



**COMUNE DI SANTADI**

**PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

**COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA  
DEL RIO CRESIA**

Studio Tecnico Associato

**Ing.ri Orgiana A. & Orrù G.**

Via C. Battisti 21/A - 09061 ORROLI (SU) - Tel. 0782-847472 - MAIL: staorgianaorru@gmail.com

**RELAZIONE E QUADRO ECONOMICO**

Allegato

**A.01**

DATA

**Apr 2020**

**Il Sindaco:**

**Dott. Elio Sundas**

**Progettazione:**

**Studio Tecnico Associato  
Ing.ri Orgiana A. & Orrù G.**

**Dott. Geol. Marco Pisano**

**Il Responsabile  
del Servizio Tecnico  
Geom. Carlo Acca**

**Il Coordinatore del Progetto  
Dr. Ing. Giancarlo Orrù**



# **“COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO CRESIA”**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

### **RELAZIONE E QUADRO ECONOMICO**

**Aprile 2020**



## Sommario

1	PREMESSA.....	1
1.1	ELENCO ELABORATI PROGETTO DEFINITIVO .....	1
2	AREA DI INTERVENTO .....	2
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	2
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE .....	4
4	STATO ATTUALE E DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	5
4.1	STATO ATTUALE E CRITICITA' RISCONTRATE.....	5
4.2	INTERVENTI IN PROGETTO .....	6
4.2.1	Lavorazioni previste.....	7
4.2.2	Criteri di scelta .....	8
5	METODO DI CALCOLO DELLE GABBIONATE.....	10
6	COMPATIBILITA' IDRAULICA .....	11
6.1	INQUADRAMENTO IDROLOGICO E PORTATE DI PIENA.....	11
6.2	SCELTA DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	13
6.3	VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PROGETTATE (Modellazione idraulica) .....	13
6.3.1	Modellazione prima dell'intervento .....	14
6.3.2	Modellazione post intervento .....	14
6.3.3	Verifica dei franchi idraulici .....	14
7	CONCLUSIONI .....	17
8	QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO .....	18



## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive gli aspetti generali, tecnici, amministrativi ed economici del progetto definitivo dei lavori di “COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO CRESIA” in comune di “SANTADI”.

L’opera, finanziata dalla Regione Sardegna con la somma di € 200.000, rientra nell’elenco degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico così come previsto con Delibera della Giunta Regionale n. 5/8 del 24/01/2017 che ha rimodulato il Piano Regionale delle Infrastrutture – Legge RAS n. 5/2015, art. 4 e art. 5, comma 13 (Tabella E).

Le opere in progetto, consistenti nella sistemazione, allargamento e risagomatura delle sezioni idrauliche del corso d’acqua e realizzazione di una arginatura sponale mediante gabbionate e mantellate metalliche con riempimento in pietrame, hanno lo scopo di mitigare l’esistente condizione di pericolosità e rischio idraulico emersi in sede di progettazione preliminare e di studio di compatibilità idraulica. La scelta progettuale adottata inoltre, con l’impiego di gabbioni e mantellate con riempimento in pietrame, si configura come una soluzione tecnica a basso impatto ambientale in grado di preservare e mantenere la biodiversità dei sistemi agricoli circostanti.

### 1.1 ELENCO ELABORATI PROGETTO DEFINITIVO

In conformità di quanto disposto dal Art. 23 del D.Lgs. 50/2016 ed in rapporto alla specifica tipologia dell’opera e alla dimensione dell’intervento, qualità, livello di definizione e contenuti della presente progettazione sono esplicitati nella documentazione di seguito elencata:

#### **PARTE A – Elaborati relazionali**

- A.01 - RELAZIONE E QUADRO ECONOMICO
- A.02 - RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
- A.03 - RELAZIONE PAESAGGISTICA
- A.04 - RELAZIONE DI CALCOLO GABBIONATE
- A.05 - ELENCO PREZZI UNITARI
- A.06 - COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
- A.07 - DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

#### **PARTE B – Elaborati grafici**

- B.01 - INQUADRAMENTO GENERALE
- B.02 - PLANIMETRIA SITUAZIONE ATTUALE E SERVIZIO FOTOGRAFICO
- B.03 - PLANIMETRIA E SEZIONI SITUAZIONE DI PROGETTO
- B.04 - PARTICOLARI COSTRUTTIVI GABBIONI

#### **PARTE C – STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

- C.01 - Studio di compatibilità idraulica: RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

- C.02 - Studio di compatibilità idraulica: RISULTATI DELLO STUDIO IDROLOGICO (Caratteristiche dei bacini e portate di piena)
- C.03 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO CRESIA
- C.04 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DELLE AREE INONDABILI PRIMA DELL'INTERVENTO
- C.05 - Studio di compatibilità idraulica: PROFILO E SEZIONI PRIMA DELL'INTERVENTO
- C.06 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DELLE AREE INONDABILI DOPO L'INTERVENTO
- C.07 - Studio di compatibilità idraulica: PROFILO E SEZIONI DOPO L'INTERVENTO
- C.08 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO
- C.09 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PRIMA DELL'INTERVENTO
- C.10 - Studio di compatibilità idraulica: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO DOPO L'INTERVENTO
- C.11 - Studio di compatibilità idraulica: RISULTATI DELLE ELABORAZIONI NUMERICHE

#### **PARTE D – Piano particellare d'esproprio**

- D.01 - Piano particellare d'esproprio - Planimetria catastale
- D.02 - Piano particellare d'esproprio - Elenco delle particelle espropriande e calcolo delle indennità
- D.03 - Piano particellare d'esproprio - Elenco delle Ditte espropriande

## **2 AREA DI INTERVENTO**

### **2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

L'area di intervento riguarda un tratto di valle del Rio Cresia che attraversa la frazione di Santadi denominata "Terresoli", a circa 300 metri dalla confluenza col Rio Mannu. Il bacino di interesse è compreso nella cartografia IGM in scala 1:25.000 nel Foglio n. 565 Sezione III<sup>A</sup>, nella CTR della Sardegna Scala 1.10.000 nel Foglio 565 090. Catastralmente le particelle interessate in parte dall'intervento sono le seguenti: Foglio 505 particelle 485, 591, 784, 1285, 1289, 2358 e 3202.



