

COMUNE DI VALLEDORIA

Provincia di Sassari



PIANO URBANISTICO COMUNALE



GRUPPO DI LAVORO

Giovanni Antonetti	(Ingegnere)
Giovanna Casula	(Architetto)
Silvia Putzolu	(Ingegnere)
Piera Spano	(Geologo)
Walter Carta	(Agronomo)
Denise Marras	(Archeologo)
Giulia Urracci	(Agronomo)
Alessia Vargiu	(Ingegnere collaboratore)

IL SINDACO

TORE TERZITTA

IL RESPONSABILE UFFICIO TECNICO

Gian Pietro Oggiano (Ingegnere)

TAVOLA AA_02

ASSETTO AMBIENTALE_IDROLOGICO-IDRAULICO

RELAZIONE IDROLOGICA

Data
DICEMBRE 2016

Scala
-

INDICE

1	PREMESSE.....	2
2	METODOLOGIE DI CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA.	2
2.1	CURVA INVILUPPO DEI MASSIMI CONTRIBUTI UNITARI - FORMULA DI SIRCHIA-FASSÒ.....	3
2.2	LA FORMULA DI LAZZARI.	4
2.3	LA DISTRIBUZIONE PROBABILISTICA TCEV	5
2.4	METODO RAZIONALE	6
3	VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA.....	16
4	BACINI IDROGRAFICI E SEZIONI DI CONTROLLO.....	16
4.1	RIU CUGGIANI.....	17
4.2	RIU SANTINA	20
4.3	RIU PREADU	22
4.4	ASTA 4882	24

1 PREMESSE

I metodi di stima della portata di piena Q di assegnato tempo di ritorno T_r , cioè del numero medio di anni che occorre attendere affinché si abbia una portata pari o maggiore di Q , dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie che possono essere raccolte in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti, cioè elaborano le misure di portata disponibili per il bacino in Studio o per bacini idrologicamente simili, la seconda come Metodi Indiretti, fanno ricorso indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi-deflussi e a equazioni che permettono di ottenere la sola portata al colmo (metodi empirici, metodo razionale).

I primi prescindono dall'esame dell'influenza che i diversi fattori morfologici e climatici hanno sulla formazione dei deflussi di piena e si fondano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura di portate di piena.

I secondi invece consentono la valutazione della portata di massima piena sulla base di parametri morfometrici del bacino imbrifero o sull'impostazione di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena, in cui figura la precipitazione a cui è imputabile l'evento stesso. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

2 METODOLOGIE DI CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA.

Nel considerare le metodologie usualmente adottate per la valutazione delle portate di piena ai fini del dimensionamento delle opere di difesa dalle esondazioni, degli organi di scarico e delle sistemazioni fluviali in genere, per la Sardegna ci si può limitare a considerare tre tipi di approccio:

- quello empirico basato sulla curva di inviluppo dei massimi eventi osservati, proposto da Sirchia ed aggiornato a fine anni '60 da Fassò;
- quello a fondamento razionale, basato in genere su una schematizzazione in genere semplificata del processo di trasformazione afflussi-deflussi che nella sua usuale formulazione per la Sardegna utilizza le curve di possibilità pluviometrica date da Cao e altri e recentemente aggiornate;
- il modello probabilistico regionale per la valutazione delle portate di piena basato sulla distribuzione probabilistica Log-Normale e Two Components Extreme Values applicati ai dati massimi annuali di portata al colmo. La prima metodologia fu introdotta dal Lazzari nel 1967, mentre la seconda, in base a studi più recenti, interpreta i fenomeni di piena con la distribuzione TCEV nella quale la probabilità di non superamento è data dalla miscelanea di due distribuzioni esponenziali.

Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad

assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili.

Tra le metodologie messe a punto per i bacini sardi si riportano di seguito le più utilizzate. In esse i parametri del bacino sono indicati con i simboli e le unità di misura riportati, mentre la portata di piena Q è espressa sempre in m^3/s .

2.1 Curva inviluppo dei massimi contributi unitari - Formula di Sirchia-Fassò.

Tuttora utilizzata dal servizio idrografico per valutare la portata massima prevedibile in una sezione, il metodo consiste nel tracciare la curva o la superficie inviluppo dei punti rappresentanti i massimi valori dei contributi di piena in funzione di uno o più parametri morfologici del bacino. Sulla base delle osservazioni ad allora effettuate, la prima formulazione della curva per la Sardegna fu data da Sirchia. L'autore era dell'avviso che i valori di portata così calcolati fossero utilizzabili per la determinazione delle massime portate prevedibili per i bacini più impervi e rocciosi mentre, per gli altri, si dovesse far ricorso all'applicazione di un opportuno coefficiente di riduzione.

La curva dei massimi valori fu in seguito aggiornata da Fassò tenendo in conto, in particolare, dei valori di portata registrati durante la piena catastrofica dell'ottobre 1951.

La portata di piena per un bacino di superficie pari ad S chilometri quadrati è data da:

$$Q = \Psi \cdot q \cdot S$$

dove:

- Ψ è il coefficiente di riduzione;
- q è il massimo contributo unitario, espresso in $m^3/(s \text{ km}^2)$;
- S è la superficie del bacino, espressa in Km^2 .

Per la valutazione dei massimi contributi unitari sono inoltre suggerite le seguenti espressioni analitiche:

$$q = \Psi \cdot 45.8 \cdot S^{0.894} \quad (\text{per } S < 20 \text{ km}^2)$$

$$q = \Psi \cdot 207 \cdot S^{0.4} \quad (\text{per } S > 20 \text{ km}^2)$$

Sulla base delle indicazioni di Sirchia e con alcune considerazioni integrative è inoltre riportata la distribuzione geografica delle zone della Sardegna nelle quali il coefficiente Ψ si possa considerare compreso tra 0.8 ed 1.0, tra 0.6 e 0.8 e tra 0.4 e 0.6.

