

COMUNE DI LOIRI PORTO SAN PAOLO

PROVINCIA DI OLBIA-TEMPPIO



PROGETTO ESECUTIVO

*RICOSTRUZIONE OPERE PUBBLICHE DANNEGGIATE
DALL'ALLUVIONE 2008*



RELAZIONE IDROLOGICA

PONTI N. 3-4-5-7

ALLEGATO

1a

COMMITTENTE

Comune di Loiri Porto San Paolo

IL PROGETTISTA

Ing. Michele Territo

**RELAZIONE IDROLOGICA
PONTI N. 3 – 4 – 5 – 7**

INDICE

1. STUDIO IDROLOGICO	1
1.1. <i>Impostazione dello studio</i>	1
1.2. <i>Metodologie di calcolo delle portate di piena</i>	1
1.3. <i>Confronto tra i risultati ottenuti con i vari metodi</i>	11
1.4. <i>Il tempo di corrivazione</i>	12
1.5. <i>Il tempo di ritorno</i>	13
2. RISULTATI DELLO STUDIO IDROLOGICO	14
2.1. <i>Bacino 1 relativo al ponte n.3, sul Rio La Ena de lu Caprioneddu in loc. 'Lu Graniatoggiu'</i>	14
2.2. <i>Bacino 2, corrispondente al ponte n.4, lungo un compluvio in loc. 'Azzani'</i>	15
2.3. <i>Bacino 3, relativo al ponte n. 5, sul Rio dell'Ea Bedda in loc. 'Azzani'</i>	15
2.4. <i>Bacino 4, relativo al ponte n. 7, in località 'Sa Pedra Longa' – strada Tiriddò-SS125</i>	16
APPENDICE	18

1. STUDIO IDROLOGICO

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo '*Ricostruzione opere pubbliche danneggiate dall'alluvione 2008*' nel territorio comunale di Loiri Porto San Paolo che prevede il rifacimento di alcuni manufatti di attraversamento stradale che hanno subito danni in occasione delle piene del 2008 a causa dell'erosione determinatasi anche per l'insufficienza idraulica dei suddetti ponti.

Lo studio idrologico a corredo del progetto è inerente l'analisi idrologica di alcuni bacini del territorio comunale di Loiri Porto San Paolo sottesi alle sezioni di interesse in corrispondenza dei ponti oggetto di intervento.

Le portate di massima piena determinate nel presente studio idrologico sono state assunte come base per i calcoli idraulici di verifica e dimensionamento delle opere previste in progetto.

1.1. Impostazione dello studio

I bacini idrografici oggetto del presente studio, sono localizzati nel territorio del Comune di Loiri Porto San Paolo, si individuano nella cartografia redatta dall'I.G.M. in scala 1:25.000 nei Fogli 444 e 462.

Di ogni bacino idrografico sono state calcolate le portate corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni secondo le metodologie delle Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna di seguito illustrate

1.2. Metodologie di calcolo delle portate di piena

La determinazione delle portate di massima piena in Sardegna, data la limitata consistenza dei dati disponibili e la necessità di stimarne i valori in sezioni non osservate, è basata sul confronto critico dei risultati ottenuti dalle diverse metodologie

di calcolo (metodi diretti e indiretti) e dal confronto con i dati osservati, qualora disponibili.

1.2.1. Metodi diretti

I metodi di stima regionali appresso descritti sono quelli riportati nella pubblicazione “*Valutazione delle piene in Sardegna*” (Cao, Piga, Salis, Sechi, novembre 1991). Essi mirano a determinare la portata di piena di un bacino prescindendo dall’informazione pluviometrica della regione in cui il bacino è ubicato (nelle espressioni analitiche dei metodi non compare né l’altezza della precipitazione né la sua intensità) ma determinando la distribuzione probabilistica della portata al colmo tramite l’elaborazione statistica dei dati idrometrici rilevati su bacini ritenuti morfometricamente omogenei.

Il primo fra i due metodi diretti utilizzati nel presente studio fu introdotto dal Lazzari nel 1967 e fa riferimento alla distribuzione log-normale delle portate di piena.