**Figura 1 - Inquadramento generale**

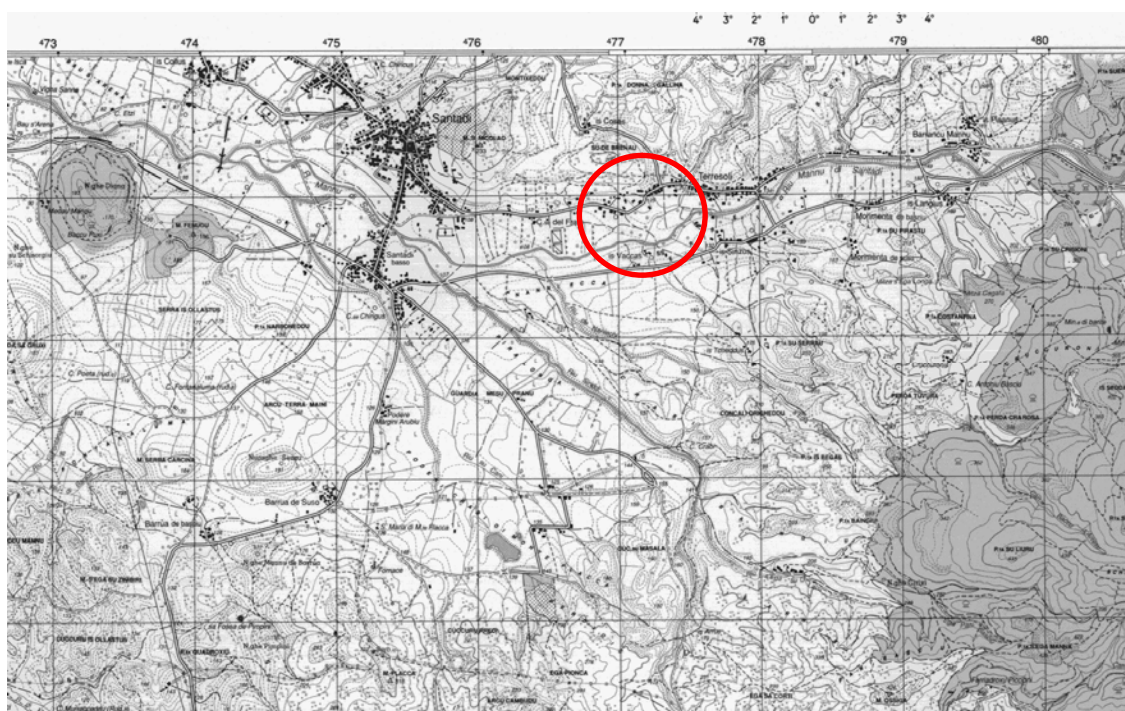


Figura 2 - Stralcio carta IGM

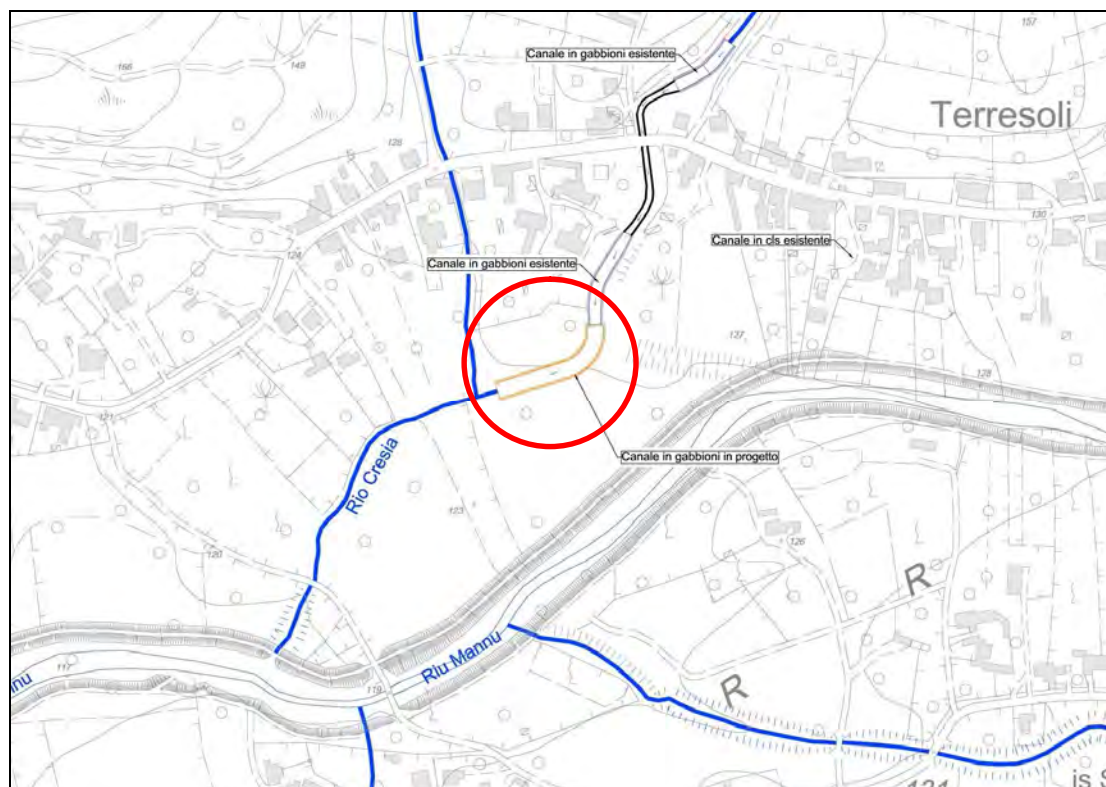


Figura 3 - Ubicazione dell'intervento su Stralcio C.T.R.



Figura 4 – Ubicazione dell'area di intervento su immagine satellitare



Figura 5 - Planimetria catastale

### 3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Per tutte le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area interessata dall'intervento progettuale si rimanda all'elaborato A.02 predisposto dal Dr. Geol. Marco Pisano.

## 4 STATO ATTUALE E DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

### 4.1 STATO ATTUALE E CRITICITA' RISCONTRATE

Nel tratto urbano, già assoggettato in passato ad altri interventi di sistemazione idraulica, il Rio Cresia attraversa la SP1 dove è presente un ponte di dimensioni idraulicamente insufficienti. A monte e a valle dell'opera d'arte il corso d'acqua risulta in parte canalizzato con pareti e fondo in calcestruzzo e in parte con gabbioni metallici e mantellate riempiti di pietrame.

Nel tratto a valle della canalizzazione in gabbioni, per circa 400 metri, il corso d'acqua scorre sul terreno naturale fino alla confluenza col Rio Mannu. In questo tratto il Rio Cresia ha subito un intervento di rettifica e pseudo arginatura realizzata con i materiali provenienti dagli scavi. In questo tratto, anche in occasione di normali eventi di piena, si determinano fenomeni di erosione che, non di rado, sono accompagnati da franamenti delle sponde e delle arginature con conseguenti esondazioni verso le aree circostanti.

Con questo progetto si intende procedere, in continuità con l'intervento precedente, alla sistemazione idraulica di un'ulteriore tratto del corso d'acqua, finalizzato alla mitigazione del rischio idraulico che incombe sulle aree limitrofe.

Nelle figure che seguono si evidenzia la situazione attuale delle aree da sottoporre ad intervento.



