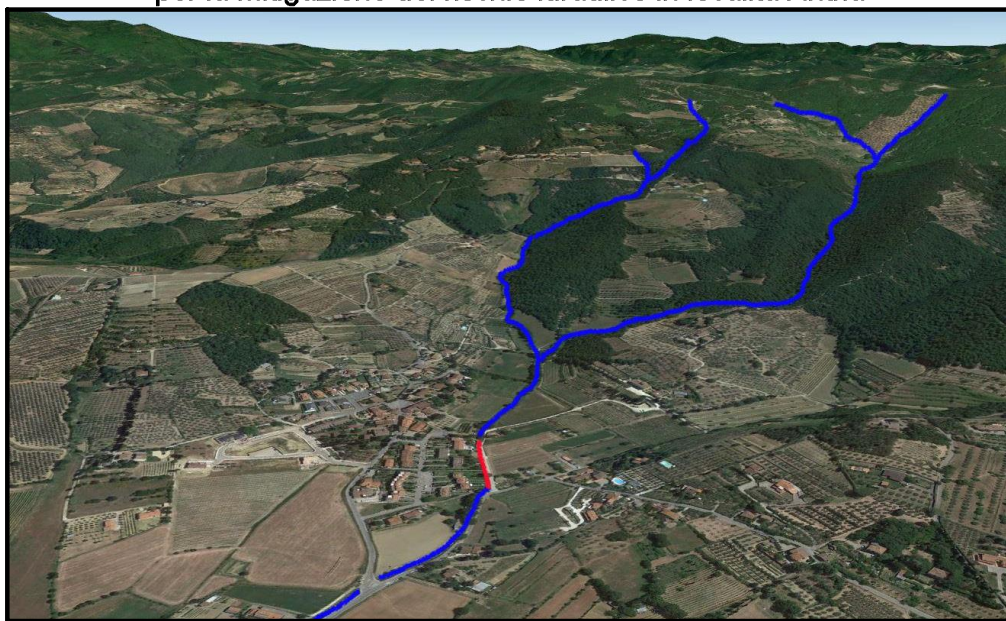
COMUNE DI AREZZO

STRALCIO 1

"Prog. n. 01/17: Interventi di mitigazione del rischio idraulico in Località Antria in Comune di Arezzo"

PROGETTO ESECUTIVO

Realizzazione di uno scolmatore del collettore fognario esistente
per la mitigazione del rischio idraulico in località Antria



ELABORATO

N.

Ri

RELAZIONE IDROLOGICA

ARCHIVIO N.

FILE/Antria.dwg

ELAB.:

scala VARIE

ELABORAZ.

DATA

NOVEMBRE 2018

ANNOTAZIONI

è vietata ai sensi della L. 22/4/41 n° 633 e succ., la diffusione e/o riproduzione, anche parziale del contenuto di questa tavola da parte di terzi, senza esplicita autorizzazione

VISTI AMMINISTRATIVI

ING.
ROBERTO PANCINI

COMMITTENTE: COMUNE DI AREZZO



STRALCIO 1

**“Prog. n. 01/17: Interventi di mitigazione del rischio idraulico in Località Antria in
Comune di Arezzo”**

PROGETTO ESECUTIVO

**“Realizzazione di uno scolmatore del collettore fognario
esistente per la mitigazione del rischio idraulico in località
Antria”**

Relazione Idrologica

Arezzo (AR), 20 Novembre 2018

Dott. Ing. Roberto Pancini

Relazione Idrologica

INDICE

1. Premessa	3
2. Caratteristiche Morfologiche, Idrologiche Ed Aspetti Antropici Del Bacino.....	5
3. Idrogramma Unitario Istantaneo Di Tipo Geomorfologico	10
4. Stima Della Pioggia Effettiva	13
4.1. Analisi statistica delle piogge	13
4.2. Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012 SIR.....	15
4.3. Stima delle perdite	21
4.4. Idrogrammi Di Piena Di Progetto	24

1. Premessa

La presente relazione illustra le elaborazioni svolte e i risultati conseguiti nell’analisi idrologica finalizzata alla stima delle portate idriche del tratto di valle del Fosso delle Pergolacce, localizzato a nord-est dell’area urbana di Arezzo.

Gli studi condotti hanno fatto riferimento, in particolare, alla sezione di chiusura in località Antria, prossima al tratto tombato.

Le portate attese per vari *tempi di ritorno* (arco temporale entro il quale ci si aspetta che l’evento si verifichi) rappresentano i dati di partenza necessari per le finalità ultime del lavoro, ovvero la definizione degli scenari idraulici connessi a possibili fenomeni di esondazione nella zona di Antria, nonché alla successiva progettazione di interventi di sistemazione fluviale volti alla mitigazione del rischio idraulico.

Per fornire un quadro complessivo sullo stato di antropizzazione del bacino idrografico del Fosso delle Pergolacce è da notare come, a valle della sezione di chiusura considerata nel caso specifico, il fosso sia stato oggetto in passato di drastiche opere di sistemazione idraulica, quali ad esempio:

- completa tombatura fino alla confluenza sul Torrente Maspino per circa 150 ml.

Per eventi di piena significativi, tale tratto ha in passato già più volte manifestato una scarsa efficienza nella capacità di smaltimento delle acque.

Le condizioni considerate sono quelle di piena sia ordinaria che straordinaria, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 anni. Sono stati considerati anche gli stati di piena relativi a tempi di ritorno di 10 e 20 anni al fine di fornire utili indicazioni per la messa in sicurezza del cantiere durante l’esecuzione degli interventi di sistemazione, oltre alla realizzazione delle relative opere provvisorie.

I risultati finali possono rappresentare, oltre che i dati di input per le modellazioni idrauliche, utili elementi per il progetto e la verifica di interventi quali eventuali casse di espansione che garantiscano il temporaneo immagazzinamento di importanti volumi di acqua con conseguente effetto laminante dei picchi di piena. Il successivo smaltimento regolarizzato delle acque rappresenterebbe probabilmente la migliore garanzia di protezione da inondazione dei territori e delle attività antropiche presenti nell’area valliva.

Premesse alcune considerazioni sulle principali caratteristiche corografiche dell’area, verranno illustrate le metodologie impiegate per il calcolo:

- a) della pioggia effettiva (o *pioggia netta*) che rappresenta il volume d’acqua, depurato dalle

- perdite per infiltrazione, che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura determinando l'evento di piena;
- b) dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) che rappresenta l'idrogramma di risposta del bacino (andamento della portata nel tempo in corrispondenza della sezione di chiusura) ad un “impulso” unitario di precipitazione;
 - c) dei deflussi diretti, sotto forma di idrogrammi di piena, ottenuti mediante l'integrale di convoluzione dei due contributi descritti nei punti precedenti.

Più in particolare, la costruzione dello ietogramma di progetto è basata sull'inferenza statistica della serie storica dei dati di pioggia registrati al pluviometro di Arezzo. Direttamente dagli ietogrammi di progetto lordi, per i vari tempi di ritorno, sono stimati quelli effettivi mediante applicazione del metodo *SCS-CN* (metodologia adottata dall'ente americano *Soil Conservation Service*), capace di stimare le perdite di infiltrazione attraverso un solo parametro (il *Curve Number*), funzione delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo del bacino.

Infine sono calcolati gli idrogrammi di portata diretta, alla sezione di chiusura del bacino idrografico, mediante integrale di convoluzione della pioggia effettiva con un particolare idrogramma unitario istantaneo, quello geomorfologico (GIUH), ottenibile a sua volta a partire dalle sole caratteristiche morfologiche dell'area di drenaggio.

Il GIUH rappresenta un approccio concettuale di largo impiego nel caso di bacini idrografici non strumentati. Inoltre, nel caso di bacini di modesta estensione areale ($< 50 \text{ km}^2$), questa tecnica fornisce risultati più attendibili rispetto alle tecniche semplificate di maggior utilizzo nella pratica idrologica (metodo cinematico, dell'invaso, ecc..).

Nel caso poi si renda necessaria un'analisi di dettaglio delle onde di piena generate dal modello, il maggior onere in termini di calcolo è bilanciato dalla possibilità di stimare, oltre ai valori delle portate di picco, anche dell'evoluzione temporale degli eventi, e quindi una migliore descrizione della dinamica dei processi fisici in atto.

2. Caratteristiche Morfologiche, Idrologiche Ed Aspetti Antropici Del Bacino

Il Fosso delle Pergolacce nasce dalle pendici settentrionali del Monte Lignano e, dopo un percorso di circa 2,7 Km, confluisce in destra idrografica nel Torrente Maspino, nei pressi dell'area sub-urbana di Arezzo, con un'area di drenaggio complessiva pari a circa 3 Km².

All'interno del bacino idrografico possono essere individuate tre aree distinte per caratteristiche geomorfologiche e litologiche:

- Formazione di Londa Scisti Siltosi;
- Marne di San Polo.
- Depositi Fluviali Talora Terrazzati.

Le caratteristiche morfologiche e meteorologiche dell'area determinano un regime fluviale a carattere prevalentemente torrentizio, con forte legame tra portate idriche e precipitazioni e conseguente irregolarità dei deflussi idrici (periodi di magra alternati ad intense piene).

Come accennato, tenendo conto delle finalità dello studio viene presa in esame la sola porzione di monte del bacino, con sezione di chiusura prossima all'ingresso del culvert, per una lunghezza d'alveo complessiva di 6,42 km.

Dal punto di vista degli insediamenti antropici e di uso del suolo, l'area è caratterizzata dalla presenza di aree a destinazione agricola e altre in prevalenza boscate.

Solo a valle del tratto di interesse sono localizzati insediamenti abitativi di maggiore rilevanza.