La portata al colmo viene determinata con due diverse formulazioni che permettono di differenziare la risposta agli afflussi meteorici dei bacini della Sardegna, distinti fra ‘occidentali’ e ‘orientali’:

$$\text{Log } Q(T) = 0.3583 \cdot z(T) + 0.956 \cdot \text{Log } (A \cdot z_m) - 8.731 \quad \text{bacini occidentali}$$

$$\text{Log } Q(T) = 0.4413 \cdot z(T) + 0.746 \cdot \text{Log } (A \cdot z_m) - 6.257 \quad \text{bacini orientali}$$

dove:

- $Q(T)$: portata di piena corrispondente al tempo di ritorno T ;

- $z(T)$: frattile della normale standardizzata relativo al tempo di ritorno T ;

- A : superficie del bacino in km^2 ;

- z_m : quota media del bacino in metri sul livello del mare.

La seconda metodologia, più recente, fa riferimento, per il calcolo della portata al colmo, alla distribuzione TCEV, esprimendo la probabilità di non superamento attraverso la somma di due distribuzioni esponenziali secondo la relazione:

$$P(x \leq X) = \exp \cdot (-\lambda_1 e^{\frac{-x}{\vartheta_1}} - \lambda_2 e^{\frac{-x}{\vartheta_2}}) \quad (1)$$

caratterizzata dai quattro parametri $\lambda_1, \lambda_2, \theta_1, \theta_2$.

I due termini della distribuzione rappresentano le due distribuzioni di probabilità nelle quali si può ritenere scomponibile la distribuzione di probabilità dei massimi annuali di piena.

Una prima distribuzione, con parametri λ_1 e θ_1 , è quella che caratterizza i valori più frequenti della portata di massima piena annuale mentre la seconda distribuzione, con parametri λ_2 e θ_2 , caratterizza la componente eccezionale della portata di massima piena annuale.

La stima dei parametri è stata desunta dall'analisi regionale condotta sui dati di portata massima annuale previa trasformazione delle variabili della distribuzione secondo le relazioni appresso riportate:

$$z = \frac{x}{\vartheta_1} - \ln(\lambda_1) = \frac{x - \varepsilon_1}{\vartheta_1} \quad (\text{variabile ridotta})$$

con: $\varepsilon_1 = \vartheta_1 \ln(\lambda_1)$

$$\vartheta = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1};$$

$$\lambda = \frac{\lambda_2}{\lambda_1^{\frac{1}{\vartheta}}};$$

In base all'analisi regionale, l'intero territorio della Sardegna risulta suddiviso in due zone idrologicamente omogenee nelle quali i parametri valgono rispettivamente:

$$\ln(\varepsilon_1) = -1.1954 + 0.9235 \ln(S); \lambda_1 = 6.286 \quad \text{bacini occidentali}$$

$$\ln(\varepsilon_1) = 0.9982 + 0.6452 \ln(S); \lambda_1 = 4.571 \quad \text{bacini orientali}$$

dove S rappresenta la superficie del bacino espressa in kmq, mentre

$$\lambda = 0.3938 \quad \text{e} \quad \vartheta = 5.8866 \quad \text{per tutto il territorio regionale}$$

Per quanto concerne il campo di applicazione di questa metodologia, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 km^2 . Di conseguenza essa fornisce risultati soddisfacenti se applicata a bacini di non piccole dimensioni.

1.2.2. Metodi indiretti

La poca disponibilità di osservazioni storiche di portata, sulle quali si basano i metodi diretti, fa sì che non si possa prescindere dall'uso di procedure indirette per la valutazione della portata di piena. Tali metodologie stimano la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi, discutibile, che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizzi quella della portata stessa.

L'andamento dell'intensità (ovvero dell'altezza) della precipitazione in relazione alla durata dell'evento di pioggia, viene descritta mediante relazioni analitiche che prendono il nome di *curve di possibilità pluviometrica o climatica*.

Nel presente studio sono stati posti a confronto due metodi: il primo determina le curve di possibilità pluviometrica mediante l'uso della distribuzione probabilistica TCEV; il secondo fa uso della distribuzione log-normale.

Questo approccio ha permesso di poter eseguire un confronto critico sui risultati ottenuti dall'applicazione delle due metodologie.