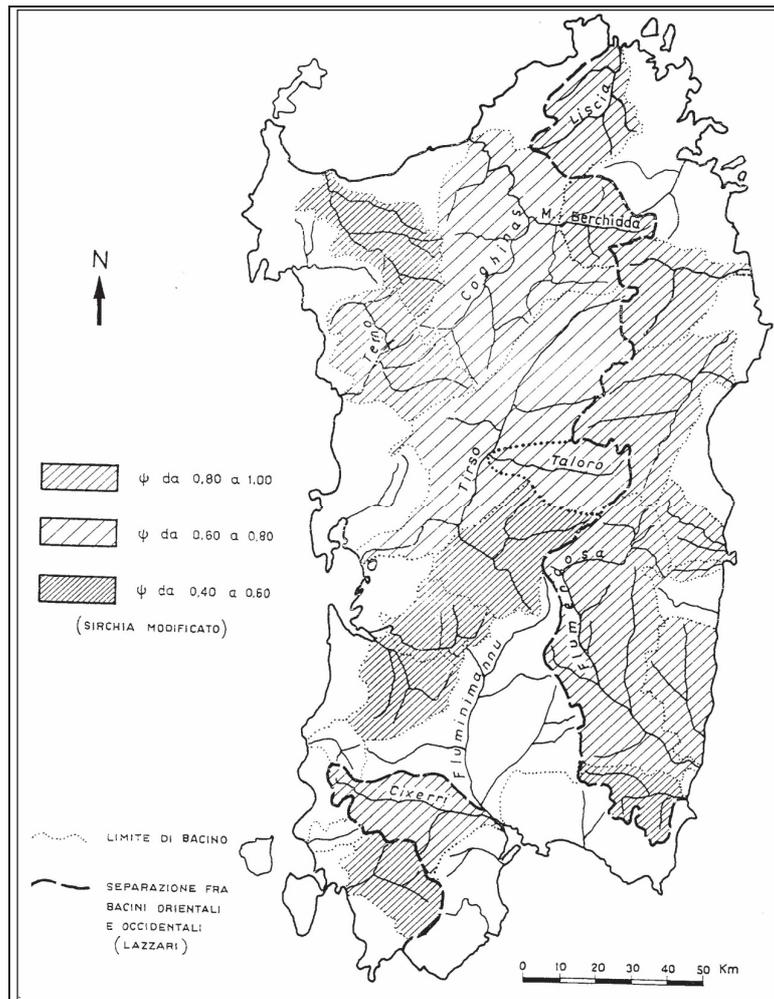


Figura 1. Mappatura del coefficiente Ψ di Sirchia-Fassò

Per il bacino in esame il valore di Ψ non viene fornito (la zona in cui ricadono i bacini in esame non è campita). Per la sua determinazione può valere la considerazione che il bacino sotteso presenta un'esposizione centro meridionale e può apparire abbastanza cautelativo adottare per Ψ un valore pari a 0.5.

Si precisa che nella formula di Sirchia-Fassò è assente qualunque riferimento probabilistico, per cui alla portata di piena stimata non è possibile associare alcun tempo di ritorno.

2.2 La formula di Lazzari.

La formula di Lazzari, desunta nel 1967 dall'analisi probabilistica regionalizzata dei dati di portata massima annua registrati nei bacini osservati in Sardegna, è la seguente:

$$Q = 10^{(\mu + u \cdot \sigma)}$$

dove:

- μ e σ sono i parametri della distribuzione lognormale delle portate;
- u è il frattile della distribuzione normale.

I parametri μ e σ sono espressi in funzione della la superficie del bacino S e dell'altitudine media del bacino Hm , differentemente per i bacini aventi esposizione orientale e occidentale, e precisamente:

(per i bacini aventi esposizione orientale)

$$\mu = 0.746 \cdot \log(S \cdot Hm) - 1.781$$

$$\sigma = 0.4413$$

(per i bacini aventi esposizione occidentale)

$$\mu = 0.956 \cdot \log(S \cdot Hm) - 2.995$$

$$\sigma = 0.3583$$

con la limitazione di applicabilità:

$$S \cdot Hm > 50000$$

Il bacino in studio, ha un'esposizione verso sud, e l'attribuzione alla tipologia di bacini orientale o occidentale è incerta. Quindi si ritiene opportuno, in via cautelativa, valutare le portate di piena nelle due ipotesi.

2.3 La distribuzione probabilistica TCEV

Uno studio probabilistico regionalizzato dei dati di portata massima annua registrati nei bacini osservati in Sardegna elaborato più recentemente è basato sulla distribuzione probabilistica TCEV, data dalla seguente espressione:

$$p = \exp(-\lambda_1 e^{-x/\theta_1} - \lambda_2 e^{-x/\theta_2})$$

dove p indica la probabilità di non superamento che si verifichi la portata di piena x relativa a quel determinato tempo di ritorno.

Il valore dei quattro parametri per i bacini sardi è stato stimato come segue:

(per tutti i bacini della Sardegna)

$$\theta = \theta_2/\theta_1 = 5.8866$$

$$\lambda = \lambda_2/\lambda_1\theta = 0.3938$$

(per i bacini con esposizione occidentale)

$$\lambda_1 = 6.286$$

$$\theta_1 = 0.1646 \text{ S}0.9235$$

(per i bacini con esposizione orientale)

$$\lambda_1 = 4.571$$

$$\theta_1 = 1.7677 \text{ S}0.6452$$

Il bacino in studio ha un'esposizione verso sud, e l'attribuzione alla tipologia di bacino occidentale.

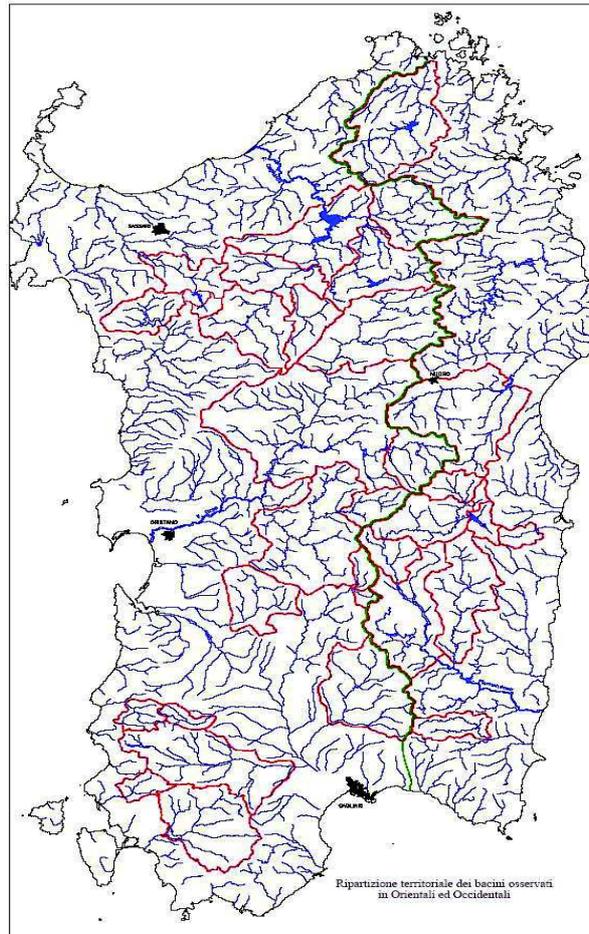


Figura 2. Definizione delle zone occidentale e orientale idrologicamente omogenee in base all'analisi Regionale condotta sui bacini evidenziati in rosso

2.4 Metodo Razionale

Il metodo razionale è l'espressione di un modello deterministico elementare a fondamento cinematico. Nell'applicazione del metodo si attribuisce implicitamente all'evento di piena la stessa probabilità dell'evento di pioggia e quindi il medesimo tempo di ritorno. La valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno, sulla base di uno schematico bilancio idrologico in regime di piena, è data dalla seguente relazione:

$$Q = \frac{\phi * ARF * S * H(Tc)}{3.6 * Tc}$$

nella quale:

- ϕ è il coefficiente di deflusso e rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie;
- ARF (Areal Reduction Factor) è il coefficiente di ragguglio delle piogge all'area ed esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno;
- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- Tc è il tempo di corrivazione, espresso in ore;
- H è l'altezza di precipitazione che cade in un punto del bacino in una durata pari a Tc per un assegnato tempo di ritorno, espressa in mm;
- 3.6 è un fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere la portata in m³/s.

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

Ai fini della determinazione del tempo di corrivazione, nell'individuazione del punto idraulicamente più lontano del bacino si è considerato ovviamente non solo la distanza planimetrica ma anche la quota del punto stesso.