Le figure che seguono in successione si riferiscono a:

- Fig.1: inquadramento generale dell'area di studio;
- Fig.2: reticolo idrografico ordinato secondo Horton-Stralher;
- Fig.3: morfologia (visualizzazione “hillshade” ottenuta da elaborazione grafica del modello digitale del terreno (DEM) a maglie quadrate 10x10 metri ricavato da Carta Tecnica Regionale - scala 1:10000);

- Fig.4: curva ipsografica del bacino (curva della distribuzione delle superfici al variare della quota);
- Fig.5: principali caratteristiche geologiche (fonte: Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000);
- Fig.6: uso del suolo (fonte: Progetto Corine – Landcover, 1993).

I principali dati morfologici sono sintetizzati in Tab.1.

Tabella 1 - Dati morfologici principali del bacino idrografico di interesse

Bacino idrografico	Superficie [Km ²]	Quota max [m.s.l.m.]	Quota media [m.s.l.m.]	Quota min [m.s.l.m.]
<u>Fosso delle Pergolacce (AR)</u> (con sezione di chiusura in località Antria)	2.54	702	486	299

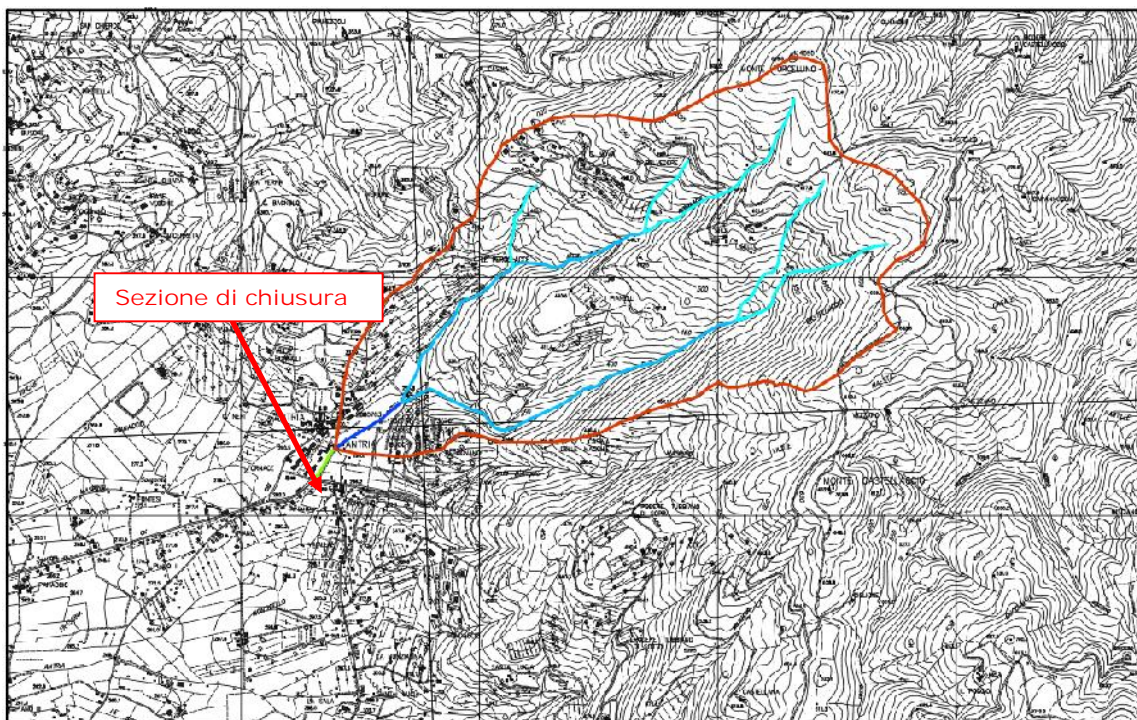


Figura 1 Inquadrimento della porzione di bacino idrografico

Sezione di chiusura considerata nel presente studio: inizio del tratto tombato presso Antria

(base cartografica Carta Tecnica Regionale - scala 1:10000 formato raster)