Metodo TCEV

Recenti studi condotti sul territorio regionale mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche delle precipitazioni della Sardegna. Per tale motivo il modello TCEV è stato adottato per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La portata di piena è espressa dalla ben nota Formula Razionale, come prodotto tra l'intensità di precipitazione i , di assegnata durata d e periodo di ritorno T_R , il coefficiente di assorbimento Ψ , la superficie del bacino A e il coefficiente di laminazione $\varepsilon(\tau)$:

$$Q = i[\tau, T_R, r(\tau, A)] \cdot \Psi \cdot A \cdot \varepsilon(\tau)$$

dove con τ si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\tau, A)$, rappresenta il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata τ e della superficie del bacino A .

L'intensità di precipitazione $i(\tau, T_r)$ che determina la massima portata di piena (intensità critica), è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione d ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_r . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica come:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

La metodologia si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale

$$h'(d) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

che rappresenta il massimo annuale di pioggia di assegnata durata d , normalizzato rispetto alla media \bar{h} .

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata diventa, in tal modo, per ciascun tempo di ritorno T ,

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

nella quale i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sottozone Omogenee (SZO) individuate in Sardegna, per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, secondo le espressioni riportate nella Tabella seguente:

SZODurata ≤ 1 ora	Durata ≥ 1 ora
Sottozona 1 $a = 0.46420 + 1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.46420 + 1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
$n = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(T) - 3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2 $a = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
$n = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(T) - 3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3 $a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
$n = -0.19060 + 0.26448 \cdot \text{Log}(T) - 3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = -1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice, $\bar{h}(d)$, è funzione dalla pioggia media giornaliera \bar{h}_g , secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493 + 0.476 \text{ Log}(\bar{h}_g))}} * d^{(-0.493 + 0.476 \text{ Log}(\bar{h}_g))}$$

Il valore di \bar{h}_g è valutato in base alla sua distribuzione spaziale su tutto il territorio regionale, stimandone un valore medio per ciascun bacino.

La pioggia lorda così ottenuta $h(d) = h'(d) \cdot \bar{h}(d)$ è stata raggugliata all'area tramite il parametro $r(\tau, A)$, secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al *Flood Studies Report*:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) d^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) d^{(-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

in cui d è la durata della precipitazione ed A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

Per tener conto del volume di afflusso che si infila nel terreno e non contribuisce al deflusso superficiale è stato introdotto il coefficiente di assorbimento Ψ , ricavato con il metodo del *SCS - Curve Number*, il quale esprime la pioggia netta in funzione dell'assorbimento del bacino S e dell'assorbimento iniziale I_a , entrambi stimabili una volta noto per ogni bacino il valore del parametro di assorbimento CN.

I dati di partenza utilizzati per il calcolo di quest'ultimo parametro sono stati quelli presenti nello studio IFRAS, realizzato dalla Regione Sardegna, nel quale tutto il territorio regionale risulta diviso in una maglia di quadrati di 400 metri per lato. Per ciascun vertice, individuato da coordinate UTM, sono state prese in considerazione le seguenti informazioni:

- quota;
- pendenza media;
- uso suolo;
- grado di copertura.

Le prime due informazioni sono state impiegate per la valutazione della pendenza e dell'altezza media del bacino.

Per poter utilizzare i dati IFRAS si è costruito un reticolo a maglie quadrate da sovrapporre a ciascun bacino idrografico in modo tale da evidenziare le coordinate UTM dei punti appartenenti alle superfici sottese dalle sezioni di interesse. E' stato così possibile calcolare l'altezza e la pendenza media del bacino attraverso la media aritmetica, rispettivamente, dei valori di quota e pendenza media dei punti del reticolo in UTM.

L'informazione relativa all'uso suolo e al grado di copertura è stata utilizzata invece, per la valutazione del parametro di assorbimento CN. I valori del CN, che teoricamente possono variare tra zero (assenza di deflusso superficiale) e 100 (assenza di perdite per infiltrazione), si ricavano dalle tabelle del *Soil Conservation Service* in funzione principalmente dell'uso del suolo e della capacità di infiltrazione di quest'ultimo.