Per la valutazione del tempo di corrivazione vengono generalmente proposte moltissime espressioni empiriche fra le quali sembrano particolarmente adatte alla Sardegna le seguenti:

Formula di Viparelli $Tc = \frac{L}{3.6 * v}$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale, espressa in Km;
- 3.6 è un fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere il tempo di corrivazione in ore;
- v è una velocità media di scorrimento che in genere si può ritenere pari a 1÷1.5 m/s.

Formula di Giandotti $Tc = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_m + H_o}}$

dove:

- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- L è la lunghezza dell'asta principale, espressa in Km;
- H_m è la quota media del bacino, espressa in m s.l.m.;
- H_o è la quota della sezione di chiusura, espressa in m s.l.m.

Formula di Ventura
$$T_c = \frac{0.127 \cdot \sqrt{S}}{\sqrt{i_m}}$$

dove:

- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- i_m è la pendenza media dell'asta principale.

Formula di Pasini
$$T_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i_m}}$$

dove:

- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- L è la lunghezza dell'asta principale, espressa in Km;
- i_m è la pendenza media dell'asta principale.

Formula di Kirpich (1940)
$$T_c = 0.000325 \cdot \frac{L^{0.77}}{i_v^{0.385}}$$

dove:

- T_c è il tempo di corrivazione (h);
- L è la lunghezza dell'asta principale, espressa in Km;
- i_v è la pendenza media del versante (-).

Formula di Puglisi
$$T_c = \frac{6 \cdot L^{\frac{2}{3}}}{(h_{max} - h_{min})^{1/3}}$$

dove:

- T_c è tempo di corrivazione;
- (h) h_{max} è la quota massima del bacino;
- h_{min} è quota della sezione di chiusura (m s.l.m.);
- L è lunghezza dell'asta principale (km).

Formula di Tournon
$$T_c = \frac{0.396 \cdot L}{\sqrt{i}} \cdot \left(\frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{i}{i_v}} \right)^{0.72}$$

dove:

- T_c è tempo di corrivazione;
- L è lunghezza dell'asta principale (km).
- i è la pendenza media dell'asta principale (-).
- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- i_v è la pendenza media del versante (-).

Formula di Pezzoli $T_c = \frac{0.055 * L}{\sqrt{i}}$

dove:

- T_c è tempo di corrivazione;
- L è lunghezza dell'asta principale (km).
- i è la pendenza media dell'asta principale (-).

Formula del Soil Conservation Service $T_c = 0.00227 * \frac{(1000 * L)^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]}{i_b^{0.5}}$

dove:

- i_b è la pendenza media del bacino (-).
- L è lunghezza dell'asta principale (km).

Di fatto, tuttavia, le espressioni empiriche precedenti forniscono, per il medesimo bacino, risultati spesso discordanti e, comunque, caratterizzati da ampi margini di incertezza. Recenti analisi sono state dedicate al tentativo di dedurre un metodo di stima del tempo di corrivazione dei bacini dell'Isola in base alle caratteristiche dei tracciati idrometrografici. Sulla base dell'analisi di correlazione multipla per i valori relativi a 18 stazioni per quali si disponeva di base di dati sufficiente, si è ricavata la relazione:

Formula VAPI-Sardegna $T_c = 0.212 * S^{0.231} * \left(\frac{H_m}{J_m} \right)^{0.289}$

dove:

- S è la superficie del bacino, espressa in Km²;
- H_m è la quota media del bacino, espressa in m s.l.m.;
- j_m è la pendenza dell'asta principale.

Dal confronto tra i valori dei tempi di corrivazione stimate con quest'ultima formula e quelli di cui sopra, risulta che i tempi stimati con quest'ultima formula, per i bacini di minore estensione, risultano superiori ai tempi stimati con le espressioni empiriche date precedentemente, mentre per i bacini maggiori sono in discreto accordo con i valori che si ottengono.

In generale, nell'applicare la formula razionale per la valutazione della portata di piena, si può ritenere che la formula VAPI Sardegna fornisca un accettabile approssimazione del tempo di corrivazione per i bacini di adeguata estensione, mentre, in alternativa, data la elevata empiricità delle formule, si può analizzare il dato in ordine alla tipologia di bacino.

ALTEZZA DI PIOGGIA

Per determinare l'altezza di pioggia da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa ricorso alle curve di possibilità pluviometrica che caratterizzano il regime pluviometrico sardo.

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE ARF

La stima di ARF, coefficiente di ragguaglio delle piogge all'area, legata alla durata della precipitazione e alla superficie del bacino, è espressa da diverse formulazioni tra cui quella usata nel VAPI Sardegna che fa riferimento al Flood Studies Report - Wallingford Institute, UK 1977:

$$\begin{aligned} \text{per } S < 20 \text{ km}^2 & \quad ARF = 1 - (0.0394 \cdot S^{0.354}) \cdot T_c^{(-0.40 + 0.0208(4.6 - \ln(S)))} \\ \text{per } S > 20 \text{ km}^2 & \quad ARF = 1 - (0.0394 \cdot S^{0.354}) \cdot T_c^{(-0.40 + 0.003832(4.6 - \ln(S)))} \end{aligned}$$

dove

T_c è il tempo di corrivazione, espresso in ore;

- S è la superficie del bacino, espressa in Km^2 .

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI CAO-PUDDU

L'altezza di precipitazione $H(\tau)$ è legata alla durata ed al tempo di ritorno attraverso la curva di possibilità pluviometrica calibrata da Cao e Puddu:

$$H(\tau) = 10^{a+u \cdot b} \cdot \tau^{c+u \cdot d}$$

dove $H(\tau)$ è espressa in mm, e:

- a, b, c, d sono parametri legati alla posizione geografica del bacino e riportati nella tabella seguente;
- u è il frattile della distribuzione normale;
- τ è la durata dell'evento meteorico, espresso in ore.

gruppo	a	b	c	d
1	0.31354	-0.00183	1.28174	0.17609
2	0.34448	-0.00807	1.30625	0.15331
3	0.35997	0.02868	1.38058	0.18845
4	0.45344	0.04835	1.48726	0.19867

Per il bacino in esame, il gruppo potrebbe essere il primo o il terzo, quindi si ritiene opportuno, valutare la portata di piena nelle due ipotesi.

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI PIGA - LIGUORI

L'altezza di precipitazione $H(\tau)$ è legata alla durata ed al tempo di ritorno attraverso la curva di possibilità pluviometrica calibrata nel 1985 da Piga-Liguori (che rielaborarono quelle già stabilite nel 1969 da Cao Puddu e Pazzaglia, ed adottano le stesse metodologie ma aggiornando la base dati):

$$H(\tau) = 10^{a+u \cdot b} \cdot \tau^{c+u \cdot d}$$

dove $H(\tau)$ è espressa in mm, e:

- a, b, c, d sono parametri legati alla posizione geografica del bacino e riportati nella tabella seguente;
- u è il frattile della distribuzione normale;
- è la durata dell'evento meteorico, espresso in ore.

gruppo	a	b	c	d
1	0.305043	-0.0171463	1.273175	0.179731
2	0.359699	-0.0179413	1.296258	0.167487
3	0.418225	0.0090927	1.379027	0.164598
4	0.497194	0.0412504	1.460799	0.191831

Per il bacino in esame il gruppo è il primo.