Figura 6 – Area di intervento



Figura 7 - Situazione attuale del Rio Cresia nel tratto da sistemare

## 4.2 INTERVENTI IN PROGETTO

L'intervento prevede la riconfigurazione dell'alveo esistente, la realizzazione di due gabbionate in pietrame a protezione delle sponde e il rivestimento del fondo di un breve tratto di canale mediante una mantellata in pietrame tipo "Materasso Reno", da posizionare subito a valle di un salto di fondo presente in corrispondenza dell'ultima sezione del tratto già canalizzato.

Nelle figure che seguono si evidenziano le opere previste con questo intervento. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati al progetto.

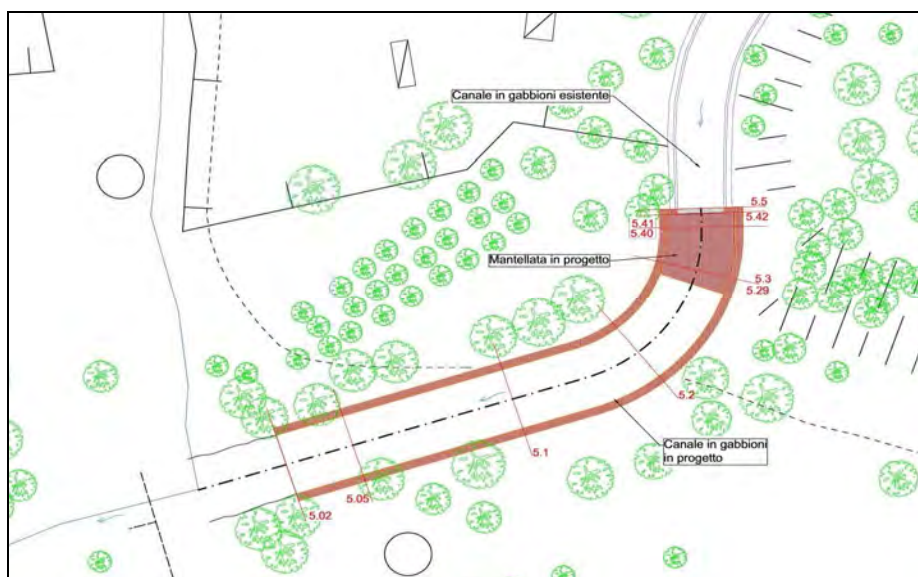


Figura 8 - Planimetria opere in progetto

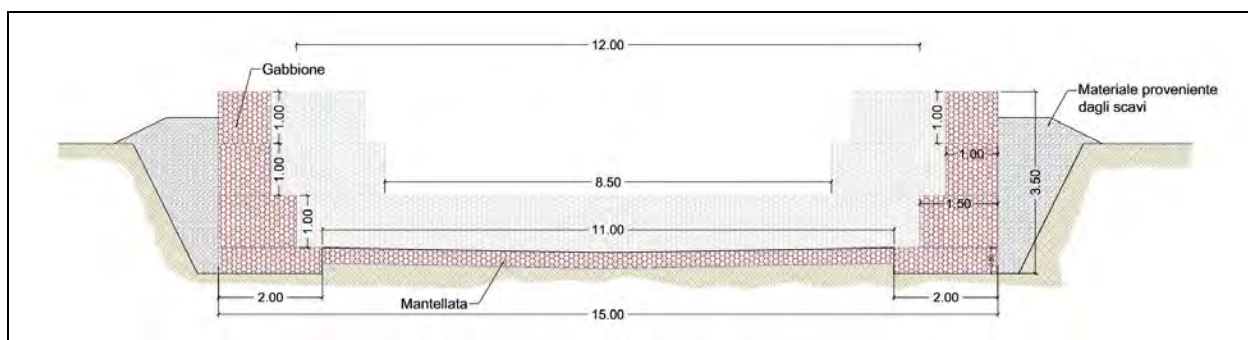


Figura 9 - Sezione tipo (da sez. 5.4 a sez. 5.3)

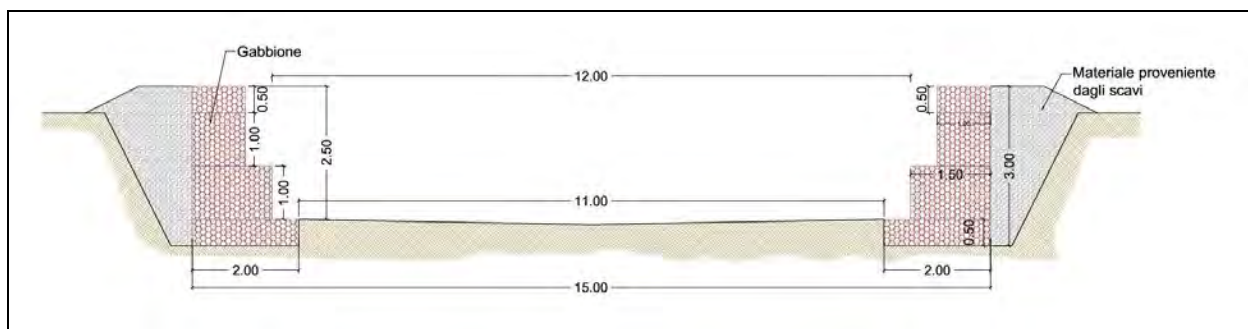


Figura 10 - Sezione tipo (da sez. 5.29 a sez. 5.02)

#### 4.2.1 Lavorazioni previste

Le opere previste nel progetto risultano dagli elaborati e dalle tavole grafiche allegati al progetto. Sommarariamente esse possono riassumersi come appresso:

Scavo di sbancamento in materie di qualsiasi natura, asciutte o bagnate, anche in presenza d'acqua, per la sagomatura e l'ampliamento dell'alveo del fiume secondo le tipologie e le misure presenti negli elaborati;

Scavo a larga sezione per l'alloggiamento di gabbioni in pietrame anche in presenza d'acqua, eseguito con mezzo meccanico, con eventuale spianamento e con la formazione e la rimozione di eventuali rampe provvisorie;

Trasporto dei materiali di risulta fuori dall'area del cantiere, asciutti o bagnati, provenienti dagli scavi e dall'abbattimento degli alberi/arbusti. Il trasporto avverrà presso discarica autorizzata a smaltire il materiale di risulta;

Formazione di rilevati e riempiimenti con materiali provenienti dagli scavi per la sistemazione a monte delle gabbionate e per raccordare l'ultima sezione in gabbioni con l'alveo naturale secondo le sezioni di progetto;

Realizzazione di gabbionate in pietrame del tipo a scatola di altezza 100 cm/50 cm, della larghezza

di m 1,0 e della lunghezza di m 2,00, m 3,00, m 4,00, realizzati in rete metallica a doppia torsione e maglia esagonale tipo 8x10 tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI-EN 10223-3 e UNI-EN 10218),... La realizzazione avverrà con posa in opera del materiale metallico, successiva posa in opera del pietrame occorrente per il riempimento e infine cucitura di chiusura dei gabbioni stessi;

Realizzazione di mantellate in pietrame tipo "Materasso Reno" eseguite con materassi metallici a tasche dello spessore di 30 cm, realizzati con rete metallica a doppia torsione e maglia esagonale 6x8 mm tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI-EN 10223-3 e UNI-EN 10218) avente carico di rottura compreso tra 350 e 500 N/mm<sup>2</sup> ..... per protezione di un tratto iniziale della canalizzazione subito a valle di un salto. Il materasso sarà riempito in cantiere con pietrame di idonea pezzatura per creare una struttura flessibile, permeabile e monolitica.