I valori del parametro CN forniti nelle tabelle si riferiscono a condizioni medie di umidità del terreno all'inizio della precipitazione. Assumendo delle condizioni prudenziali, giustificate dalla natura dei suoli, i valori ricavati dalle tabelle sono stati riportati alla terza classe, definita come quella a potenziale di scorrimento superficiale massimo, attraverso la seguente relazione:

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Il coefficiente di laminazione $\varepsilon(\tau_c)$ è stata assunto pari a 1, corrispondente al modello cinematico.

La durata critica τ_c a cui si fa riferimento è stata ottenuta dalla somma del tempo di corruzione t_c e del tempo di formazione del ruscellamento superficiale t_f :

$$\tau_c = t_c + t_f$$

Per il calcolo del tempo di corruzione t_c sono stati confrontati i valori ottenuti dall'applicazione delle formule di Ventura, Viparelli, Giandotti, Pasini, Soil Conservation Service e VAPI Sardegna, riportate più avanti, scegliendo il valore più attendibile per ogni bacino a seconda delle sue caratteristiche.

Per valutare t_f si è fatto riferimento alla formulazione:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\tau_c, r)}$$

dove:

$$I_a = 0.2 S$$

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

La determinazione della portata è avvenuta mediante un procedimento iterativo, data la dipendenza del tempo di formazione del ruscellamento superficiale dall'intensità di pioggia $i(\tau_c, r)$.

Metodo log-normale

Il modello probabilistico log-normale fa riferimento alla formula razionale per il calcolo delle portate secondo l'espressione:

$$Q = \frac{\Psi \cdot h_\tau \cdot A}{3.6 \cdot \tau} \quad m^3/s$$

dove

- Ψ = coefficiente di deflusso

- A = superficie del bacino [km²]

- τ = durata critica della pioggia [ore]

- h_τ = altezza di pioggia di durata pari a τ [mm]

L'altezza di pioggia h_τ è stata stimata attraverso le curve di possibilità pluviometrica, basate sulla distribuzione log-normale ed espresse in forma analitica dalla relazione:

$$h = h_1 \cdot \tau^{(a+bu)}$$

con

$$- \log h_1 = c + d \cdot u ;$$

- τ = durata della pioggia;

- h_τ = altezza della pioggia di durata pari a τ ;

$-u$ = frattile della distribuzione normale standardizzata, corrispondente alla probabilità di non superamento dell'evento considerato.

I coefficienti a , b , c e d sono tabellati in funzione del gruppo di appartenenza. Secondo gli studi di regionalizzazione di C. Cao, G. Pazzaglia e P. Puddu si individuano in Sardegna quattro zone omogenee nelle quali le curve hanno medesima espressione.

Le stazioni prese in considerazione per i bacini in studio ricadono in parte nel III gruppo i cui valori dei parametri sono i seguenti:

$$\begin{array}{ll} a = 0,418212 & b = 0,009093 \\ c = 1.379048 & d = 0.164598 \end{array}$$

ed in parte nel IV gruppo che ha i seguenti parametri:

$$\begin{array}{ll} a = 0,497207 & b = 0,041251 \\ c = 1.460774 & d = 0.191832 \end{array}$$

Come durata critica è stata assunta la somma del tempo di corrivazione t_c e del tempo di formazione del ruscellamento superficiale t_f .

Per la determinazione del tempo di corrivazione t_c sono state utilizzate le formule sottoelencate:

Formula di Ventura:
$$t_c = 0.1272 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Formula di Giandotti:
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_s)}}$$

Seconda formula di Pasini:
$$t_c = \frac{0.108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}}$$

Formula di Viparelli:
$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

Formula Soil Conservation Service

$$t_c = \frac{\left(100 L^{0.8} \left(\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right)^{0.7} \right)}{1100 \sqrt{i_{bacino}}}$$

Formula VAPI

$$t_c = 0.212 A^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_{asta}} \right)^{0.289}$$

dove:

- A (km^2) è l'area del bacino
- t_c (ore): è il tempo di corrivazione
- i_{asta} è la pendenza media dell'asta principale
- i_{bacino} è la pendenza media del bacino
- L (km) è la lunghezza dell'asta principale
- H_m (m s.l.m.) è la quota media del bacino
- H_s (m s.l.m.) è la quota della sezione di chiusura
- V (m/s) velocità media di scorrimento pari a $1 m/s$

Il coefficiente di deflusso è stato ricavato, anche in questo caso, attraverso il metodo CN del Soil Conservation Service.