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI DEIDDA – PIGA - SECHI

L'altezza di pioggia $H(\tau)$ è data dalla curva di possibilità pluviometrica, calibrata nel 1997:

$$H(Tc) = (a_1 \cdot a_2) \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g , con μ_g dipendente dalla posizione geografica del bacino (fig.5).

$$a_1 = \mu_g / (0.886.24 n_1)$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \log \mu_g$$

I coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni seguenti per differenti tempi di ritorno Tr , durata dell'evento meteorico τ e sottozona di appartenenza:

- per tempi di ritorno $Tr \leq 10$ anni

per la sottozona 1:

$$a_2 = 0.66105 + 0.85994 \log Tr$$

$$n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \log Tr$$

per la sottozona 2:

$$a_2 = 0.64767 + 0.89360 \log Tr$$

$$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \log Tr$$

per la sottozona 3:

$$a_2 = 0.62408 + 0.95234 \log Tr$$

$$n_2 = -2.5392 \cdot 10^{-2} + 4.7188 \cdot 10^{-2} \log Tr$$

- per tempi di ritorno $Tr > 10$ anni

per la sottozona 1:

$$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \log Tr$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log Tr - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log T)^2$$

(per $\tau \leq 1$ ora)

$$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log Tr$$

(per $\tau > 1$ ora)

per la sottozona 2:

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \log Tr$$

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 \log Tr - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\log Tr)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log Tr \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

per la sottozona 3:

$$a_2 = 0.41273 + 1.1370 \log Tr$$

$$n_2 = -0.19055 + 0.25937 \log Tr - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\log Tr)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} + 7.6250 \cdot 10^{-3} \log Tr \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

Per il bacino in esame ricade nella II sottozona.

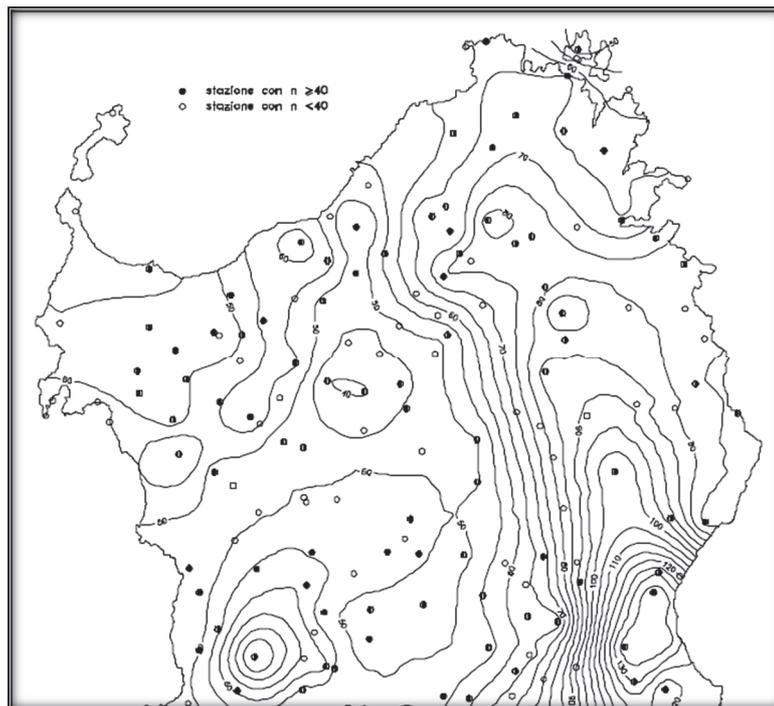


Figura 3. Carta delle piogge indice giornaliera

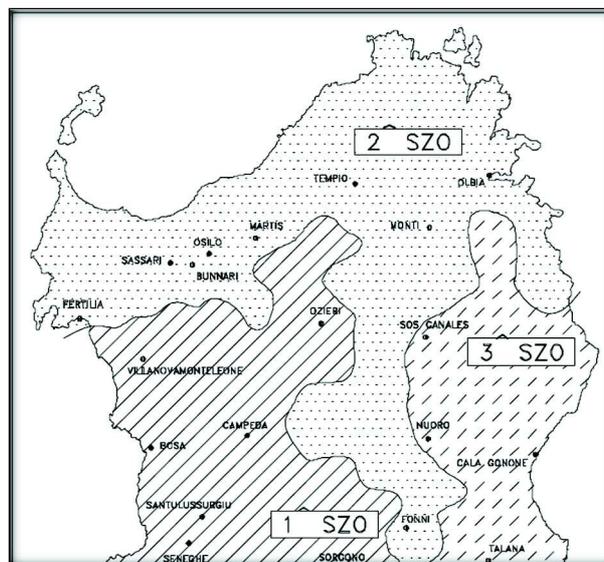


Figura 4. Carta delle sottozone

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Nell'applicazione della formula razionale merita particolare attenzione la valutazione del coefficiente di deflusso che viene definito come rapporto tra il volume d'acqua defluito attraverso la sezione terminale del bacino e il volume d'acqua caduto per precipitazione all'interno di tutto il bacino, ossia rappresenta il rapporto tra pioggia netta e pioggia totale. Esso dipende soprattutto dalla copertura vegetale, dalle caratteristiche del suolo e dalle relative condizioni iniziali di umidità diverse, in generale, da evento a evento. In assenza di informazioni specifiche, si può valutare il coefficiente Φ del metodo razionale nei svariati modi che la letteratura specializzata propone, tra i quali:

- valutare Φ per diversi tipi di superficie, in funzione della pendenza i e del tempo di ritorno Tr della precipitazione, attraverso la Tabella della normativa tecnica della città di Austin (Texas, USA) (Chow e altri, 1988)

	2	5	10	50	100	200	500	1000	10000
asfalto	0.73	0.77	0.81	0.90	0.95	0.97	1.00	1.00	1.00
calcestruzzo, tetti	0.75	0.80	0.83	0.92	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00
coltivazioni ($i=0-2\%$)	0.31	0.34	0.36	0.43	0.47	0.51	0.57	0.61	0.75
coltivazioni ($i=0-2\%$)	0.35	0.38	0.41	0.48	0.51	0.55	0.60	0.64	0.76
coltivazioni ($i>7\%$)	0.39	0.42	0.44	0.51	0.54	0.57	0.61	0.64	0.74
pascoli ($i=0-2\%$)	0.25	0.28	0.30	0.37	0.41	0.46	0.53	0.58	0.74
pascoli ($i=0-2\%$)	0.33	0.36	0.38	0.45	0.49	0.53	0.58	0.62	0.75
pascoli ($i>7\%$)	0.37	0.40	0.42	0.49	0.53	0.56	0.60	0.63	0.74
boschi ($i=0-2\%$)	0.22	0.25	0.28	0.35	0.39	0.43	0.48	0.52	0.65
boschi ($i=0-2\%$)	0.31	0.34	0.36	0.43	0.47	0.51	0.56	0.60	0.73
boschi ($>7\%$)	0.35	0.39	0.41	0.48	0.52	0.55	0.58	0.61	0.72

- valutare Φ attraverso la formula di Harolds che pone:

$$\phi = \phi_{100} (Tr / 100)^{0.2}$$

dove Φ è il coefficiente di deflusso relativo ad un generico tempo di ritorno Tr e Φ_{100} è il coefficiente di deflusso relativo a un tempo di ritorno di 100 anni. I valori di Φ_{100} , in funzione del tipo di terreno e della vegetazione, possono essere desunti dalla tabella seguente.

tipo di terreno	bassa densità vegetale	alta densità vegetale
impermeabile	0.85	0.77
debolmente permeabile	0.7	0.6
permeabile	0.55	0.5

- ricorrere al metodo del Curve Number, elaborato dal Soil Conservation Service.