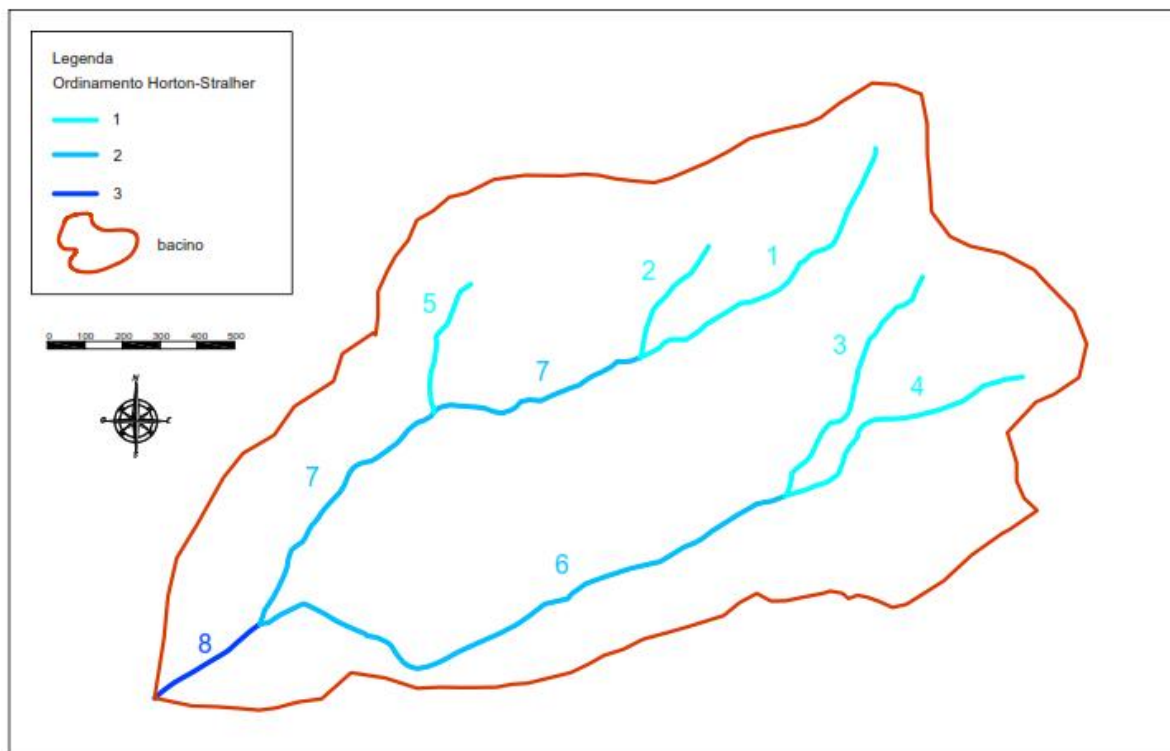


Figura 2 Altimetria e reticolo idrografico

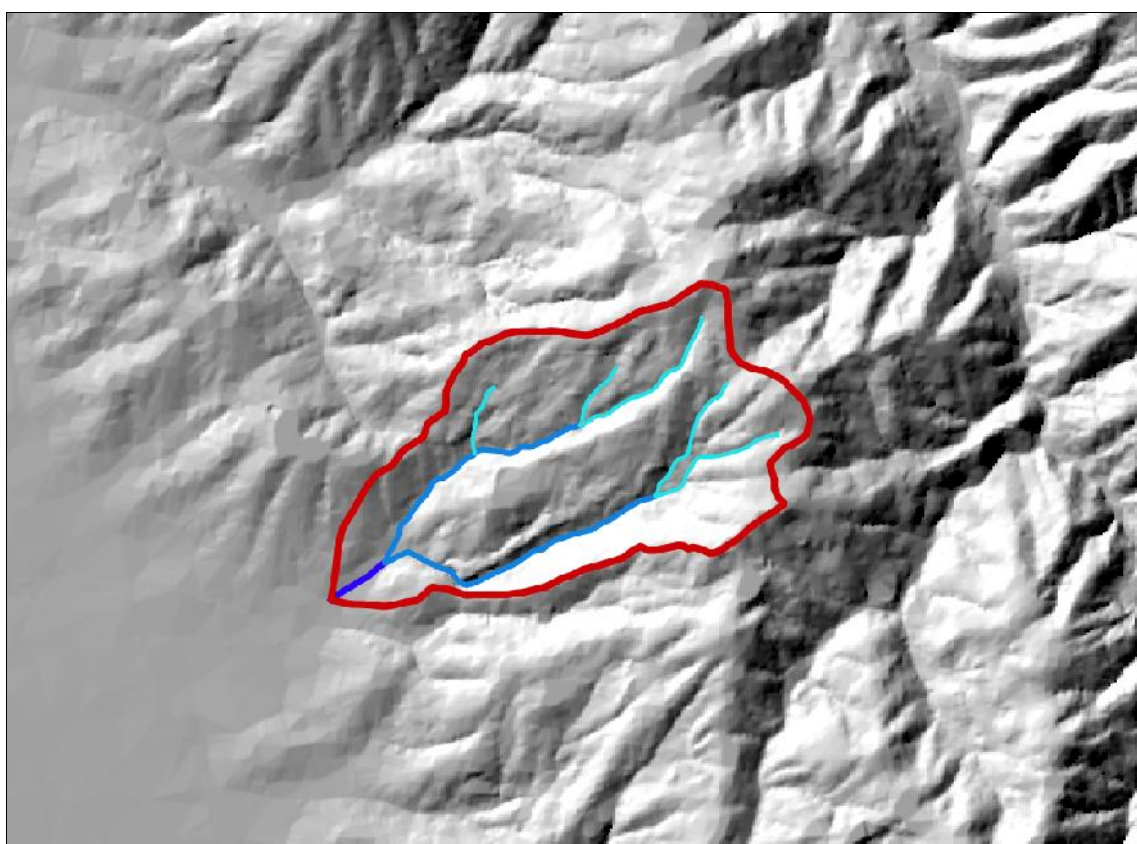


Figura 3 Morfologia del bacino

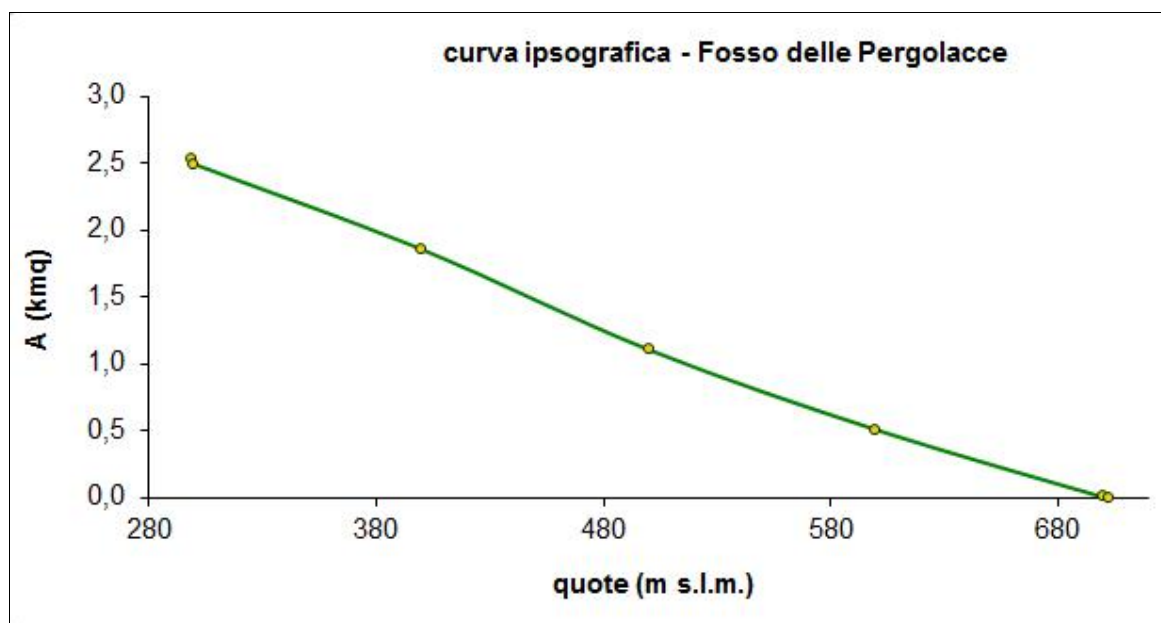


Figura 4 Curva ipsografica del bacino



0 100 200 300 400 500

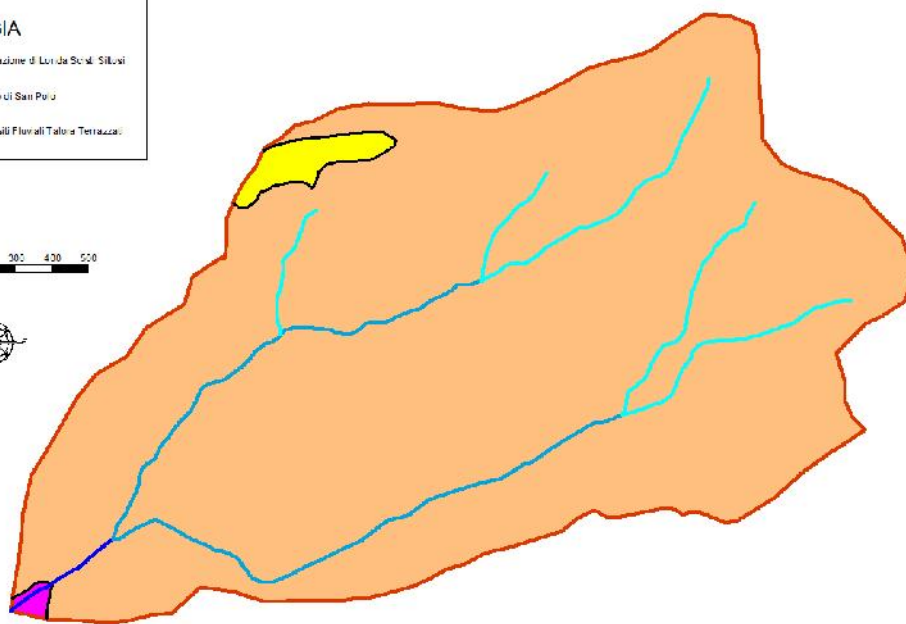


Figura 5 Carta geologica (fonte: Carta Geologica d'Italia, Provincia di Arezzo - scala 1:100.000)

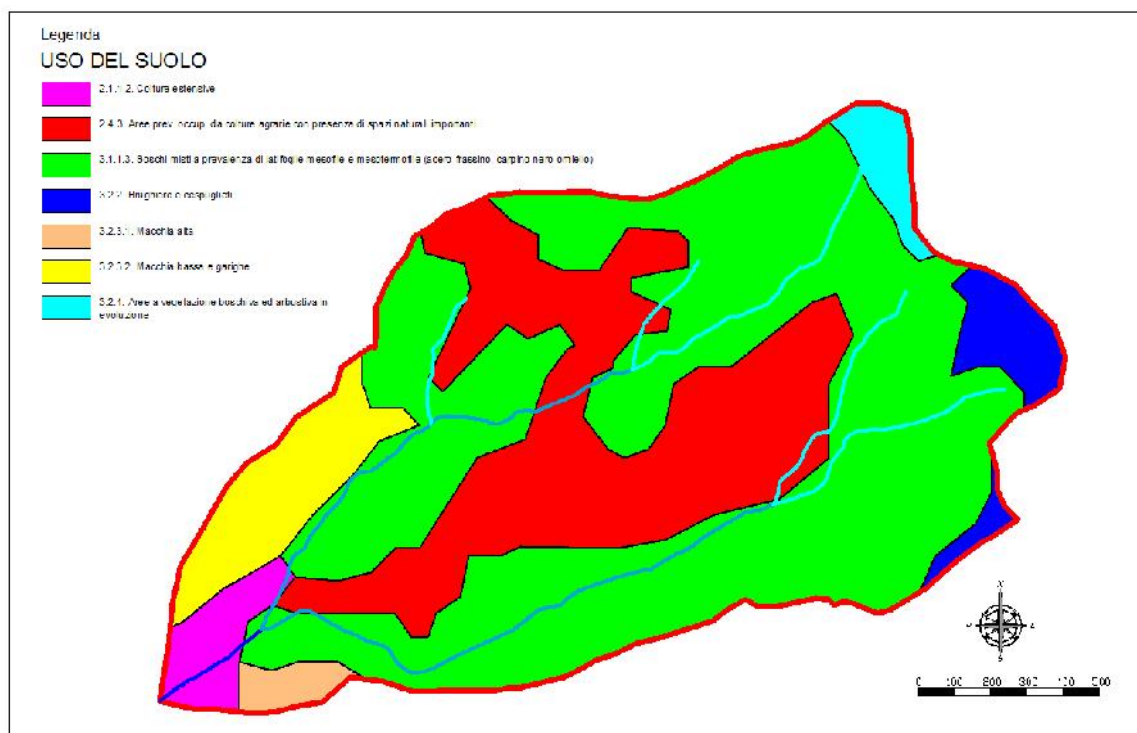


Figura 6 Carta di uso del suolo (Fonte: Progetto Corine Landcover, 1993)

3. Idrogramma Unitario Istantaneo Di Tipo Geomorfologico

L’approccio geomorfologico stima la risposta del bacino ad una pioggia unitaria istantanea, simulando il bacino stesso come un insieme di serbatoi disposti in configurazione serie-parallelo. I coefficienti di immagazzinamento dei serbatoi dipendono dalle relative caratteristiche geometriche (lunghezze delle aste, superficie delle aree di drenaggio).

In base all’ordinamento di Horton-Strahler applicato al reticolo idrografico principale in scala 1:25000 (Fig.8), il bacino del rio Sellina nel tratto considerato risulta essere di ordine $w = 3$.

Il numero dei percorsi tipici teorici è pertanto pari a $2^{w-1} = 4$.

Il numero dei percorsi tipici reali individuati nel bacino è in questo caso è pari a 3. In Tab.2 sono riportati in dettaglio i percorsi tipici reali:

Tabella 2 – Percorsi tipici impiegati nel modello GIUH – rio Sellina (AR) – tratto di monte

	Percorso
1	$R1 \rightarrow C1 \rightarrow C2 \rightarrow C3$
2	$R2 \rightarrow C2 \rightarrow C3$
3	$R3 \rightarrow C3$

dove:

Ri = regioni di ordine i ;

Ci = canali di ordine i .

Con riferimento alla Fig.7, le caratteristiche geometriche principali dei diversi tratti sono riassunte in Tab.3.