1.2.3. *Metodi empirici*

I metodi empirici si basano generalmente sull'osservazione dei soli dati di portata al colmo in siti diversi e cercano di individuare correlazioni con caratteristiche geomorfologiche dei bacini, permettendo di ottenere modelli regressivi che forniscono la portata al colmo o il contributo unitario per km^2 .

Per la Sardegna è stata ricavata la curva inviluppo dei massimi di piena che permette di ricavare il valore del contributo unitario di piena, q , secondo le espressioni aggiornate al 1969:

$$q = 207 A^{-0.6} \quad m^3/s km^2 \quad \text{per} \quad 21 km^2 < A < 1000 km^2$$

$$q = 45.8 A^{-0.106} \text{ m}^3/\text{s km}^2 \quad \text{per } A < 21 \text{ km}^2$$

La portata di piena al colmo (Sirchia - Fassò) risulta pertanto pari a:

$$Q_p = \Psi S \cdot q \quad \text{m}^3/\text{s}$$

con Ψ coefficiente variabile secondo le valutazioni espresse dagli Autori per le diverse zone idrografiche in cui è stato diviso il territorio regionale relativamente a tale metodo di calcolo.

Il metodo del Sirchia non tiene conto dei tempi di ritorno, per cui al fine di poter confrontare i valori di portata così determinati con quelli derivanti dall'applicazione degli altri metodi precedentemente descritti che, com'è noto, sono parametrizzati dal valore del tempo di ritorno, si è sostituito il coefficiente Ψ con il prodotto di due parametri P_a e P_s , dipendenti il primo dalla superficie del bacino, il secondo dal tempo di ritorno e dalla zona idrografica z_i . I bacini oggetto del presente studio appartengono alla Z_i del Liscia-Adrungiano.

1.3. Confronto tra i risultati ottenuti con i vari metodi

Ai bacini oggetto di questo studio sono stati applicati tutti i metodi descritti nel paragrafo precedente e indicati nelle Linee Guida del P.A.I.

1.3.1. Metodi diretti:

Come già detto per i bacini di piccole dimensioni tali metodi forniscono valori eccessivamente elevati di portata al colmo, risultati non attendibili in quanto non sono verificate le condizioni di applicabilità delle formule.

Metodo lognormale

I risultati di tale metodo risultano significativi se è rispettata la condizione:

$$S \cdot H_m > 5 \cdot 10^9 \quad S : \text{superficie del bacino} \quad [m^2]$$

I bacini oggetto del presente studio non rientrano nei limiti di applicabilità di questo metodo.

Metodo TCEV

I risultati di tale del metodo risultano significativi se è rispettata la condizione:

$$S > 60 \text{ km}^2 \qquad S : \text{superficie del bacino} \qquad [\text{km}^2]$$

I bacini in oggetto hanno superfici inferiori al limite minimo di applicabilità di questo metodo.

1.3.2. Metodi indiretti

Per i bacini che non rientrano nei limiti di applicabilità dei metodi diretti, i risultati più attendibili sono quelli ottenuti dalle curve di possibilità pluviometrica interpretate dalle distribuzioni probabilistiche TCEV e log-normale.

1.3.3. Metodi empirici:

Il metodo empirico del Sirchia modificato ha fornito, per tutti i bacini valori di portata al colmo di gran lunga superiori rispetto a quelli determinati con le altre metodologie. Per questo i valori forniti da tale metodo, apparendo sovrastimati, non sono stati considerati.

1.4. Il tempo di corrivazione

Si è condotta un'analisi dei risultati ottenuti con le diverse formule basandosi sulle condizioni di applicabilità di ciascuna di esse, secondo quanto riportato in letteratura.

Per i bacini in studio sono apparsi più attendibili i risultati forniti dalle formule di Pasini e Ventura in relazione alle caratteristiche orografiche dei bacini stessi.