Il coefficiente Φ può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = \frac{(H - 0.2 \cdot S)^2}{H \cdot (H + 0.8 \cdot S)} \quad \text{con} \quad S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

L'applicazione di questo metodo presuppone, oltre la conoscenza della precipitazione totale H , la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra 0 (superficie perfettamente impermeabile) a infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale).

La valutazione di S presuppone la stima del parametro CN, denominato curve number, che assume valori compresi tra 100 e 0. Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si stima, sulla base dei valori riportati nella tabella precedente, in relazione alle caratteristiche ideologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. La stima del CN presuppone inizialmente la determinazione del gruppo ideologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica. A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN; il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.

Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedente all'inizio dell'evento AMC (Antecedent Moisture Condition). La definizione di AMC richiede la determinazione della precipitazione totale caduta dei cinque giorni precedenti l'evento in esame.

USO DEL SUOLO	TIPO DI DRENAGGIO	CONDIZIONI IDROLOGICHE	TIPO DI TERRENO			
			A	B	C	D
<i>Terreno Residenziale</i>						
Zone urbane	85% impermeabile	qualsiasi	89	92	94	95
Zone industriali	72% impermeabile	" "	81	88	91	93
Casa a schiera	65% impermeabile	" "	77	85	90	92
Ville isolate	25% impermeabile	" "	54	70	80	85
Parcheggi	100% impermeabile	" "	98	98	98	98
Parchi	75% a verde	" "	39	71	74	80
Strade pavimentate	Con cunette e fognatura	" "	98	98	98	98
Strade in macadam	---	" "	76	85	89	91
Strade sterrate	---	" "	72	82	87	89
<i>Terreno Agricolo</i>						
Prato stabile	---	qualsiasi	77	86	91	94
Seminativo	Solchi a rittocchino	Cattive	65	76	84	88
Seminativo	Solchi a rittocchino	Buone	63	75	83	87
Seminativo	Solchi a traversochino	Cattive	63	74	82	85
Seminativo	Solchi a traversochino	Buone	61	73	81	84
Seminativo	Terrazzato	Cattive	61	72	79	82
Seminativo	Terrazzato	Buone	59	70	78	81
Pascolo	---	Cattive	68	79	86	89
Pascolo	---	Discrete	49	69	79	84
Pascolo	---	Buone	39	71	64	80
Erbaio	---	qualsiasi	30	58	71	78
Terreno boschivo	---	Cattive	45	66	77	83
Terreno boschivo	---	Discrete	36	60	73	79
Terreno boschivo	---	Buone	25	55	70	77

Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l'evento (AMCII).

Classe	Valori di CN corrispondenti alle diverse classi AMC										
I	100	78	63	51	40	31	22	15	9	4	0
II	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
III	100	96	91	85	78	70	60	50	37	22	0

Tabella di conversione per AMC I e III.

Gruppo	TIPO DI TERRENO
A	Suolo con alta capacità di infiltrazione, anche se già bagnato. Principalmente sabbia e ghiaia, con strati profondi e ben drenati.
B	Suolo con moderata capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Moderato drenaggio profondo. Tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
C	Suolo con piccola capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Solitamente presentano uno strato che impedisce il drenaggio verticale o possiedono una tessitura da moderatamente fina a fina.
D	Suolo con molto piccola capacità di infiltrazione. Principalmente argille con alto potenziale di rigonfiamento; suoli con livello di falda alto e permanente; suoli con strati argillosi in superficie; suoli poco profondi su strati impermeabili o semi-impermeabili.

Caratteristiche dei gruppi di suolo

Estrapolate le diverse tipologie di aree all'interno di ogni sottobacino, è stata effettuata una media pesata (con peso il valore in mq dell'area di uso del suolo omogeneo) al fine di definire il CN(II) medio con la seguente formula:

$$CN(II)_{medio} = \frac{\sum CN(II)_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

nella quale CN(II)_i è il valore del CN(II) riguardante l'iesima area a cui è associato uno specifico uso del suolo, mentre A_i è il valore dell'area stessa in mq. Tali valori sono stati poi cautelativamente incrementati relazionandoli allo stato di imbibizione del terreno prima dell'evento di piena.

Si è considerata infatti la presenza di una pioggia superiore a 50 mm nei 5 giorni antecedenti l'evento di piena (classe A.M.C. III – pioggia totale nei cinque giorni precedenti l'evento). Il nuovo valore di CN, che tiene conto di tale considerazioni, è denominato CN(III). La formula che lega il CN(II) al CN(III) è la seguente (formulazione di Chow - Applied Hydrology):

$$CN(III) = 23 \cdot CN(II) / 10 + 0.13 \cdot CN(II)$$

Si sono così ottenuti i valori del CN effettivamente utilizzati per il calcolo dei tempi di corrivazione per i diversi bacini analizzati, ovvero quelli che prevedono il terreno in condizioni di massima saturazione.

Per il calcolo di valori omogenei del CN si è fatto riferimento alla carta dell'uso suolo allegata allo studio di compatibilità geologica e geotecnica. Il valore del CN, calcolato per tutti i bacini considerati si è rivelato basso. Tali valori comporterebbero valori di portata paragonabili a quelle ottenibili con coefficiente di deflusso pari a 0.3 – 0.4. Tali valori, non appaiono allo scrivente sufficientemente cautelativi per cui, in fase di calcolo delle portate si imporrà un valore minimo del CN pari a 90, assimilabile all'utilizzo di un coefficiente di deflusso di 0.4-0.6.

Asta	CN(II)	CN(III)
Riu Cuggiani a valle	74.92	87.29
Riu Cuggiani mediano	74.36	86.96
Riu Cuggiani a monte	73.00	86.15
Riu Preadu	70.70	84.73
Asta 4882	76.19	88.04
Riu Santina	81.00	90.74

Tabella riassuntiva dei valori del CN calcolato per i bacini in studio

3 VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

Mettendo a raffronto le stime effettuate con i criteri sopra esposti, vengono riportati i risultati dei calcoli delle portate di piena valutate, relativi al tempo di ritorno di 50 -100 - 200 – 500 anni.

Per la scelta della portata di piena da adottare, si può ritenere di poter scartare innanzitutto sia il metodo di Sirchia-Fassò, in quanto già scarsamente attendibile in partenza, sia i metodi di Lazzari e TCEV, in quanto, forniscono stime della portata di piena molto difformi dagli altri metodi. Per quanto riguarda la formula di Sirchia-Fassò si ricorda l'impossibilità di definire un tempo di ritorno della portata stimata, mentre il metodo di Lazzari è non applicabile ai bacini in esame e il metodo TCEV risulta scarsamente applicabile a bacini di piccole dimensioni, come quelli in esame.

In merito al Metodo Razionale, sebbene caratterizzato dai problemi riguardo l'incertezza delle valutazioni relative ai tempi di corrivazione, alle precipitazioni ragguagliate e alle entità di piogge nette, i valori delle portate di piena così stimate con le diverse curve di possibilità pluviometrica, non presentano grosse differenze. In questo contesto, si può ritenere sufficientemente attendibile stimare le portate di piena con questa metodologia, riferendosi comunque ai valori più cautelativi tra le tre curve.