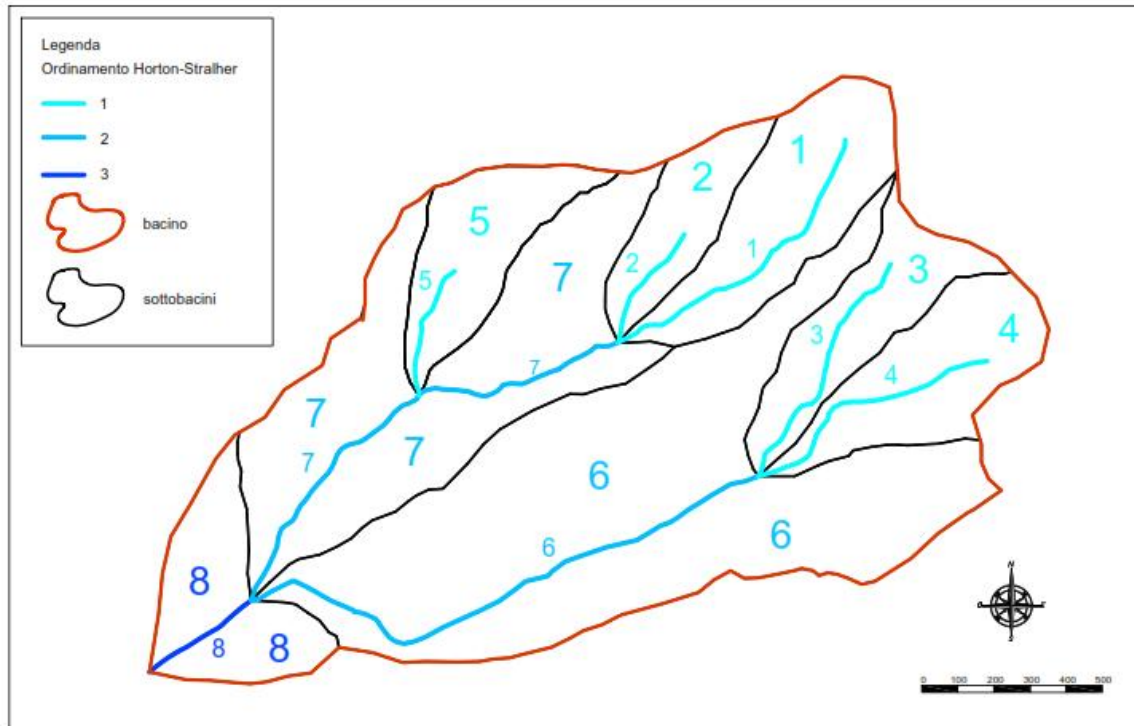


Figura 7 Reticolo idrografico e sottobacini utilizzati nel calcolo del GIUH

Tabella 3 – GIUH, Caratteristiche geometriche del bacino

TRATTO	Lunghezza canale [Km]	Bacino drenante	Area di drenaggio [Km ²]	Ordine	Ordine canale di confluenza
1	0.899	1	0.235	1	2
2	0.360	2	0.114	1	2
3	0.726	3	0.165	1	2
4	0.756	4	0.200	1	2
5	0.379	5	0.156	1	2
6	1.587	6	0.945	2	3
7	1.363	7	0.547	2	3
8	0.345	8	0.173	3	
	6.415		2.535		

L'espressione analitica dell'idrogramma unitario istantaneo si ottiene dalla somma dei contributi parziali relativi ai singoli percorsi tipici:

$$h = \sum_{s \in S} A(s) R_u \left[\frac{\{x_1\} \cdot \{x_2\} \cdot \dots \cdot \{x_j\}}{(\{x_2\} - \{x_1\}) \cdot \dots \cdot (\{x_j\} - \{x_1\})} \cdot e^{-\{x_1\}t} + \dots + \frac{\{x_1\} \cdot \{x_2\} \cdot \dots \cdot \{x_j\}}{(\{x_1\} - \{x_j\}) \cdot \dots \cdot (\{x_{j-1}\} - \{x_j\})} \cdot e^{-\{x_j\}t} \right]$$

dove:

s = percorso tipico;

S = insieme dei percorsi tipici;

$A(s)$ = area contribuente al flusso relativa al percorso s ;

R_u = spessore di pioggia unitario;

λ_{xi} = costante di immagazzinamento dell'elemento j (regione o canale).

Le costanti di immagazzinamento del bacino sono state stimate, a partire dai valori di Tab.3, tramite le relazioni:

$$\frac{1}{\lambda_{ci}} = \gamma \cdot L_i^{1/3}$$

$$\frac{1}{\lambda_{ri}} = \gamma \cdot (A_i / 2L_i)^{1/3}$$

dove:

λ_{ci} = costante di immagazzinamento dei canali di ordine i ;

λ_{ri} = costante di immagazzinamento delle regioni di ordine i ;

L_i = lunghezza media dei canali di ordine i ;

A_i = area media delle regioni di ordine i ;

γ = costante, il suo valore è deducibile dalla stima del “lag” del bacino.

La stima del parametro γ , che consente il calcolo dei coefficienti di immagazzinamento λ_{ci} e λ_{ri} , è stata effettuata a partire dal valore del tempo di LAG del bacino, o tempo di ritardo, stimato tramite la relazione empirica di Corradini et al, 1995 ¹:

$$L = S A^\gamma$$

¹ Corradini C., Melone F. and Singh V.P., *Some remarks on the use of GIUH in the Hydrological practice*, Nordic
Pag. 12 / 25

dove:

$$\begin{aligned} A &= \text{superficie del bacino in Km}^2; \\ \beta &= 1.19; \\ a &= 0.33. \end{aligned}$$

Dalla relazione precedente si ottiene un valore del tempo di LAG pari a 1.62 ore.

L'idrogramma unitario istantaneo di tipo geomorfologico calcolato è riportato in Fig.8.

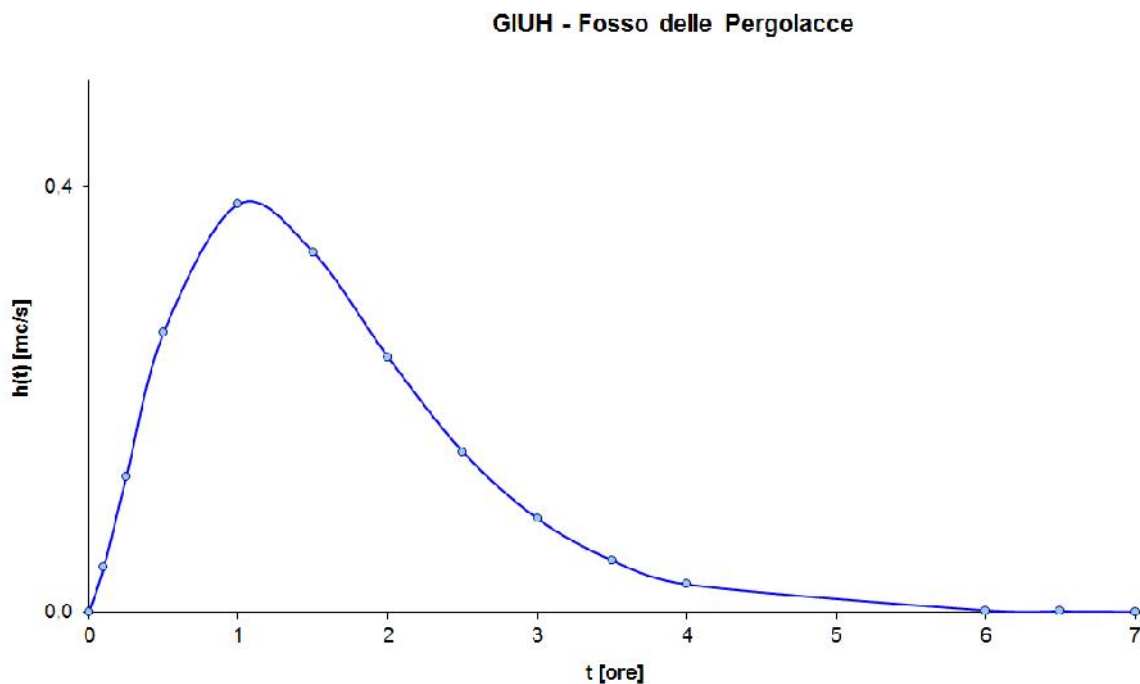


Figura 8 Idrogramma Unitario Istantaneo di tipo Geomorfologico (GIUH) del bacino di studio

4. Stima Della Pioggia Effettiva

4.1. Analisi statistica delle piogge

La costruzione dello idrogramma di progetto da impiegare quale input nel modello pioggia-portata si basa sull'analisi statistica di registrazioni pluviometriche storiche sufficientemente estese (tipicamente almeno 30 anni di dati).

Quale stazione pluviometrica di riferimento è stata considerata quella di Arezzo (TOS01000771) comune di Arezzo GB 1733933; 4817071, per la quale sono risultati disponibili i dati dei valori massimi di pioggia di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore relativi a 23 anni di registrazioni nel periodo 1991-2014.

valori di pioggia registrati					
anno	1	3	6	12	24
1991	5.2	7.8	11.4	15.8	22.6
1992	28.2	41.4	45.6	53.6	60.6
1993	26.6	43.0	45.4	45.8	46.0
1994	34.4	56.2	61.4	74.8	78.0
1995	28.0	30.6	31.4	47.6	56.0
1996	67.4	77.4	77.4	77.6	77.6
1997	16.6	31.2	45.8	67.2	95.0
1998	27.8	35.6	36.0	50.4	57.2
1999	23.8	24.6	26.4	33.6	39.6
2000	37.1	39.5	40.9	64.5	72.9
2001	30.0	30.0	39.6	39.8	75.8
2002	24.8	29.2	32.8	40.0	53.0
2003	18.2	22.4	24.0	24.2	26.8
2004	30.4	68.6	106.8	117.2	118.0
2005	14.6	21.2	33.6	48.0	62.6
2006	17.2	29.0	34.0	51.4	66.6
2007	16.4	23.4	27.6	28.0	42.6
2008	20.0	24.6	33.8	46.2	59.2
2009	26.0	36.2	45.2	45.6	45.6
2010	17.8	24.4	32.4	46.2	60.2
2011	15.4	20.6	35.0	38.6	41.6
2012	46.2	49.4	55.8	55.8	87.0
2013	30.8	37.0	43.2	51.2	51.2
2014	22.4	32.8	37.6	47.2	51.0

Tabella 4 Dati pluviometrici stazione di Arezzo

Mediante procedure di inferenza statistica sul campione di dati disponibili, assumendo, per la popolazione associata, una distribuzione di probabilità di tipo Gumbel, sono state costruite le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) per la stazione di Arezzo, relative ai tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200, 500 anni.