Per il Bacino 1, relativo al ponte n. 3, relativo al corso d'acqua denominato 'La Ena de lu Caprioneddu', affluente in sinistra del Rio di Rio Santa Giusta, il tempo di corrivazione posto alla base del calcolo delle portate è pari a 0,41 ore. Per il Bacino 2, corrispondente ponte n.4, relativo al compluvio individuato in loc. 'Azzani', affluente in

destra del Rio d'Idda, il tempo di corrivazione posto alla base del calcolo delle portate è pari a 0,23 ore. Per il bacino 3, relativo al ponte n.5, relativo al Rio di l'Ea Bedda, affluente in destra idraulica del Rio de li Traessedi, si è adottato il tempo di corrivazione pari a 0.78 ore. Per il bacino 4, relativo al ponte n. 7, relativo all'affluente in destra idraulica del Riu Monte Ruju, in località Sa Pedra Longa, si è adottato il tempo di corrivazione pari a 0.17 ore.

1.5. Il tempo di ritorno

I tempi di ritorno considerati nel presente studio per la determinazione delle portate di massima piena, sono quelli indicati nel P.A.I. (50, 100, 200 e 500 anni) e associati ai diversi livelli di esondazione dei corsi d'acqua. In relazione a tali tempi di ritorno possono infatti essere individuate le eventuali aree di pericolosità e di rischio idraulico originate dai corsi d'acqua in studio.

2. RISULTATI DELLO STUDIO IDROLOGICO

In Appendice alla presente relazione sono riportate le Tabelle contenenti le caratteristiche morfometriche, il tempo di corrivazione e le portate di massima piena determinate per i bacini in studio con i metodi illustrati al capitolo precedente.

2.1. Bacino 1 relativo al ponte n.3, sul Rio La Ena de lu Caprioneddu in loc. 'Lu Graniatoggiu'

Il Bacino 1, orientato O-SE, è individuabile nel foglio 444150 della cartografia C.T.R. in scala 1:10.000. La sua superficie, valutata alla sezione di chiusura, posta in prossimità del ponte al punto di coordinate N=4518116, E=1548874, è di $0,755 \text{ km}^2$. L'asta principale, che attraversa il bacino secondo una direttrice O-SE, ha lunghezza e pendenza media rispettivamente pari a $L= 1,620 \text{ km}$ e $i_m=0,081$.

I metodi diretti non sono applicabili al bacino in quanto di limitata estensione. Le portate di piena assunte alla base dei calcoli idraulici sono quelle ottenute attraverso il metodo indiretto relativo alla distribuzione log-normale che ha fornito valori più cautelativi rispetto alla TCEV.

Nella Tabella seguente si riportano le portate di massima piena relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni unitamente al tempo di corrivazione. I risultati completi dei calcoli idraulici condotti sono riportati nella Tabella 1 in Appendice alla presente relazione.

BACINO	PORTATE PER:				TEMPO DI CORRIVAZIONE T_c
	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[ore]
1	11,36	13,49	15,71	18,80	0,41

2.2. Bacino 2, corrispondente al ponte n.4, lungo un compluvio in loc. 'Azzani'

Il Bacino 2, che ha orientamento SE-NO, è compreso nel foglio 444150 della cartografia C.T.R. in scala 1:10.000 e la sua superficie, valutata alla sezione di chiusura, posta al punto di coordinate N=4518532, E=1544406, è di $0,196 \text{ km}^2$. L'asta principale che percorre il bacino secondo una direttrice SE-NO ha lunghezza e pendenza media rispettivamente pari a $L= 0,997 \text{ km}$ e $i_m=0,076$.

Il bacino 2, essendo di estensione limitata, non rientra nei limiti di applicabilità dei metodi diretti. La portata adottata nei calcoli idraulici è quella determinata con il metodo indiretto relativo alla distribuzione log-normale che ha fornito valori più cautelativi rispetto alla TCEV.

I risultati dei calcoli idrologici sono riportati nell'Appendice alla presente relazione nella Tabella 2.