4 BACINI IDROGRAFICI E SEZIONI DI CONTROLLO

Stabilita una volta per tutte la metodologia per il calcolo della portata occorre definire i bacini e quindi le sezioni di controllo rispetto alle quali valutare le portate.

Uno schema dei bacini considerati è riportato nella tavola grafica dedicata.

Il tracciamento dei bacini è stato fatto in ambiente GIS e integrato con applicativi dedicati all'elaborazione idrologica. In particolare si è proceduto alla creazione di un modello digitale del terreno (DEM) costituito da una griglia a maglia quadrata ottenuta da un algoritmo triangolare ottimizzato (TIN), a sua volta desunto dalla trasformazione numerica delle isocore vettoriali 3D tratte dall'aerofotogrammetria in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale. Il DEM così elaborato costituisce la base altimetrica su cui individuare la linea di displuvio che delimita il singolo bacino e fornisce la rappresentazione numerica da cui desumere i parametri morfometrici del bacino stesso necessari alle elaborazioni idrologiche.

In particolare il DEM consente di determinare l'area dei bacini totale e parziali, le quote delle sezioni d'interesse, le altitudini medie, minime e massime.

La carta delle acclività consente la determinazione della pendenza media del bacino, calcolabile come prodotto della equidistanza Δz tra la lunghezza totale delle curve di livello di assegnata equidistanza ricadenti all'interno del bacino e la superficie A e definita dalla formula seguente:

$$i_m = \sum_i \frac{l_i \Delta z}{a_i}$$

la struttura di rete assunta, infine, con l'aggiunta della coordinata Z del DEM, consente agevolmente l'individuazione dell'asta principale, con gli attributi di lunghezza e pendenza media e del suo profilo altimetrico.

Dal profilo si ricava facilmente la pendenza media attraverso la formula:

$$i_m = \frac{\sum_k i_k l_k}{L}$$

Dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale;
- i_j la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello.

L'attenzione nel calcolo delle portate critiche è stata quindi focalizzata sui bacini già descritti e denominati come:

- - *Riu Cuggiani*
- - *Riu Preadu*
- - *Asta 4882*
- - *Riu Santina*

La portata di piena corrispondente ai tempi di ritorno richiesti (50/100/200/500 anni) è stata calcolata applicando il metodo indiretto basato sulla formula razionale.

4.1 RIU CUGGIANI

La sezione di chiusura del bacino è individuata alla foce.

Si riportano di seguito in forma tabellare i dati morfometrici del bacino

Superficie	A	30.38	km ²
Lunghezza dell'asta principale	L	11.23	km
Altitudine media	H _m	163.80	m
Altitudine massima	H _{max}	438.20	m s.l.m.
Altitudine minima	H _{min}	0.20	m s.l.m.
Sezione di chiusura	H _o	0.20	m s.l.m.
Pendenza media del bacino	i _b	17.90%	%
Pendenza media dell'asta principale	i _m	0.00999	i _m

Per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino in oggetto visti i valori ottenuti tra le formule indicate la tipologia di bacino imbrifero, si è deciso di utilizzare il valore ottenuto con la formula SCS, più cautelativo rispetto ai valori ottenuti con le altre formulazioni.

Tempi di corrivazione

Formula	[h]
VIPARELLI (V=1)	3.120
VIPARELLI (V=1,5)	2.080
VENTURA	7.014
GIANDOTTI	3.801
PASINI	7.550
V.A.P.I.	7.706

S.C.S.	1.574
kirpich	2.517
Pezzoli	6.181
Puglisi	3.963
Tournon	5.648
Kirpich-Pezzoli	3.865

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata calcolati con le formule descritte nei paragrafi precedenti. Per il calcolo della portata di progetto ci si riferirà per tutti i casi considerati, come detto, al metodo razionale prendendo in considerazione tra essi i valori più cautelativi.

Valori di portata

PORTATE DI PIENA		RIO CUGGIANI VALLE				
tempo di ritorno	Tr	[anni]	50	100	200	500
SIRCHIA - FASSO'						
portata di piena	Q	[m ³ /s]	405.45	405.45	405.45	405.45
LAZZARI						
LimSHm>50000			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
parametro log-normale standardizzata	μ		0.98	0.98	0.98	0.98
parametro log-normale standardizzata	δ		0.358	0.358	0.358	0.358
portata di piena	Q	[m ³ /s]	76.41	100.79	129.88	176.58
TCEV						
parametro modale e1	ε1		7.08	7.08	7.08	7.08
fattore di crescita (kt)	Kt		4.43	5.36	6.29	7.53
piena media annua	Qm		16.85	16.85	16.85	16.85
portata di piena	Q	[m ³ /s]	74.64	90.35	106.06	126.83
RAZIONALE CAO - PUDDU						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.306	1.306	1.306	1.306
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.153	0.153	0.153	0.153
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.344	0.344	0.344	0.344
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
altezza di precipitazione	hp	[mm]	48.50	53.35	58.21	64.69
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	48.50	53.35	58.21	64.69
altezza di precipitazione precedente	hpp	[mm]				
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.53	0.56	0.59	0.62
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	83.17	91.48	99.81	110.93
portata di piena	Q	[m ³ /s]	123.20	142.90	163.05	190.47
RAZIONALE PIGA - LIGUORI						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.2963	1.2963	1.2963	1.2963
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.1675	0.1675	0.1675	0.1675
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.3597	0.3597	0.3597	0.3597
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.018	-0.018	-0.0179	0.0179
altezza di precipitazione	hp	[mm]	50.57	56.05	61.59	69.03

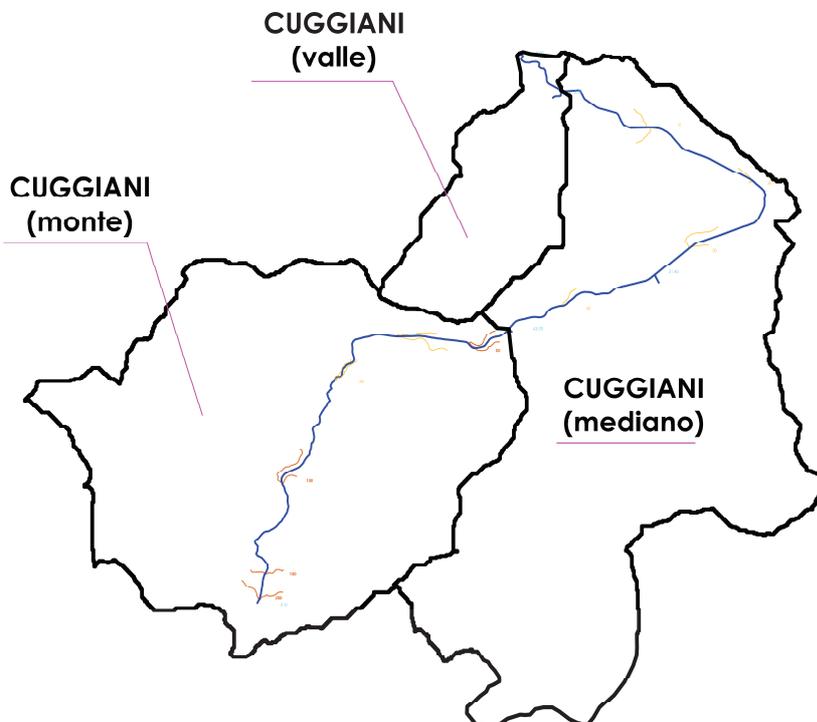
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	50.57	56.05	61.59	69.03
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	27.59	32.31	37.18	43.86
coefficiente di deflusso	ϕ	[-]	0.55	0.58	0.60	0.64
portata di piena (ϕ)	Q	[m ³ /s]	86.71	96.11	105.60	118.37
portata di piena (CN)	Q	[m ³ /s]	131.55	154.06	177.28	209.11