Per la riduzione all'area di tali curve è stata impiegata la formula di Raudkivi (1979) espressa in unità metriche:

$$G = 1 - e^{-1.1D^{0.2}} + e^{-0.0038A - 1.1D^{0.25}}$$

dove:

A = area del bacino (in Km²);

D = durata della pioggia (in ore).

Le LSPP ridotte all'area relative al bacino del Fosso delle Pergolacce sono riportate in Fig.9.

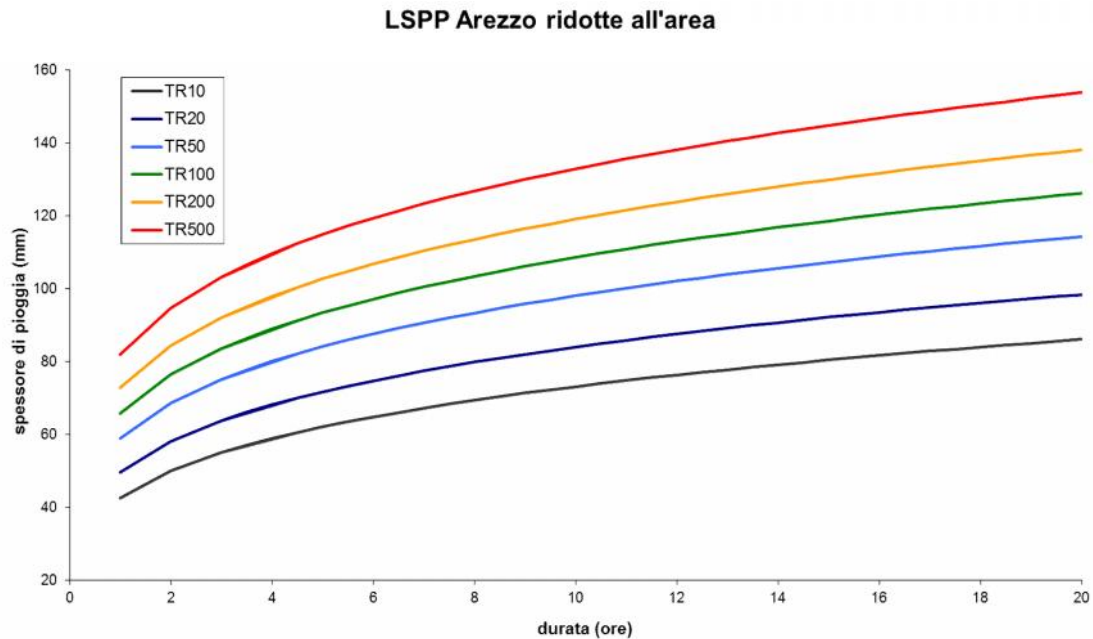


Figura 9 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica della stazione pluviometrica di Arezzo ridotte all'area.

Tale curve seguono la seguente espressione

$$h(t) = at^n$$

dove

parametri LSPP		
TR	<i>a</i>	<i>n</i>
10	42.53579437	0.2354566
20	49.67604404	0.2282482
50	58.92539068	0.2213183
100	65.86001975	0.2173139
200	72.77149843	0.2140352
500	81.89232684	0.2105082

Tabella 5 Parametri pluviometrici stazione di Arezzo

4.2. Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012 SIR

Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT

1133/2012, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, si è provveduto ad effettuare un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica caporali Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale UNI FI).