#### 4.2.2 Criteri di scelta

La scelta di questa tipologia di arginatura si configura come l'intervento più adatto da realizzare sia per mantenere la continuità tipologica con la canalizzazione di monte che per contrastare il fenomeno dell'erosione spondale in atto.

In generale le opere di difesa spondale svolgono la funzione di stabilizzare le sponde dei corsi d'acqua rispetto a fenomeni di azione idrodinamica della corrente. Le opere di difesa spondale consentono inoltre di fissare la geometria delle sponde in tutte quelle situazioni in cui non è possibile adottare una pendenza naturale o si vuole limitare il consumo di suolo agricolo che si avrebbe realizzando le più ingombranti arginature in terra.

Le opere in gabbioni sono contemporaneamente delle strutture armate, flessibili, drenanti che si sono rivelate di lunga durata, esse consentono di limitare l'impatto delle strutture sull'ambiente realizzando opere in favorevole sintonia col paesaggio particolarmente idonee per le sistemazioni idrauliche, forestali nonché per il consolidamento di strade, ferrovie ed abitati.

Le principali caratteristiche che in fase decisionale hanno fatto propendere per questo tipo di opere sono in particolare la grande flessibilità, l'economicità e la capacità di integrarsi con il paesaggio attenuando l'impatto con lo stesso.

La flessibilità di queste strutture, cioè la capacità dei gabbioni a deformarsi anche sensibilmente senza rompersi, ne consente l'impiego per la realizzazione di briglie, opere longitudinali come le sponde dei corsi d'acqua, muretti di sostegno ed altre tipologie di opere, dove il terreno di fondazione può subire qualche cedimento o assestamento, o dove sia prevedibile qualche limitato movimento delle sponde.

L'economicità di questo tipo di costruzioni è vincolata alla necessità di trovare direttamente in sito una quantità abbondante di ciottoli e pietre di dimensioni tali da non passare attraverso le maglie del gabbione.

Nel caso specifico anche il trasporto risulta vantaggioso poiché la struttura di un gabbione da 1 m<sup>3</sup> di volume (2 x 1 x 0,5) ha una quantità di rete che pesa, a seconda della maglia e del diametro del filo, da 10 a 14 kg. Quindi facilmente trasportabile.



La relativa facilità di costruzione delle strutture in gabbioni non richiede necessariamente l'utilizzo di manodopera specializzata nella messa in opera.

Dal punto di vista ambientale le costruzioni in gabbioni si adattano al paesaggio con buona facilità lasciandosi ricoprire gradualmente dalla vegetazione del luogo.

I gabbioni offrono una notevole possibilità di modificazione delle opere che possono essere sopraelevate ed ingrossate in un secondo tempo, intervenendo gradualmente in successive sistemazioni, senza rimuovere o alterare la vecchia struttura.

Dal punto di vista costruttivo i gabbioni, riferendosi ai gabbioni tipo "Maccaferri", sono in commercio nel tipo a zincatura pesante e nel tipo zincato e plastificato, quest'ultimo specifico per gli ambienti industriali e marini particolarmente aggressivi. Trattandosi di un corso d'acqua dolce la scelta è caduta sul tipo a rete a zincatura pesante.

Il gabbione previsto in progetto è a scatola ed è un elemento a forma rettangolare con le pareti costituite da un'armatura di rete metallica fortemente zincata che viene riempito di ciottoli o di pietrame di cava di adatta pezzatura, le maglie della rete sono esagonali a doppia torsione e le spaziature variano da 5x7 cm a 10x12 cm.

Tutti i bordi della rete metallica sono rinforzati con fili di ferro zincato di diametro maggiore, che irrobustiscono l'armatura metallica e rendono più agevole la messa in opera dei gabbioni consentendo la confezione di scatole regolari, squadrate ed il perfetto allineamento dei moduli ottenendo un bell'effetto dal punto di vista estetico.

I gabbioni vengono trasportati opportunamente piegati, in modo tale da occupare meno spazio possibile, e sul luogo di utilizzo vengono preparate le scatole distendendo l'armatura metallica sul suolo, raddrizzando le pareti che poi vengono legate tra loro tramite una attenta cucitura effettuata in corrispondenza dei quattro spigoli verticali, necessaria per rendere la struttura sufficientemente monolitica ed in grado di deformarsi senza perdere in efficienza.

Una volta predisposti sul piano di posa un certo numero di gabbioni nella loro forma a scatola, si procede all'unione dei diversi moduli tra loro, mediante cuciture eseguite lungo tutti gli spigoli a contatto, disponendoli secondo la sagoma dell'opera da eseguire.

Anche i nuovi strati di gabbioni che vengono gradualmente aggiunti in elevazione o lateralmente saranno solidamente cuciti a quelli già in opera.

Il riempimento delle scatole viene effettuato utilizzando del materiale possibilmente raccolto in sito, che abbia dimensioni di poco maggiori a quelle della maglia della rete di cui è costituito il gabbione, che realizzi il massimo di pieno e di peso, in tale contesto è da scartare il materiale lapideo con basso peso specifico, gelivo o friabile, ma soprattutto che garantisca un buon grado di flessibilità.

All'interno del gabbione vengono predisposti dei tiranti aventi la funzione di rendere solidali tra loro le pareti opposte della scatola metallica e di evitare un eccessivo sfiancamento del gabbione in caso di una notevole deformazione, anche in fase di riempimento. Tali tiranti sono costituiti da filo di ferro zincato dello stesso tipo di quello utilizzato per le cuciture, vengono agganciati alla rete metallica e a seconda della funzione e del comportamento del gabbione possono essere verticali o orizzontali. I tiranti verticali



normalmente sono utilizzati nelle platee e nei rivestimenti con gabbioni, senza diaframmi interni, alti 0,50 m o 0,30 m e di regola ne vengono messi in opera due o tre per ogni metro quadrato di platea. I tiranti orizzontali si utilizzano nelle parti in elevazione dell'opera, quando si utilizzano gabbioni alti 0,50 m o 1,00 m, essi vengono messi in opera in senso trasversale alla scatola per agganciare le pareti opposte o ad angolo fra due pareti adiacenti ed in numero da 4 a 6 tiranti per ogni metro cubo di gabbione se di altezza 1,00 m e da 2 a 4 tiranti se il gabbione è alto 0,50 m.