Nella tabella seguente si riportano le portate di massima piena con tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni ed il valore del tempo di corrivazione:

BACINO	PORTATE PER:				TEMPO DI CORRIVAZIONE Tc
	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[ore]
2	3,11	3,71	4,34	5,22	0,23

2.3. Bacino 3, relativo al ponte n. 5, sul Rio dell'Ea Bedda in loc. 'Azzani'

Il Bacino 3, che ha orientamento N-S, è compreso nei fogli 444150 e 462030 della cartografia C.T.R. in scala 1:10.000 e la sua superficie, valutata alla sezione di chiusura, posta al punto di coordinate N=4517878, E=1543872, è di 2.001 km^2 . L'asta principale che percorre il bacino secondo una direttrice N-S ha lunghezza e pendenza media rispettivamente pari a $L= 3.156 \text{ km}$ e $i_m=0.0539$.

La portata adottata nei calcoli idraulici, data la limitata estensione del bacino, è quella determinata con il metodo indiretto relativo alla distribuzione log-normale che ha fornito valori più cautelativi rispetto alla TCEV.

I risultati dei calcoli idrologici sono riportati nell'Appendice alla presente relazione nella Tabella 3.

Nella tabella seguente si riportano le portate di massima piena con tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni ed il valore del tempo di corrivazione:

BACINO	PORTATE PER:				TEMPO DI CORRIVAZIONE Tc
	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[ore]
3	27.78	32.78	37.99	45.2	0.78

2.4. Bacino 4, relativo al ponte n. 7, in località 'Sa Pedra Longa' – strada Tiriddò-SS125

Il Bacino 5, che ha orientamento NO-SE, è compreso nel foglio 444120 della cartografia C.T.R. in scala 1:10.000 e la sua superficie, valutata alla sezione di chiusura, posta al punto di coordinate N=45243, E=1550003, è di 0.282 km². L'asta principale che percorre il bacino secondo una direttrice SO-NE ha lunghezza e pendenza media rispettivamente pari a L= 0.853 km e $i_m=0.1640$.

La portata adottata nei calcoli idraulici, data la limitata estensione del bacino, è quella determinata con il metodo indiretto relativo alla distribuzione log-normale che ha fornito valori più cautelativi rispetto alla TCEV.

I risultati dei calcoli idrologici sono riportati nell'Appendice alla presente relazione nella Tabella 5.

Nella tabella seguente si riportano le portate di massima piena con tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni ed il valore del tempo di corrivazione:

BACINO	PORTATE PER:				TEMPO DI CORRIVAZIONE Tc
	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[ore]
5	7.42	8.48	9.56	11.02	00.17.00

APPENDICE

Risultati dello Studio Idrologico:

Tabelle

***Risultati dello Studio Idrologico:
Delimitazione dei bacini idrografici***

TABELLA 1 Bacino 1 - Rio La Ena de lu Caprioneddu

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Km ²)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)		
0,755	92	188,50	0,3317	1,620	0,0808	90,93	25,336	0,396	78	3	4

TEMPI DI CORRIVAZIONE

	(ore)
Soil conserv	0,36
Giandotti	0,75
Pasini	0,41
Viparelli	0,45
Ventura	0,39
V A P I	1,87
VALORE STIMATO	0,41

T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)
(anni)	(ore)	(ore)
50	0,0460	0,4560
100	0,0418	0,4518
200	0,0389	0,4489
500	0,0353	0,4453

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV		Ψ	LOG NORMALE	
h(Tc+Tf)	hn		h(Tc+Tf)	hn
(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
34,9622	16,1814	0,55	45,3202	24,7040
38,7383	19,2138	0,58	50,3945	29,0755
42,5053	22,3280	0,61	55,5862	33,6455
47,5445	26,6073	0,64	62,5919	39,9358

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	5,39	7,11	9,16	12,45	(mc/s)
T C E V	117,56	142,98	168,31	201,73	(mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	7,44	8,91	10,43	12,52	(mc/s)
SIRCHIA	14,10	14,10	14,10	14,10	(mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	10,85	12,54	14,24	16,49	(mc/s)
LOG NORMALE	11,36	13,49	15,71	18,80	(mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	11,36	13,49	15,71	18,80	(mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 1.4E+08 (deve essere > 5E+09)

S= 0,755 (deve essere > 60Km²)

TABELLA 2 Bacino 2 – compluvio in località “Azzani”

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)		
0,196	57,59	118,00	0,35	0,997	0,0760	91,29	24,234	0,443	78	3	4