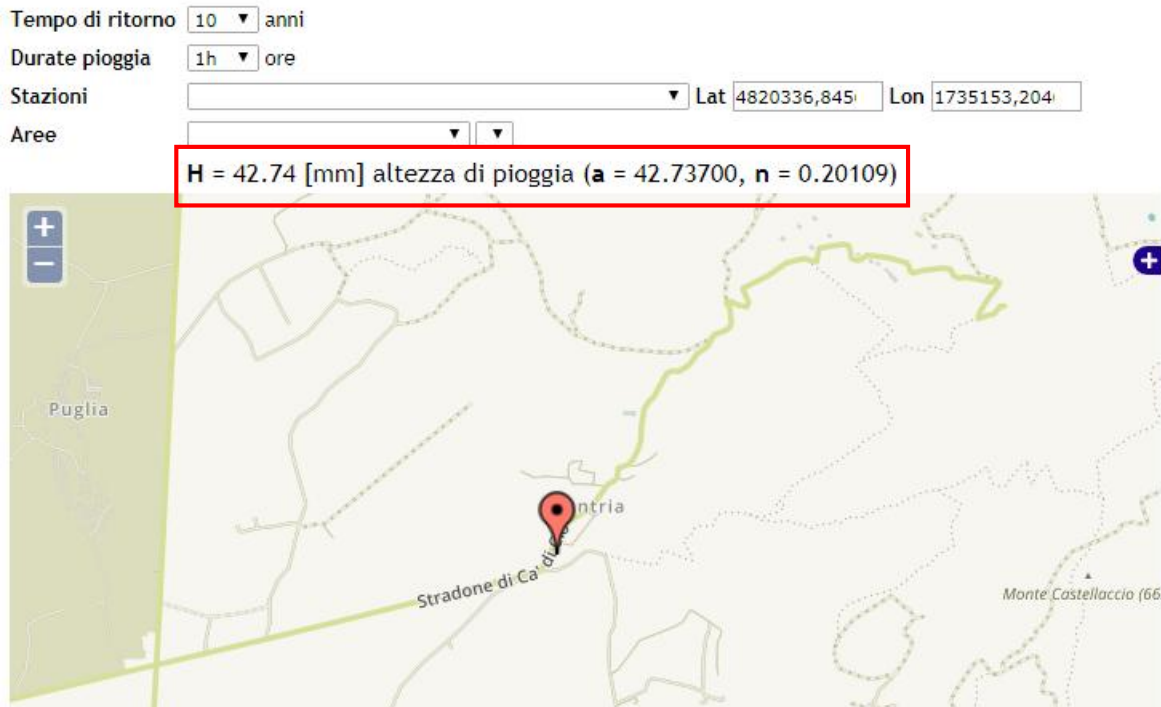


Figura 10 Parametri pluviometrici SIR TR10

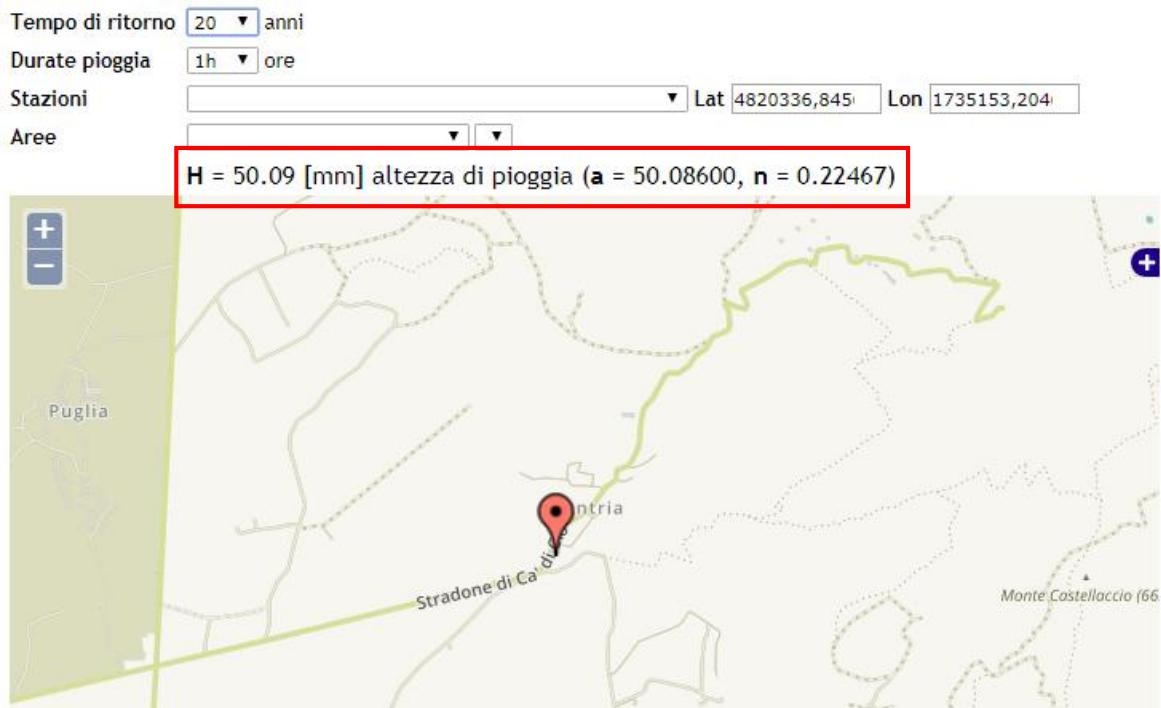


Figura 11 Parametri pluviometrici SIR TR20

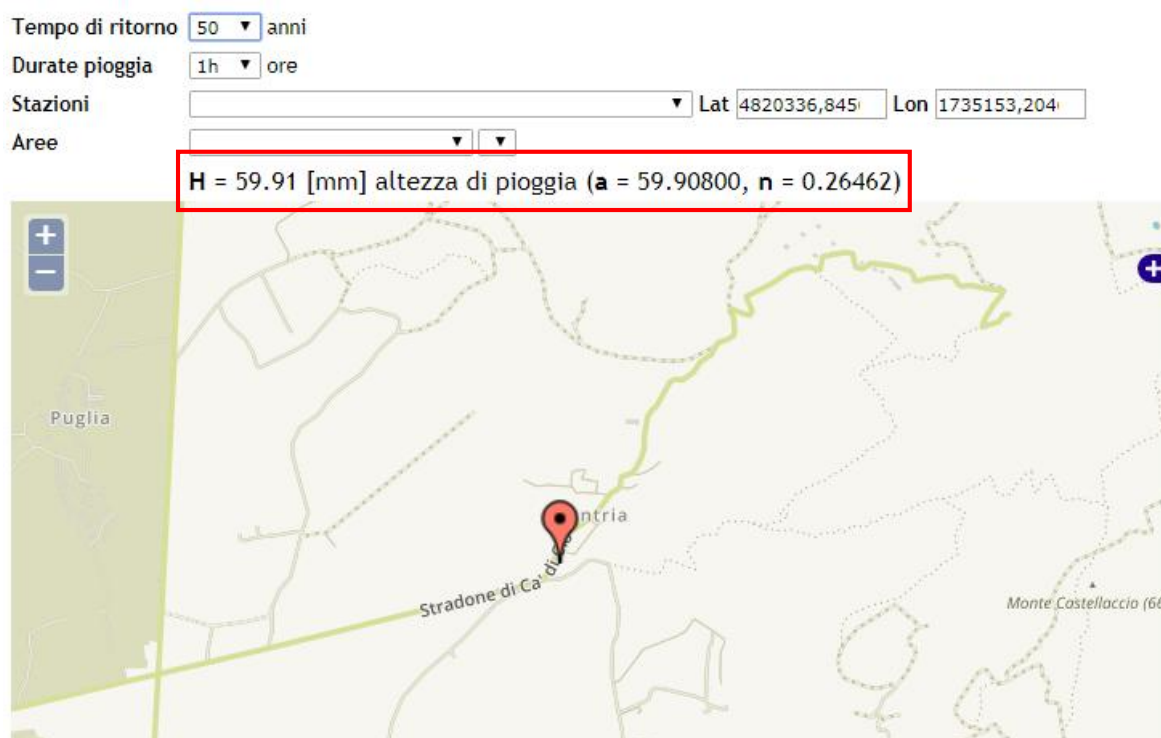


Figura 12 Parametri pluviometrici SIR TR50

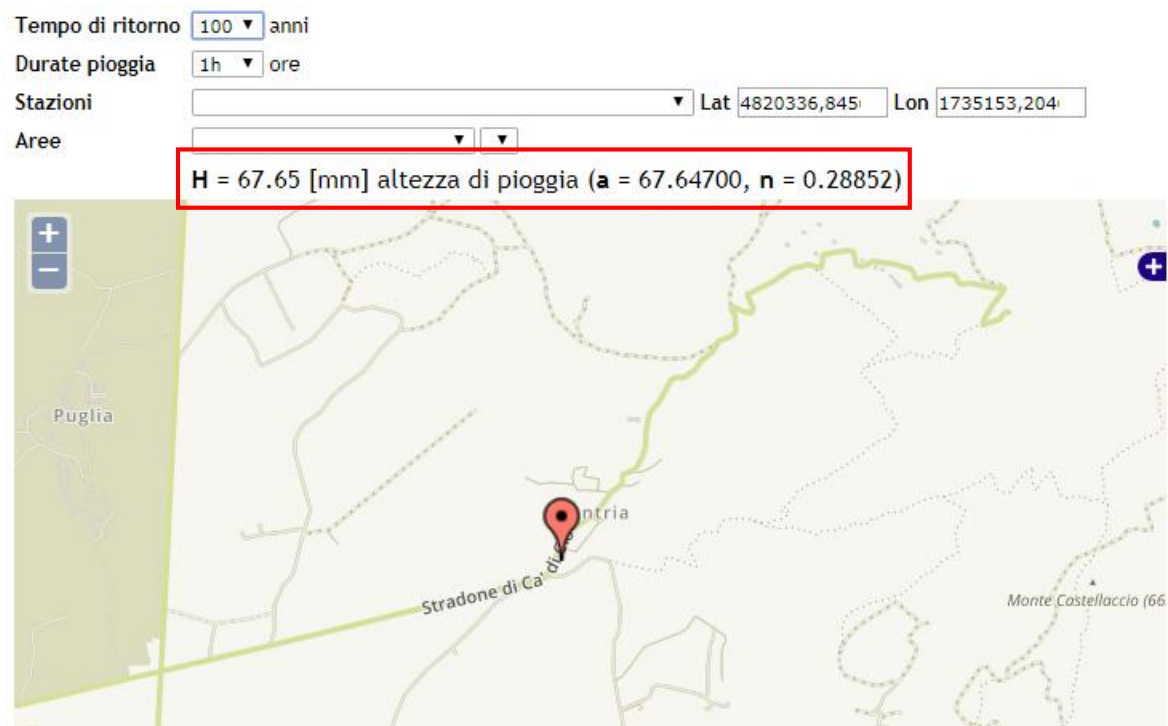


Figura 13 Parametri pluviometrici SIR TR100

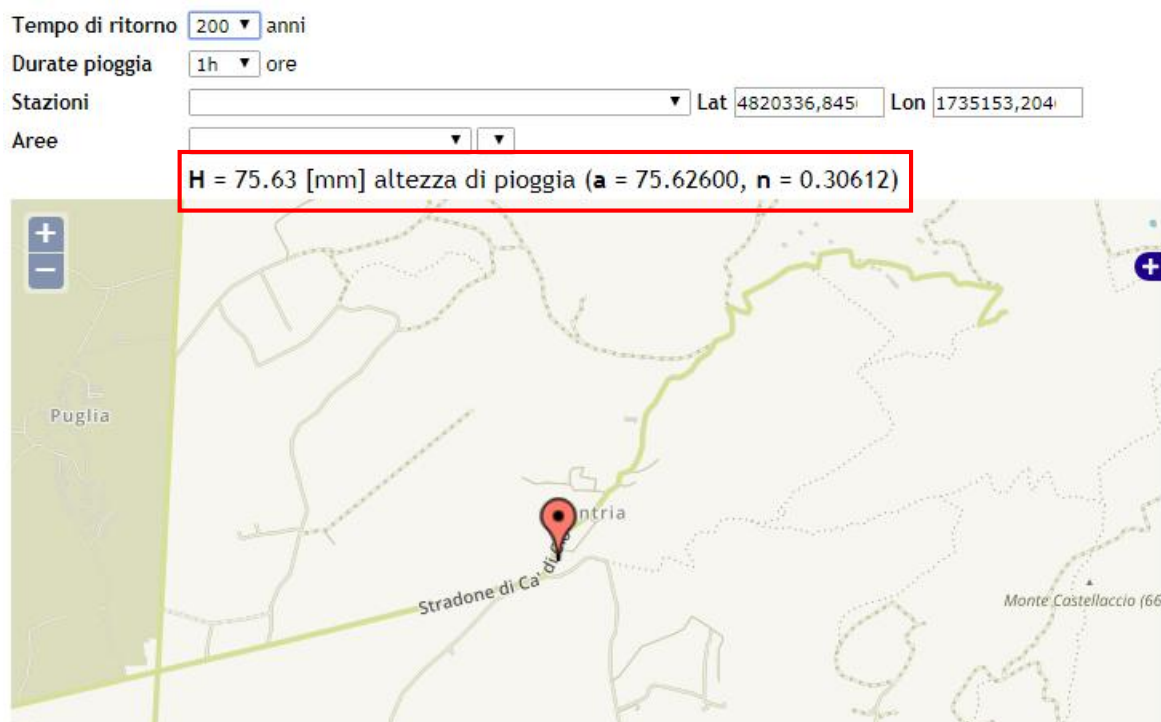


Figura 14 Parametri pluviometrici SIR TR200



Figura 15 Parametri pluviometrici SIR TR100

parametri LSPP		
TR	<i>a</i>	<i>n</i>
10	42.737	0.20109
20	50.086	0.22467
50	59.908	0.26462
100	67.647	0.28852
200	75.626	0.30612
500	86.893	0.32001

Tabella 6 Parametri pluviometrici per ubicazione tramite SIR

A favore di sicurezza verranno adottate quelle ricavate da progetto SIR della Regione Toscana.

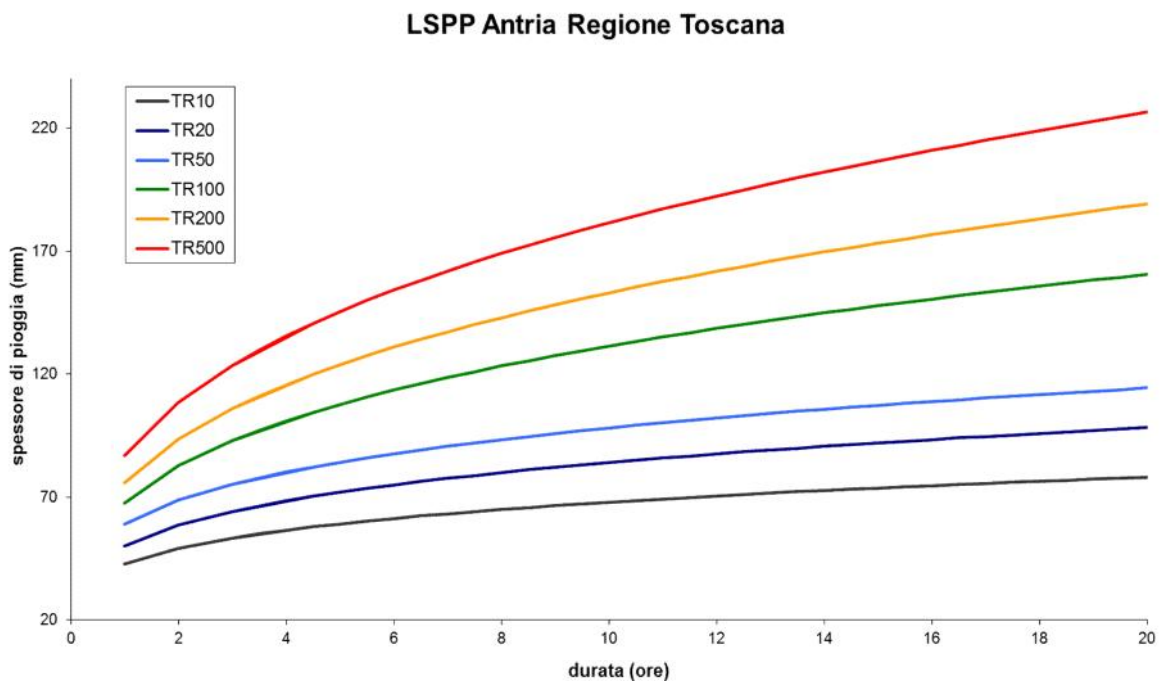


Figura 16 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica località Antria SIR Regione Toscana.