Ultimato il riempimento dei gabbioni si procede alla chiusura degli stessi operando le solite cuciture lungo tutti i bordi del coperchio.

Le gabbionate sono una valida soluzione per la realizzazione di opere di difesa spondale in diversi contesti fluviali, dove occorre tener conto sia delle esigenze tecniche per le quali l'opera è stata costruita, sia della necessità di avere un buon inserimento ambientale che di un basso costo di manutenzione.

## **5 METODO DI CALCOLO DELLE GABBIONATE**

Per il calcolo delle gabbionate si rimanda alla relazione di calcolo allegata. (Elaborato A.04)

## 6 COMPATIBILITA' IDRAULICA

Per lo studio completo denominato “Studio di Contabilità Idraulica” si rimanda agli allegati da C.01 a C.11 del progetto.

### 6.1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E PORTATE DI PIENA

Il bacino idrografico oggetto di studio è quello del Rio Cresia, affluente di destra de Rio Mannu. Il corso d'acqua ha origine sul versante Nord-Est del Monte Nieddu, a circa 1000 metri di altitudine. Scorre in direzione Sud-Est per circa 7,8 Km per confluire poi nel Rio Mannu a circa 118 metri di altitudine (sez.1) dopo aver attraversato la Frazione di Terresoli. Prima della confluenza riceve da destra un affluente in cui è stata individuata una sezione di interesse (sez. 5). Le portate di piena utilizzate nella modellazione sono state calcolate nelle due sezioni sopra indicate. Per quanto riguarda le metodologie utilizzate e per la consultazione dei calcoli effettuati si rimanda a quanto riportato nello studio idrologico contenuto nel citato “Studio di Contabilità Idraulica”.

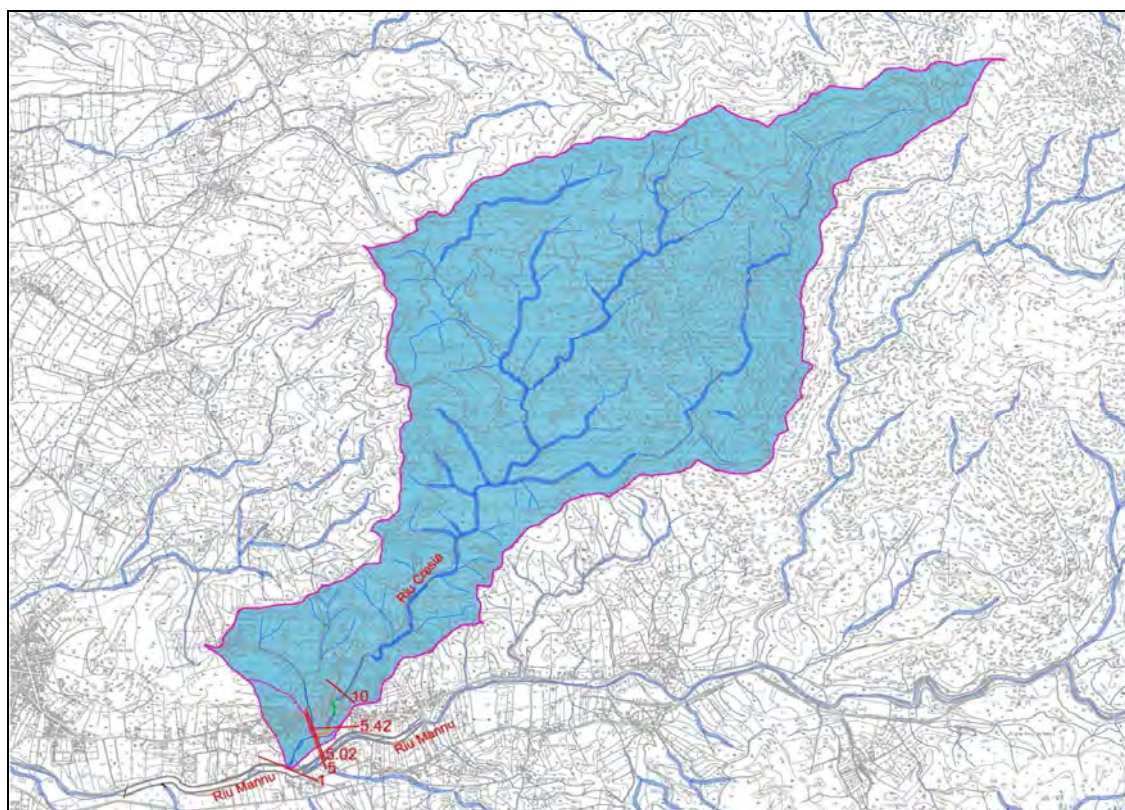


Figura 11 - Bacino idrografico Rio Cresia

Di seguito si riportano le caratteristiche morfometriche dei bacini sottesi dalle due sezioni di interesse, i vari parametri utilizzati nelle diverse formule e le portate di piena calcolate con i vari metodi utilizzati.

**BACINO Riu Cresia Sez. 1 (Confluenza con Rio Mannu)****CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO**

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI							
AREA A	QUOTA MEDIA Hm	QUOTA SEZIONE FINALE Ho	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA L	PENDENZA	CNII	CNIII	Capacità massima di assorbim. S	TCEV Pioggia indice	Zona idrografica Zi	TCEV Sottozona	LOG NORM gruppo	Coeff. Sirchia- Fassò Ps
Kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.		Km					mm				
7.41	374.20	118.11	0.159	7.81	0.118	82	92	22.09	70	18	2	1	0.7

**TEMPI DI CORRIVAZIONE E ALTEZZE DI PIOGGIA****COEFF. DI RIDUZIONE AREALE E COEFF. DI DEFLUSSO**

	tc (ore)	Tr anni	tf ore	tc + tf ore	hlorda mm	hlorda mm	hnetta mm	r	ψ hnetta/hlorda
Ventura	1.01	50	0.09	1.1	44.13	55.02	35.23	0.9227	0.64
Giantotti	1.77	100	0.08	1.09	49.29	62.65	42.22	0.9224	0.67
Pasini	2.17	200	0.07	1.08	54.53	70.28	49.32	0.9222	0.70
Viparelli	1.15	500	0.06	1.07	61.64	80.36	58.83	0.9219	0.73
VALORE UTILIZZATO	1.01								
				VAPI	VAPI	LOG NOR	TCEV	SCS	
				tf	Tempo di formazione del ruscellamento				
									coeff. di deflusso

**PORTATE DI PIENA (mc/sec)**

PERIODI DI RITONO (Anni)	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

**METODI DIRETTI**

LOG NORMALE (Lazzari)	10.77	13.49	16.57	21.27
-----------------------	-------	-------	-------	-------