TEMPI DI CORRIVAZIONE

	(ore)
Soil conserv	0,24
Giandotti	0,53
Pasini	0,23
Viparelli	0,28
Ventura	0,20
V A P I	1,22
VALORE STIMATO	0,23

T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)
(anni)	(ore)	(ore)
50	0,0460	0,2760
100	0,0418	0,2718
200	0,0389	0,2689
500	0,0353	0,2653

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV		Ψ	LOG NORMALE	
h(Tc+Tf)	hn		h(Tc+Tf)	hn
(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
26,8166	10,4465	0,47	33,8376	15,7908
29,0726	12,1108	0,50	37,2806	18,5634
31,3446	13,8400	0,53	40,7989	21,4758
34,4467	16,2750	0,56	45,4992	25,4693

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	1,39	1,83	2,36	3,21	(mc/s)
T C E V	117,56	142,98	168,31	201,73	(mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	2,06	2,42	2,80	3,34	(mc/s)
SIRCHIA	4,72	4,72	4,72	4,72	(mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	3,64	4,20	4,77	5,53	(mc/s)
LOG NORMALE	3,11	3,71	4,34	5,22	(mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	3,11	3,71	4,34	5,22	(mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 2.3E+07 (deve essere > 5E+09)

S= 0,196 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA 3 Bacino 3 - Rio di l' Ea Bedda**CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE**

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)		
2,001	70,40	205,26	0,2863	3,156	0,0539	91,12	24,753	0,435	79	3	4

TEMPI DI CORRIVAZIONE

	(ore)
Soil conserv	0,66
Giandotti	1,12
Pasini	0,86
Viparelli	0,88
Ventura	0,78
V A P I	2,70
VALORE STIMATO	0,78

T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)
(anni)	(ore)	(ore)
50	0,0861	0,8661
100	0,0751	0,8551
200	0,0667	0,8467
500	0,0581	0,8381

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV		Ψ	LOG NORMALE	
h(Tc+Tf)	hn		h(Tc+Tf)	hn
(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
49,7871	28,8880	0,66	65,8302	43,2815
56,3353	34,6789	0,69	73,5752	50,4330
62,8369	40,5474	0,71	81,5250	57,8680
71,4181	48,4311	0,74	92,3957	68,1528

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	11,89	15,68	20,20	27,47	(mc/s)
T C E V	52,55	63,92	75,24	90,19	(mc/s)

METODI INDIRECTI

T C E V	18,54	22,54	26,62	32,12	(mc/s)
SIRCHIA	37,04	37,04	37,04	37,04	(mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	28,52	32,97	37,41	43,34	(mc/s)
LOG NORMALE	27,78	32,78	37,99	45,20	(mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	27,78	32,78	37,99	45,20	(mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 4.1E+08 (deve essere > 5E+09)

S= 2,001 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA 4 Bacino 4 – compluvio in località 'Sa Pedra Longa'

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)		
0,282	80,95	160,50	0,2750	0,853	0,1640	97,00	7,856	0,435	76	2	3

TEMPI DI CORRIVAZIONE

	(ore)
Soil conserv	0,18
Giandotti	0,48
Pasini	0,17
Viparelli	0,24
Ventura	0,17
V A P I	1,16
VALORE STIMATO	0,17

T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)
(anni)	(ore)	(ore)
50	0,0138	0,1838
100	0,0126	0,1826
200	0,0117	0,1817
500	0,0107	0,1807

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV		Ψ	LOG NORMALE	
h(Tc+Tf)	hn		h(Tc+Tf)	hn
(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
20,8679	13,7139	0,70	24,8734	17,4272
22,7151	15,4163	0,72	27,3856	19,7917
24,3075	16,8980	0,74	29,9213	22,1989
26,5460	18,9989	0,76	33,3109	25,4427

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	2,29	3,02	3,89	5,30	(mc/s)
T C E V	14,83	18,04	21,24	25,45	(mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	5,84	6,60	7,27	8,23	(mc/s)
SIRCHIA	6,42	6,42	6,42	6,42	(mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	4,94	5,71	6,48	7,51	(mc/s)
LOG NORMALE	7,42	8,48	9,56	11,02	(mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	7,42	8,48	9,56	11,02	(mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 4.5E+07 (deve essere > 5E+09)

S= 0,282 (deve essere > 60Kmq)