La costruzione dello ietogramma di pioggia di progetto, a partire dalle LSPP ridotte all'area, prevede la definizione preliminare dell'estensione temporale dello ietogramma stesso, ovvero della durata dell'evento.

Nel caso di bacini idrografici naturali, tale durata, che rappresenta il tempo di permanenza dell'acqua nel bacino, viene stimata come la base del GIUH calcolato in precedenza (Fig.8).

In particolare, data la forma del ramo di discesa dell'idrogramma, la durata dell'evento viene considerata come l'intervallo temporale entro cui le ordinate dell'idrogramma assumono

valori superiori ad una piccola percentuale del valore di picco (tipicamente 5%).

Nel caso del presente studio, tale intervallo risulta pari a 4.25 ore.

Nota la durata, è stato possibile procedere alla costruzione degli ietogrammi di pioggia lorda di progetto per i tempi di ritorno di interesse.

Il vincolo da tenere in considerazione nella disposizione temporale degli spessori di pioggia è la congruenza con le LSPP. Nel caso specifico è stata poi assunta la distribuzione a blocchi alternati che permette di fornire una descrizione più realistica dell'evoluzione temporale di un evento pluviometrico, oltre a rappresentare un approccio né a sfavore di sicurezza, né troppo a favore (Fig. 17 a-d). L'analisi di dettaglio delle diverse configurazioni di pioggia e degli effetti prodotti negli idrogrammi di piena è riportata in Fig.15.

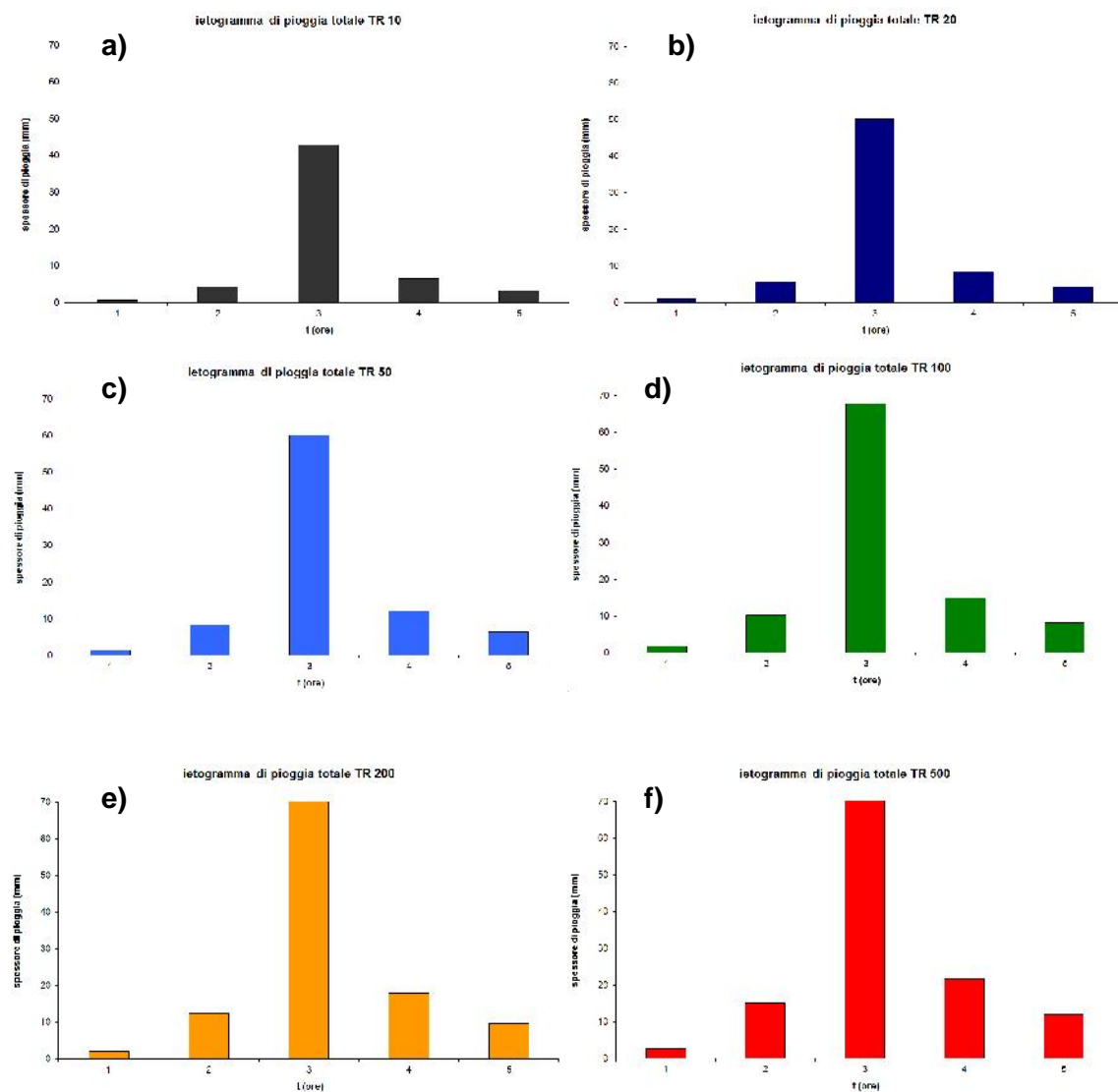


Figura 17 a-f) – Ietogrammi di pioggia totale per i tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

4.3. Stima delle perdite

La stima delle perdite di precipitazione, per la maggior parte attribuibili a processi di infiltrazione nel sottosuolo, consente di calcolare il valore della pioggia effettiva, responsabile del deflusso diretto.

Il metodo per la stima delle perdite proposto dall'ente americano *Soil Conservation Service*, largamente impiegato anche in Italia nel caso di bacini idrografici non strumentati, calcola i valori di pioggia effettiva mediante la stima della capacità di ritenzione del suolo, S , funzione delle caratteristiche geologiche e di uso del suolo tramite il parametro sintetico indicato come *curve number (CN)*.

I valori di CN adottati per le diverse categorie di tipo e uso del suolo sono sintetizzati in Tab.7.

Considerate le ridotte dimensioni del bacino di studio e la sostanziale uniformità delle caratteristiche geologiche e di uso del suolo, il valore di CN impiegato per la costruzione dello ietogramma di pioggia effettiva è stato calcolato come valore medio pesato rispetto alle aree sull'intera superficie di interesse (Fig.18). Il valore di CN medio ottenuto è pari a 80.17 e corrisponde ad una condizione iniziale di contenuto medio di acqua nel suolo (categoria II).

USO	Tipo di suolo	Area [Km2]	Area [%]	CN
Colture estensive	A	0.008	0.32	72
	C	0.067	2.65	84
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	B	0.023	0.91	71
	C	0.631	24.91	81
Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile (acero-frassino, carpino nero-orniello)	B	0.015	0.59	66
	C	1.458	57.56	80
Brughiere e cespuglieti	C	0.090	3.55	80
Macchia alta	C	0.033	1.30	80
Macchia bassa e garighe	C	0.157	6.20	80
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	C	0.051	2.01	80
CN medio				80.17

Tabella 7 - Valori di CN adottati per le differenti categorie di tipo e uso del suolo.

I valori della pioggia effettiva sono quindi ricavati dalla relazione fondamentale del metodo SCS, nella quale la perdita iniziale di precipitazione è stata stimata pari al 20% della capacità di ritenzione del suolo (ipotesi comunemente accettabile):

$$R_e = \frac{(R - 0.2S)^2}{R + 0.8S}$$

dove:

R = spessore di pioggia totale (mm);

R_e = spessore di pioggia effettiva (mm);

S = capacità di ritenzione del suolo (mm), pari a:

$$S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

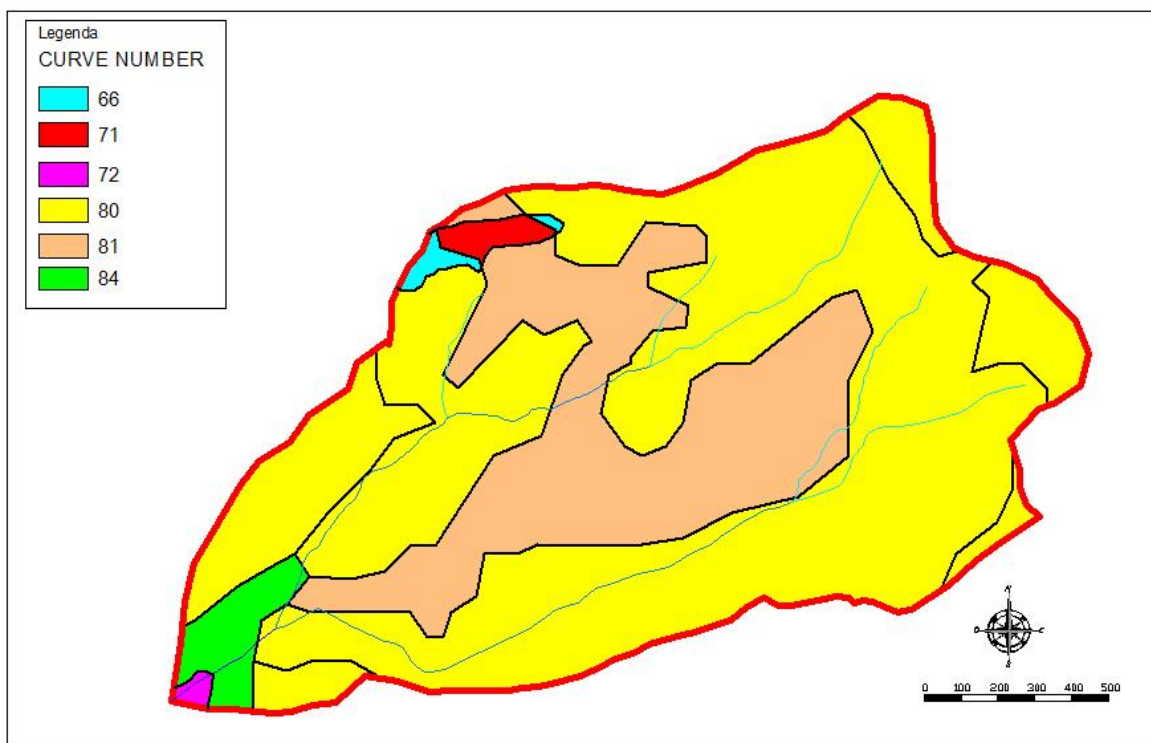


Figura 18 Distribuzione del parametro CN sul bacino.