TCEV	20.22	24.52	28.81	34.46
------	-------	-------	-------	-------

**METODI INDIRETTI**

TCEV (Deidda-Piga-Sechi)	60.92	73.77	86.87	103.6
--------------------------	-------	-------	-------	-------

LOG NORMALE (Piga-Liguori)	57.56	67.70	78.02	91.97
----------------------------	-------	-------	-------	-------

**METODI EMPIRICI**

SIRCHIA - FASSO'	192.14	192.14	192.14	192.14
------------------	--------	--------	--------	--------

SIRCHIA MODIFICATO	65.88	79.05	92.23	111.99
--------------------	-------	-------	-------	--------

**PORTATE DI PROGETTO UTILIZZATE**

Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>
mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec
61	74	87	104
TCEV (Deidda-Piga-Sechi)			

**CONTRIBUTO UNITARIO**

q <sub>50</sub>	q <sub>100</sub>	q <sub>200</sub>	q <sub>500</sub>
mc/sec*kmq	mc/sec*kmq	mc/sec*kmq	mc/sec*kmq
8.23	9.99	11.74	14.03

**BACINO Riu Cresia Sez. 5****CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO**

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI							
AREA A	QUOTA MEDIA Hm	QUOTA SEZIONE FINALE Ho	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA L	PENDENZA	CNII	CNIII	Capacità massima di assorbim. S	TCEV Pioggia indice	Zona idrografica Zi	TCEV Sottozona	LOG NORM gruppo	Coeff. Sirchia- Fassò Ps
Kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.		Km					mm				
6.76	377.96	124.69	0.161	7.53	0.122	82	92	22.09	70	18	2	1	0.7

**TEMPI DI CORRIVAZIONE E ALTEZZE DI PIOGGIA****COEFF. DI RIDUZIONE AREALE E COEFF. DI DEFLUSSO**

	tc (ore)	Tr anni	tf ore	tc + tf ore	hlorda mm	hlorda mm	hnetta mm	r	ψ hnetta/hlorda
Ventura	0.95	50	0.09	1.06	43.58	54.22	34.50	0.9241	0.64
Giantotti	1.70	100	0.07	1.04	48.67	61.74	41.38	0.9238	0.67
Pasini	2.09	200	0.07	1.04	53.86	69.26	48.37	0.9235	0.70
Viparelli	1.11	500	0.06	1.03	60.88	79.20	57.73	0.9233	0.73
VALORE UTILIZZATO	0.97								
				VAPI	VAPI	LOG NOR	TCEV	SCS	
				tf	Tempo di formazione del ruscellamento				
									coeff. di deflusso

**PORTATE DI PIENA (mc/sec)**

PERIODI DI RITONO (Anni)	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

**METODI DIRETTI**

LOG NORMALE (Lazzari)	9.96	12.47	15.32	19.67
-----------------------	------	-------	-------	-------

TCEV	18.58	22.53	26.46	31.66
------	-------	-------	-------	-------

**METODI INDIRETTI**

TCEV (Deidda-Piga-Sechi)	56.7	68.71	80.96	96.61
--------------------------	------	-------	-------	-------

LOG NORMALE (Piga-Liguori)	53.66	63.13	72.77	85.92
----------------------------	-------	-------	-------	-------

**METODI EMPIRICI**

SIRCHIA - FASSO'	176.98	176.98	176.98	176.98
------------------	--------	--------	--------	--------

SIRCHIA MODIFICATO	60.68	72.82	84.95	103.16
--------------------	-------	-------	-------	--------

**PORTATE DI PROGETTO UTILIZZATE**

Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>
mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec
57	69	81	97
TCEV (Deidda-Piga-Sechi)			

**CONTRIBUTO UNITARIO**

q <sub>50</sub>	q <sub>100</sub>	q <sub>200</sub>	q <sub>500</sub>
mc/sec*kmq	mc/sec*kmq	mc/sec*kmq	mc/sec*kmq
8.43	10.21	11.98	14.35

## 6.2 SCELTA DELLA PORTATA DI PROGETTO

Così come indicato nelle linee guida del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico le portate sono state calcolate con i diversi metodi esposti e per i tempi di ritorno richiesti dalla normativa di riferimento (50, 100, 200, 500 anni). Nel caso in studio viene scartata l'applicazione dei metodi diretti in quanto questi derivano dall'analisi di serie storiche relative a stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a 60 Km<sup>2</sup>C (il bacino del Rio Cresia ha una estensione alla confluenza con il Rio Mannu di 7,41 Km<sup>2</sup>).

Il metodo empirico ha il difetto di non tenere conto di nessuna analisi probabilistica o statistica e, in genere, fornisce valori di portata spesso sovrastimati soprattutto nel caso di piccoli bacini.

Pertanto, dal confronto dei risultati ottenuti e visti i limiti di applicabilità di alcune metodologie di calcolo al bacino studiato, si propende per l'utilizzo della portata di progetto calcolata con il metodo razionale basato sulle curve di possibilità pluviometrica TCEV che, attraverso i vari parametri (morfometrici, uso del suolo, CN ecc.), tiene maggiormente conto delle caratteristiche del bacino.

Per quanto esposto i valori di portata utilizzati per la modellazione idraulica del Rio Cresia nella situazione prima e dopo la realizzazione delle opere previste in progetto sono i seguenti:

PORTATE DI PROGETTO RIO CRESIA SEZ. 1				PORTATE DI PROGETTO RIO CRESIA SEZ. 5			
Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>
mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec
61	74	87	104	57	69	81	97
TCEV (Deidda-Piga-Sechi)				TCEV (Deidda-Piga-Sechi)			

## 6.3 VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PROGETTATE (Modellazione idraulica)

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i livelli idrici nei singoli tratti del corso d'acqua indagato e verificare quindi se questi livelli risultano contenuti o meno all'interno delle sezioni. Nel caso specifico le caratteristiche del deflusso vengono determinate per valori di portata con periodo di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

Le diverse simulazioni idrauliche vengono condotte per i due seguenti scenari:

- quello attuale (detto ante-operam), relativo allo stato attuale dei luoghi;
- quello futuro (post-operam), grazie al quale è possibile verificare l'impatto che la realizzazione delle opere in progetto avrà sul naturale deflusso fluviale e sulla sicurezza idraulica dei luoghi circostanti.

L'analisi idraulica viene condotta utilizzando il modello numerico HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto permanente o gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.

### 6.3.1 Modellazione prima dell'intervento

L'analisi è stata condotta lungo un tratto del Rio Cresia di lunghezza pari a circa 0,7 Km dalla sez.10 posizionata a monte dell'abitato di Terresoli fino alla confluenza con il Rio Mannu (sez.1).