RAZIONALE DEIDDA - PIGA - SECHI

altezza di precipitazione	hp	[mm]	62.53	71.42	80.30	92.02
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	62.53	71.42	80.30	92.02
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	38.02	46.02	54.17	65.11
coefficiente di deflusso	ϕ	[-]	0.61	0.64	0.67	0.71
portata di piena (ϕ)	Q	[m ³ /s]	107.21	122.46	137.69	157.80
portata di piena (CN)		[m³/s]	181.26	219.43	258.29	310.42

Poiché, come evidenziato dalla carta dei bacini idrografici, il sistema del rio Cuggiani è piuttosto articolato, per il calcolo della portata di piena delle aste minori e dei tratti intermedi dell'asta principale dello stesso Cuggiani, si è deciso di operare nel seguente modo:

- si è scelto il bacino rappresentativo, quello più esteso e che racchiude tutte le aste secondarie;
- per il bacino rappresentativo si sono valutate le portate corrispondenti ai 4 tempi di ritorno e quindi sono stati determinati i contributi unitari per unità di area q [mc/s*Km²];
- per tutti i sottobacini appartenenti al sistema omogeneo e inclusi nel bacino rappresentativo si sono valutate in modo proporzionale le portate defluenti con il metodo del contributo unitario, assumendo la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino rappresentativo del sistema.



Carta dei sottobacini del rio Cuggiani

Utilizzando il criterio su descritto per i sottobacini su riportati, si perviene a determinare tutti i valori delle portate relative, partendo dal contributo unitario.

Di seguito vengono riportate in forma tabellare

PARZIALIZZAZIONE RIO CUGGIANI					
	S	Q Tr 50 anni	Q Tr 100 anni	Q Tr 200 anni	Q Tr 500 anni
	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
RIO CUGGIANI VALLE	30.37	181.26	219.43	258.29	310.42
q unitario [m ³ /s*km ²]		5.97	7.22	8.50	10.22
Rio CUGGIANI MONTE	12.64	75.42	91.30	107.47	129.16
Rio CUGGIANI MEDIANO	27.60	164.69	199.37	234.68	282.04

4.2 RIU SANTINA

Si riportano di seguito in forma tabellare i dati morfometrici del bacino

Superficie	A	2.61	km ²
Lunghezza dell'asta principale	L	2.62	km
Altitudine media	H _m	52.20	m
Altitudine massima	H _{max}	150.60	m s.l.m.
Altitudine minima	H _{min}	5.00	m s.l.m.
Sezione di chiusura	H _o	5.00	m s.l.m.
Pendenza media del bacino	i _b	6.89%	%
Pendenza media dell'asta principale	i _m	0.020678	i _m

Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino in oggetto visti i valori ottenuti tra le formule indicate la tipologia di bacino imbrifero, si è deciso di utilizzare il valore ricavato con la formula del Viparelli, più cautelativo rispetto ai valori ottenuti con le altre formulazioni.

FORMULA	t _c [h]
VIPARELLI (V=1)	0.726
VIPARELLI (V=1,5)	0.484
VENTURA	1.429
GIANDOTTI	1.890

PASINI	1.425
V.A.P.I.	2.546
S.C.S.	0.767
kirpich	0.619
Pezzoli	1.000
Puglisi	2.165
Tournon	2.334
Kirpich, Pezzoli	0.900

Valori di portata

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata calcolati con le formule descritte nei paragrafi precedenti. Per il calcolo della portata di progetto ci si riferirà per tutti i casi considerati, come detto, al metodo razionale prendendo in considerazione tra essi i valori più cautelativi.

tempo di ritorno	Tr	[anni]	50	100	200	500
SIRCHIA - FASSO'						
portata di piena	Q	[m ³ /s]	151.91	151.91	151.91	151.91
LAZZARI						
LimSHm>50000			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
parametro log-normale standardizzata	μ		-0.19	-0.19	-0.19	-0.19
parametro log-normale standardizzata	δ		0.358	0.358	0.358	0.358
portata di piena	Q	[m ³ /s]	5.22	6.88	8.87	12.06
TCEV						
parametro modale e1	ε1		0.73	0.73	0.73	0.73
fattore di crescita (kt)	Kt		4.43	5.36	6.29	7.53
piena media annua	Qm		1.75	1.75	1.75	1.75
portata di piena	Q	[m ³ /s]	7.74	9.37	11.00	13.15
RAZIONALE CAO - PUDDU						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.306	1.306	1.306	1.306
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.153	0.153	0.153	0.153
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.344	0.344	0.344	0.344
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
altezza di precipitazione	hp	[mm]	32.95	36.34	39.74	44.29
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	32.95	36.34	39.74	44.29
altezza di precipitazione precedente	hpp	[mm]				
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.44	0.47	0.50	0.53
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	15.78	17.41	19.04	21.22
portata di piena	Q	[m ³ /s]	19.94	23.61	27.41	32.66
RAZIONALE PIGA - LIGUORI						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.2963	1.2963	1.2963	1.2963
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.1675	0.1675	0.1675	0.1675
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.3597	0.3597	0.3597	0.3597
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.018	-0.018	-0.0179	-0.0179

altezza di precipitazione	hp	[mm]	34.56	38.53	42.56	48.01
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	34.56	38.53	42.56	48.01
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	15.61	18.76	22.07	26.68
coefficiente di deflusso	ϕ	[-]	0.45	0.49	0.52	0.56
portata di piena (ϕ)	Q	[m ³ /s]	16.56	18.46	20.39	23.00
portata di piena (CN)	Q	[m ³ /s]	21.67	26.05	30.64	37.04

RAZIONALE DEIDDA - PIGA - SECHI

altezza di precipitazione	hp	[mm]	36.55	40.77	44.96	50.60
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	36.55	40.77	44.96	50.60
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	17.18	20.59	24.08	28.91
coefficiente di deflusso	ϕ	[-]	0.47	0.50	0.54	0.57
portata di piena (ϕ)	Q	[m ³ /s]	17.51	19.53	21.54	24.24
portata di piena (CN)		[m³/s]	23.85	28.58	33.44	40.14

4.3 RIU PREADU

Dati morfometrici del bacino	Superficie	A	6.43	km ²
	Lunghezza dell'asta principale	L	4.57	km
	Altitudine media	H _m	281.60	m
	Altitudine massima	H _{max}	438.20	m s.l.m.
	Altitudine minima	H _{min}	48.90	m s.l.m.
	Sezione di chiusura	H ₀	48.90	m s.l.m.
	Pendenza media del bacino	i _b	19.31%	%
	Pendenza media dell'asta principale	i _m	0.037316	i _m

Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino in oggetto visti i valori ottenuti tra le formule indicate la tipologia di bacino imbrifero, si è deciso di utilizzare il valore ricavato con la formula del SCS, più cautelativo rispetto ai valori ottenuti con le altre formulazioni.