In Fig.19 a-d) vengono riportati gli ietogrammi di pioggia effettiva calcolati.

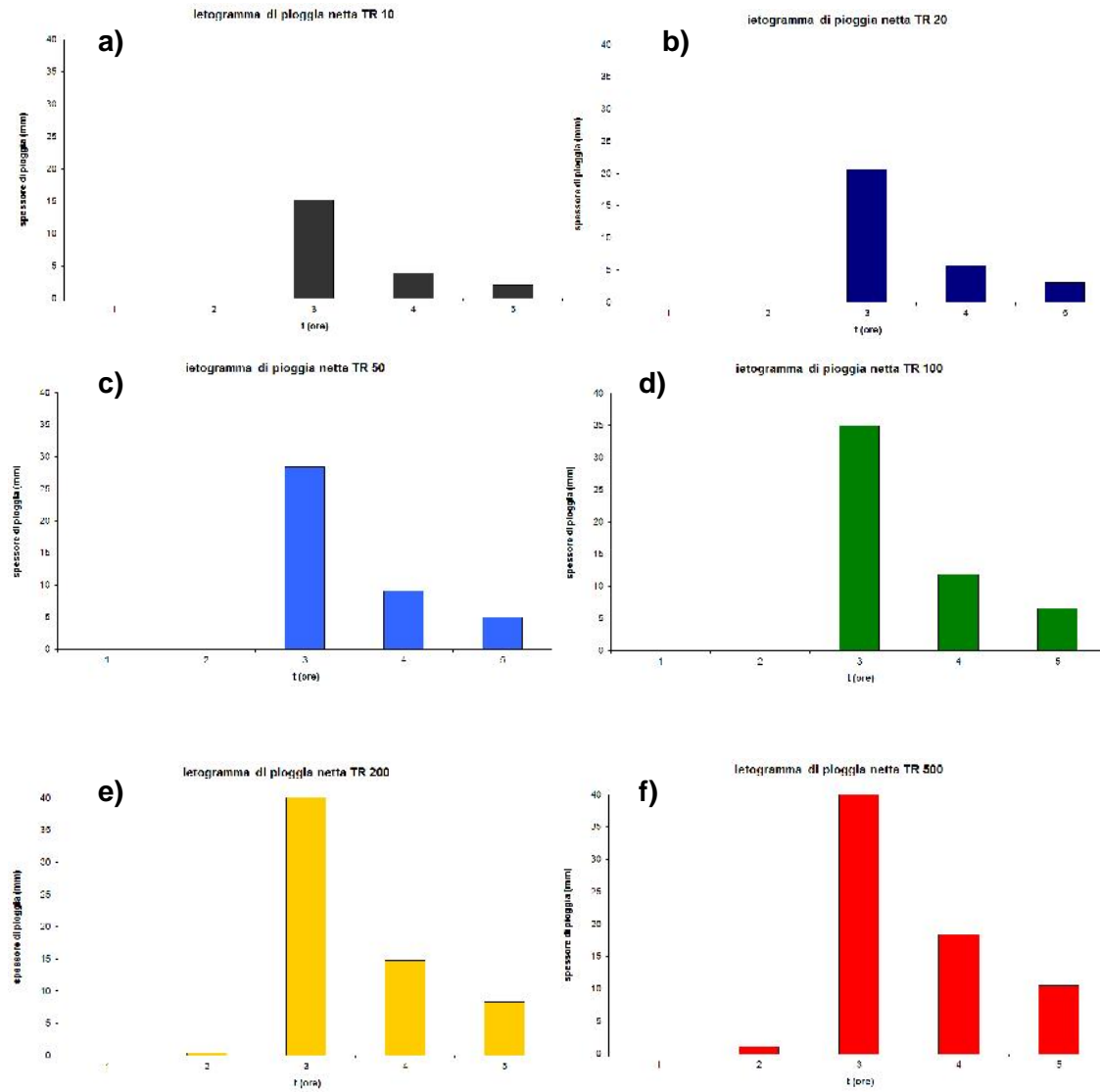


Figura 19 a-f) – Ietogrammi di pioggia effettiva per i tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200, 500 anni.

4.4. Idrogrammi Di Piena Di Progetto

Il calcolo dell'idrogramma di progetto consiste nella determinazione della risposta complessiva del bacino ad una pioggia netta di progetto, nota la risposta unitaria istantanea (IUH) del bacino medesimo.

In particolare, l'onda di piena per assegnato tempo di ritorno è stata determinata mediante convoluzione discreta tra i valori di pioggia effettiva di pari tempo di ritorno e l'idrogramma unitario istantaneo di tipo geomorfologico:

$$Y(t) = \int_0^t \frac{v(\tau)}{R_u} h(t-\tau) d\tau \Rightarrow Y_i = \sum_{j=1}^i \frac{v_j}{R_u} H_{i-j+1} \Delta t$$

dove:

$Y(t)$ = idrogramma di piena di assegnato tempo di ritorno;

$v(t)$ = intensità di pioggia effettiva;

R_u = spessore di pioggia unitario;

$h(t)$ = idrogramma unitario istantaneo;

$H(t)$ = idrogramma di durata finita.

Le onde di piena associate ai tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni sono riportate in Fig.13. Per tutte le curve il tempo di picco stimato è intorno a 2 ore e un quarto circa dopo il raggiungimento del “tempo di ponding” (saturazione del suolo e inizio ruscellamento).

Infine i valori finali delle portate di picco sono riportate in Tab.5.

Tabella 8 – Portate di picco per TR = 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni nel bacino idrografico del Fosso delle Pergolacce con sezione di chiusura in prossimità del tratto pensile in località Antria (metodo GIUH)

tempo di ritorno	portate Fosso delle Pergolacce [m³/s]
10	4.66
20	6.75
50	10.16
100	13.07
200	16.17
500	20.52

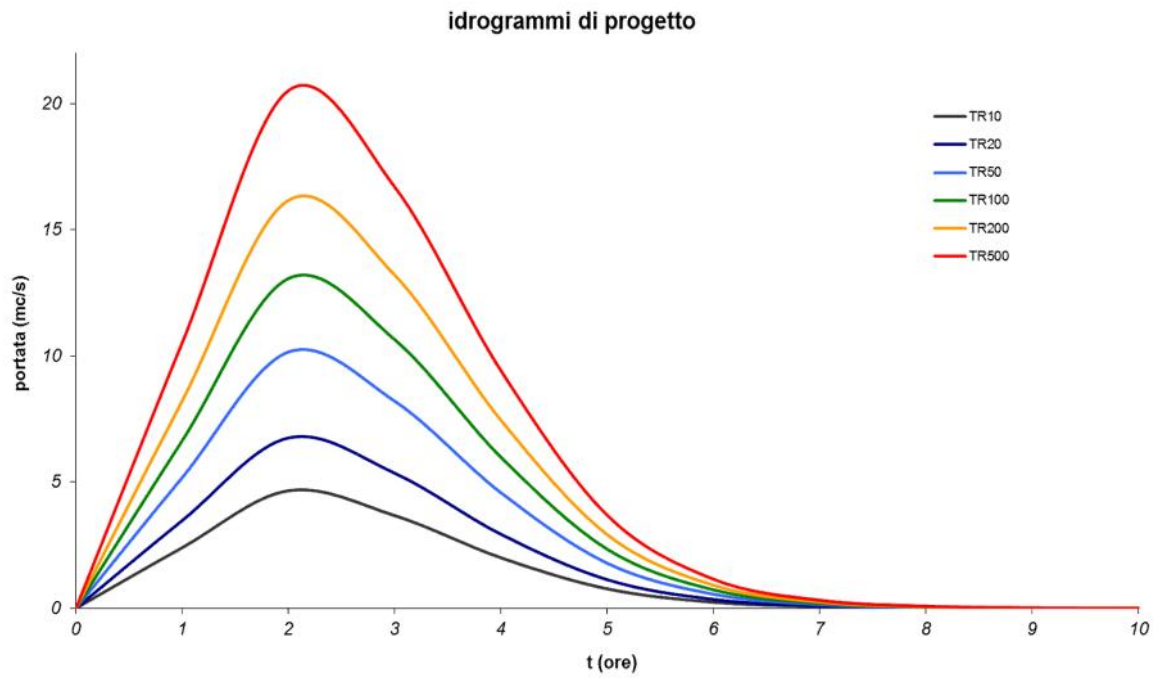


Figura 20 Onde di piena di progetto attese ai tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni nel bacino del Fosso delle Pergolacce (metodo GIUH).

Arezzo (AR), 20 Novembre 2018

Dott. Ing. Roberto Pancini