La simulazione evidenzia che risulta insufficiente a contenere tutte le portate sia il ponte sulla SP1 che la canalizzazione in calcestruzzo a monte e a valle della strada. Più a valle, sempre nel tratto canalizzato la sezione in gabbioni riesce a contenere solo la Q50 con un franco pari a circa 20 cm. Tutte le altre portate esondano verso le aree circostanti. Nel tratto non canalizzato è presente un modesto arginello in terra, realizzato con i materiali provenienti dagli scavi di risagomatura e rettifica che il corso d'acqua ha subito nel tempo. Sul lato sinistro di questo tratto, dalla sezione 5.2 in poi fino alla sez.1, il Rio Cresia esonda anche con la Q50.

Nel tratto prima della confluenza, la sezione insufficiente del corso d'acqua e la presenza di un attraversamento in corrispondenza dell'argine, non consentono il passaggio di nessuna delle portate utilizzate nella simulazione.

### 6.3.2 Modellazione post intervento

La modellazione post intervento è stata effettuata nello stesso tratto del Rio Cresia inserendo le caratteristiche geometriche e di scabrezza delle opere progettate (gabbioni, mantellate e risagomature).

Per effettuare la modellazione post intervento si è reso necessario l'inserimento di alcune sezioni aggiuntive rispetto alla situazione prima dell'intervento.

Dall'analisi delle sezioni e del profilo idraulico nei diversi tratti risulta che a monte e a valle dell'intervento i livelli idrici non subiscono variazioni sostanziali rispetto alla situazione prima dell'intervento. **Nel tratto di corso d'acqua sottoposto ad intervento, dalla sezione 5.42 alla sezione 5, i livelli idrici per tutte le portate sono contenuti all'interno del corso d'acqua e la Q200 transita in questo tratto con un franco superiore a quello minimo di norma.**

Gli elaborati grafici (profilo e sezioni) e i risultati delle elaborazioni prima e dopo l'intervento sono riportati negli elaborati C.05, C.07 e C.11 allegati allo "*Studio di compatibilità idraulica*".

### 6.3.3 Verifica dei franchi idraulici

Normativa di riferimento: Norme di Attuazione del PAI, Art. 21 comma 2bis:

Per le opere di difesa longitudinale è richiesto un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, corrispondente al massimo tra:



- 1)  $0,5 v^2/2g$ , dove  $v$  indica la velocità media della corrente;
- 2) **un metro**, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m;
- 3)  $0,87\sqrt{y} + \alpha y'$ , dove  $y$  è la profondità media della corrente,  $y'$  è l'altezza della corrente areata ed  $\alpha$  un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore  $0,87\sqrt{y}$  sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed  $y'$  viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media  $y$ , se questa risulta minore di 2. Il valore  $y$  della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.

Fermo restando il valore minimo del franco di un metro, nel caso di profondità media della corrente inferiore a un metro, potrà essere assunto un franco pari al doppio della profondità media della corrente  $y$ .

Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica  $v^2/2g$ . (Nel caso in esame i valori medi delle velocità della corrente è sempre inferiore a 8 m/s.)

**Le verifiche eseguite nelle diverse sezioni del corso d'acqua sono conformi con quanto previsto dall'Art. 21 comma 2bis delle NA del PAI.**

I risultati di verifica dei franchi idraulici sono riportati nell'elaborato C.11 allegato allo studio di compatibilità idraulica.

RIO CRESIA Tratto canalizzato															
Sezione 5.42															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $U$ )	Profondità media della corrente ( $U$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $U'$ )	$\alpha y'$	0,87vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5U^2/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{y}+\alpha y'$	
5.42	50	57	128.75	126.38	125.65	7.02	0.73	0.20	0.73	0.15	0.74	1.26	1	0.81	2.37
	100	69	128.75	126.49	125.65	7.28	0.84	0.23	0.84	0.19	0.80	1.35	1	0.88	2.26
	200	81	128.75	126.86	125.65	5.80	1.21	0.08	1.21	0.10	0.96	0.86	1	0.99	1.89
	500	97	128.75	127.18	125.65	5.36	1.53	0.04	1.53	0.06	1.08	0.73	1	1.10	1.57

Sezione 5.41															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $U$ )	Profondità media della corrente ( $U$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $U'$ )	$\alpha y'$	0,87vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5U^2/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{y}+\alpha y'$	
5.41	50	57	128.68	126.33	125.58	6.78	0.75	0.18	0.75	0.13	0.75	1.17	1	0.82	2.35
	100	69	128.68	126.44	125.58	7.10	0.86	0.21	0.86	0.18	0.81	1.28	1	0.89	2.24
	200	81	128.68	126.78	125.58	5.83	1.20	0.08	1.2	0.10	0.95	0.87	1	0.99	1.90
	500	97	128.68	127.09	125.58	5.43	1.51	0.04	1.51	0.06	1.07	0.75	1	1.09	1.59



Sezione 5.40															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $V$ )	Profondità media della corrente ( $l$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $l^a$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5l^{3/2}/2y$	1 metro	$0,87\sqrt{ly+\alpha ly'}$	
5.4	50	57	128.68	126.33	125.58	6.78	0.75	0.18	0.75	0.13	0.75	1.17	1	0.82	2.35
	100	69	128.68	126.44	125.58	7.10	0.86	0.21	0.86	0.18	0.81	1.28	1	0.89	2.24
	200	81	128.68	126.79	125.58	5.82	1.21	0.08	1.21	0.10	0.96	0.86	1	1.00	1.89
	500	97	128.68	127.09	125.58	5.42	1.51	0.04	1.51	0.06	1.07	0.75	1	1.09	1.59

Sezione 5.30															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $V$ )	Profondità media della corrente ( $l'/2$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $l''$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5l^{3/2}/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{l y'+\alpha l y'}$	
5.4	50	57	128.48	126.21	125.38	6.10	0.83	0.11	0.83	0.09	0.79	0.95	1	0.84	2.27
	100	69	128.48	126.32	125.38	6.51	0.94	0.15	0.94	0.14	0.84	1.08	1	0.90	2.16
	200	81	128.48	126.6	125.38	5.75	1.22	0.08	1.22	0.09	0.96	0.84	1	1.00	1.88
	500	97	128.48	126.86	125.38	5.55	1.48	0.06	1.48	0.08	1.06	0.78	1	1.09	1.62

Sezione 5.29															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $V$ )	Profondità media della corrente ( $l'/2$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $l''$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5V^{3/2}/g$	1 metro	$0,87\sqrt{l'+\alpha l''}$	
5.4	50	57	127.98	126.21	125.38	6.10	0.83	0.11	0.83	0.09	0.79	0.95	1	0.84	1.77
	100	69	127.98	126.32	125.38	6.51	0.94	0.15	0.94	0.14	0.84	1.08	1	0.90	1.66
	200	81	127.98	126.6	125.38	5.75	1.22	0.08	1.22	0.09	0.96	0.84	1	1.00	1.38
	500	97	127.98	126.86	125.38	5.55	1.48	0.06	1.48	0.08	1.06	0.78	1	1.09	1.12