FORMULA	t _c [h]
VIPARELLI (V=1)	1.270
VIPARELLI (V=1,5)	0.847
VENTURA	1.670
GIANDOTTI	1.393
PASINI	1.726
V.A.P.I.	4.302
S.C.S.	0.739
kirpich	0.759
Pezzoli	1.302
Puglisi	2.264
Tournon	2.219
Kirpich,Pezzoli	1.112

Valori di portata

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata calcolati con le formule descritte nei paragrafi precedenti. Per il calcolo della portata di progetto ci si riferirà per tutti i casi considerati, come detto, al metodo razionale prendendo in considerazione tra essi i valori più cautelativi.

tempo di ritorno	Tr	[anni]	50	100	200	500
SIRCHIA - FASSO'						
portata di piena	Q	[m ³ /s]	217.88	217.88	217.88	217.88
LAZZARI						
LimSHm>50000			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
parametro log-normale standardizzata	μ		0.65	0.65	0.65	0.65
parametro log-normale standardizzata	δ		0.358	0.358	0.358	0.358
portata di piena	Q	[m ³ /s]	35.95	47.42	61.10	83.08
TCEV						
parametro modale e1	ε1		1.69	1.69	1.69	1.69
fattore di crescita (kt)	Kt		4.43	5.36	6.29	7.53
piena media annua	Qm		4.02	4.02	4.02	4.02
portata di piena	Q	[m ³ /s]	17.79	21.54	25.28	30.24
RAZIONALE CAO - PUDDU						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.306	1.306	1.306	1.306
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.153	0.153	0.153	0.153
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.344	0.344	0.344	0.344
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
altezza di precipitazione	hp	[mm]	37.84	41.69	45.56	50.73
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	37.84	41.69	45.56	50.73
altezza di precipitazione precedente	hpp	[mm]				
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.45	0.48	0.51	0.55
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	29.28	32.26	35.25	39.25
portata di piena	Q	[m ³ /s]	37.94	44.71	51.71	61.32
RAZIONALE PIGA - LIGUORI						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.2963	1.2963	1.2963	1.2963
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.1675	0.1675	0.1675	0.1675
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.3597	0.3597	0.3597	0.3597
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.018	-0.018	-0.0179	-0.0179
altezza di precipitazione	hp	[mm]	39.61	44.06	48.58	54.68
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	39.61	44.06	48.58	54.68
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	18.55	22.15	25.91	31.12
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.47	0.50	0.53	0.57
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	30.65	34.09	37.59	42.30
portata di piena (CN)	Q	[m ³ /s]	41.02	48.98	57.29	68.82
RAZIONALE DEIDDA - PIGA - SECHI						
altezza di precipitazione	hp	[mm]	45.29	51.24	57.17	65.05
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	45.29	51.24	57.17	65.05

altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	23.16	28.16	33.29	40.27
coefficiente di deflusso	ϕ	[-]	0.51	0.55	0.58	0.62
portata di piena (ϕ)	Q	[m ³ /s]	35.05	39.64	44.23	50.33
portata di piena (CN)		[m³/s]	51.22	62.28	73.62	89.05

4.4 ASTA 4882

Superficie	A	3.195525	km ²
Lunghezza dell'asta principale	L	3.50	km
Altitudine media	H _m	167.40	m
Altitudine massima	H _{max}	395.80	m s.l.m.
Altitudine minima	H _{min}	37.00	m s.l.m.
Sezione di chiusura	H ₀	37.00	m s.l.m.
Pendenza media del bacino	i _b	26.49%	%
Pendenza media dell'asta principale	i _m	0.050048	i _m

Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino in oggetto visti i valori ottenuti tra le formule indicate la tipologia di bacino imbrifero, si è deciso di utilizzare il valore ricavato con la formula del SCS, più cautelativo rispetto ai valori ottenuti con le altre formulazioni.

FORMULA	t _c [h]
VIPARELLI (V=1)	0.972
VIPARELLI (V=1,5)	0.648
VENTURA	1.016
GIANDOTTI	1.357
PASINI	1.079
V.A.P.I.	2.894
S.C.S.	0.509
kirpich	0.551
Pezzoli	0.860
Puglisi	1.946
Tournon	1.293
Kirpich Pezzoli	0.798

Valori di portata

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata calcolati con le formule descritte nei paragrafi precedenti. Per il calcolo della portata di progetto ci si riferirà per tutti i casi considerati, come detto, al metodo razionale prendendo in considerazione tra essi i valori più cautelativi.

tempo di ritorno	Tr	[anni]	50	100	200	500
SIRCHIA - FASSO'						
portata di piena	Q	[m ³ /s]	164.72	164.72	164.72	164.72
LAZZARI						
LimSHm>50000			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
parametro log-normale standardizzata	μ		0.25	0.25	0.25	0.25
parametro log-normale standardizzata	δ		0.358	0.358	0.358	0.358
portata di piena	Q	[m ³ /s]	14.48	19.10	24.61	33.45
TCEV						
parametro modale e1	ε1		0.88	0.88	0.88	0.88
fattore di crescita (kt)	Kt		4.43	5.36	6.29	7.53
piena media annua	Qm		2.11	2.11	2.11	2.11
portata di piena	Q	[m ³ /s]	9.33	11.29	13.26	15.85
RAZIONALE CAO - PUDDU						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.306	1.306	1.306	1.306
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.153	0.153	0.153	0.153
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.344	0.344	0.344	0.344
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
altezza di precipitazione	hp	[mm]	33.49	36.93	40.39	45.01
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	33.49	36.93	40.39	45.01
altezza di precipitazione precedente	hpp	[mm]				
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.41	0.45	0.47	0.51
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	18.69	20.61	22.54	25.12
portata di piena	Q	[m ³ /s]	22.27	26.49	30.87	36.92
RAZIONALE PIGA - LIGUORI						
coefficiente delle relazioni lineari	a	[-]	1.2963	1.2963	1.2963	1.2963
coefficiente delle relazioni lineari	b	[-]	0.1675	0.1675	0.1675	0.1675
coefficiente delle relazioni lineari	c	[-]	0.3597	0.3597	0.3597	0.3597
coefficiente delle relazioni lineari	d	[-]	-0.018	-0.018	-0.0179	-0.0179
altezza di precipitazione	hp	[mm]	35.12	39.14	43.23	48.75
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	35.12	39.14	43.23	48.75
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	15.06	18.18	21.46	26.05
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.43	0.46	0.50	0.53
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	19.60	21.84	24.12	27.20
portata di piena (CN)	Q	[m ³ /s]	24.25	29.28	34.56	41.95
RAZIONALE DEIDDA - PIGA - SECHI						
altezza di precipitazione	hp	[mm]	37.49	41.88	46.25	52.12
altezza di precipitazione complessiva	hc	[mm]	37.49	41.88	46.25	52.12
altezza di precipitazione netta	hn	[mm]	16.88	20.37	23.96	28.91
coefficiente di deflusso	φ	[-]	0.45	0.49	0.52	0.55
portata di piena (φ)	Q	[m ³ /s]	20.92	23.37	25.81	29.08
portata di piena (CN)		[m³/s]	27.19	32.80	38.58	46.56