Sezione 5.2															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $V$ )	Profondità media della corrente ( $L$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $L''$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5L^{3/2}/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{Ly+\alpha Ly'}$	
5.4	50	57	127.69	126.22	125.09	4.40	1.13	0.00	1.13	0.00	0.92	0.49	1	0.92	1.47
	100	69	127.69	126.3	125.09	4.91	1.21	0.00	1.21	0.00	0.96	0.61	1	0.96	1.39
	200	81	127.69	126.55	125.09	4.69	1.46	0.00	1.46	0.00	1.05	0.56	1	1.05	1.14
	500	97	127.69	126.77	125.09	4.82	1.68	0.00	1.68	0.00	1.13	0.59	1	1.13	0.92

Sezione 5.1															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media (U)	Profondità media della corrente (l') = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata (α)	Altezza della corrente areata (max 2 m) (l'p)	αy'	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5l^{3/2}/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{l_f+\alpha l_f'}$	
5.4	50	57	127.38	126.05	124.73	3.69	1.32	0.00	1.32	0.00	1.00	0.35	1	1.00	1.33
	100	69	127.38	126.18	124.73	4.04	1.45	0.00	1.45	0.00	1.05	0.42	1	1.05	1.20
	200	81	127.38	126.28	124.73	4.40	1.55	0.00	1.55	0.00	1.08	0.49	1	1.08	1.10
	500	97	127.38	126.41	124.73	4.82	1.68	0.00	1.68	0.00	1.13	0.59	1	1.13	0.97



Sezione 5.05															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $U'$ )	Profondità media della corrente ( $U'$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $U''$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5U'^2/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{U'+0,3U'}$	
5.4	50	57	126.87	125.48	124.27	4.05	1.21	0.00	1.21	0.00	0.96	0.42	1	0.96	1.39
	100	69	126.87	125.63	124.27	4.33	1.36	0.00	1.36	0.00	1.01	0.48	1	1.01	1.24
	200	81	126.87	125.78	124.27	4.53	1.51	0.00	1.51	0.00	1.07	0.52	1	1.07	1.09
	500	97	126.87	125.93	124.27	4.87	1.66	0.00	1.66	0.00	1.12	0.60	1	1.12	0.94

Sezione 5.02															
N° Sez.	Periodo di ritorno (Tr)	Portata	Quota intradosso (1)	Quota pelo libero (2)	Quota del fondo (3)	Velocità media ( $U$ )	Profondità media della corrente ( $U/2$ ) = (2)-(3)	Coeff. Corrente areata ( $\alpha$ )	Altezza della corrente areata (max 2 m) ( $U/2$ )	$\alpha y'$	0,87Vy (max 1.50)	Franco richiesto = max valore tra:			Franco esistente (1)-(2)
												$0,5U^2/2g$	1 metro	$0,87\sqrt{U+0,3U'}$	
5.4	50	57	126.64	125.23	124.04	4.14	1.19	0.00	1.19	0.00	0.95	0.44	1	0.95	1.41
	100	69	126.64	125.37	124.04	4.43	1.33	0.00	1.33	0.00	1.00	0.50	1	1.00	1.27
	200	81	126.64	125.51	124.04	4.65	1.47	0.00	1.47	0.00	1.05	0.55	1	1.05	1.13
	500	97	126.64	125.67	124.04	4.98	1.63	0.00	1.63	0.00	1.11	0.63	1	1.11	0.97

## 7 CONCLUSIONI

Con riferimento allo “Studio di compatibilità idraulica” allegato al progetto di fattibilità tecnica ed economica delle opere di “Completamento della sistemazione idraulica del Rio Cresia”, e alle criticità emerse in sede di progettazione definitiva, l'intervento proposto, vista l'esiguità del finanziamento, pur non risolvendo definitivamente le problematiche di rischio idraulico dovuto all'esondazione potenziale del corso d'acqua, si ritiene che le opere previste costituiscano un importante tassello che riduce significativamente la pericolosità e il rischio idraulico presente nelle aree attraversate.

Le opere progettate infatti, tipologicamente simili con gli interventi già realizzati in precedenza, ma con caratteristiche dimensionali adeguate alle nuove portate, determinano un significativo miglioramento delle condizioni generali di deflusso senza precludere o condizionare altri interventi finalizzati alla riduzione o all'eliminazione delle cause di pericolosità residua.

Per quanto emerso nei punti precedenti, le opere di difesa sponale che si intendono realizzare si prefiggono di garantire un contrasto ai processi di erosione delle sponde del corso d'acqua nel tratti di interesse, con il fine di proteggere da pericolose esondazioni le numerose attività agricole che sono insediate nei terreni limitrofi al Rio Cresia. Le opere previste infine, per la tipologia di materiali utilizzati, determinano un basso impatto ambientale in grado di preservare e mantenere la biodiversità dei sistemi agricoli della zona.



## 8 QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO

Amministrazione Comunale di Santadi (SU)
COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO CRESIA
<b>Quadro economico</b>

<b>a) Importo esecuzione delle lavorazioni</b>	
A misura	
A corpo	134'000.06 €
In economia	
<b>Sommano a)</b>	<b>134'000.06 €</b>

<b>b) Importo per l'attuazione dei piani di sicurezza</b>	
A misura	
A corpo	2'700.00 €
In economia	
<b>Sommano a)</b>	<b>2'700.00 €</b>

<b>c) Importo a base d'asta</b>	
A misura	
A corpo	136'700.06 €
In economia	
<b>Sommano a) - b) - c)</b>	<b>136'700.06 €</b>

<b>c) Somme a disposizione della stazione appaltante per:</b>	
c1) Lavori in economia, previsti in progetto, ed esclusi dall'appalto	
c2) Espropriazioni	5'000.00 €
c3) Imprevisti	- €
c4) Spese tecniche relative a: progettazione, alle necessarie attività preliminari e di supporto, nonché al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori ed al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, assicurazione dei dipendenti :	
1) Progettazione e Coordinamento Sicurezza	
2) Direzione lavori, misure e contabilità; Sicurezza in esecuzione	
3) Regolare esecuzione	
7) Contributo 4%	
8) IVA 22%	
Sommano c4)	22'952.59 €
c5) incentivo ex art. 92 D.Lgs. 163/2006 - ex art. 12 LR 5/2007 (2 % a )	2'734.00 €
c6) Versamento Autorità di Vigilanza	30.00 €
c7) Spese per pubblicità e ove previsto per opere artistiche	
c8) Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico-amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	1'509.34 €
c9) IVA sui lavori a) (22%)	30'074.01 €
c10) Accantonamento ex art. 240 D. Lgs. 163/206 - ex art. 61 LR 5/2007	1'000.00 €
<b>Sommano c</b>	<b>63'299.94 €</b>

<b>TOTALE DELL'INVESTIMENTO</b>	<b>200'000.00 €</b>
---------------------------------	---------------------