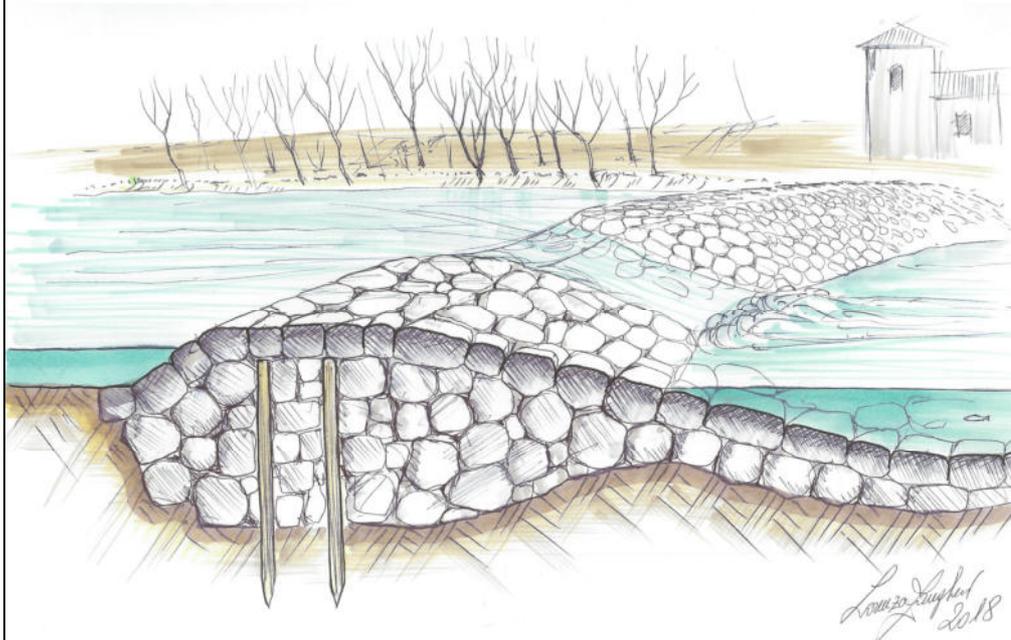


COMUNE DI TORGIANO

EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012,
DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL COMMISSARIO
DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii.



intervento:

INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO

CIG: Z3125D2672

Fase:

Progetto DEFINITIVO

Oggetto Elaborato

RELAZIONE IDRAULICA

COMMITTENZA



Comune di Torgiano

UFFICIO PROGETTAZIONE



Dott. Ing. Alessandro Toccaceli
Piazza del Tabacchificio 14
06083 Bastia Umbra (Pg)
tel. 075/800.35.11
e-mail: ambiente.ingegneria@gmail.com
pec: alessandro.toccaceli@ingpec.eu
P.IVA 02781350547
C.F. TCCLSN75P23G478C

Dott. Ing. Alessandro Toccaceli
Progettista opere idrauliche e
Coordinatore Ufficio Progettazione

Dott. Ing. Lorenzo Zangheri
Pogettista D.Lgs 81/08 e
infrastrutture

Dott. Geol. Silvia Rossi
Relazione Geologica

Geom. Chiara Nobilini
Rilievo Topografico e Catasto

timbri e firme:

Elaborato N.

RE02D

Riferimento	Rev.	1° Emissione	Data	Verificato	Approvato	Nome File	Scala
18_03	00	2018.12.27	27.12.18	A.Toccaceli	A.Toccaceli	18_03 RE02D_00.doc	/

<p style="text-align: center;">COMUNE DI TORGIANO EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii. INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> Relazione idraulica</p>	<p>RE02D</p> <p>Data: Dicembre 2018 Pag. 2</p>
--	--

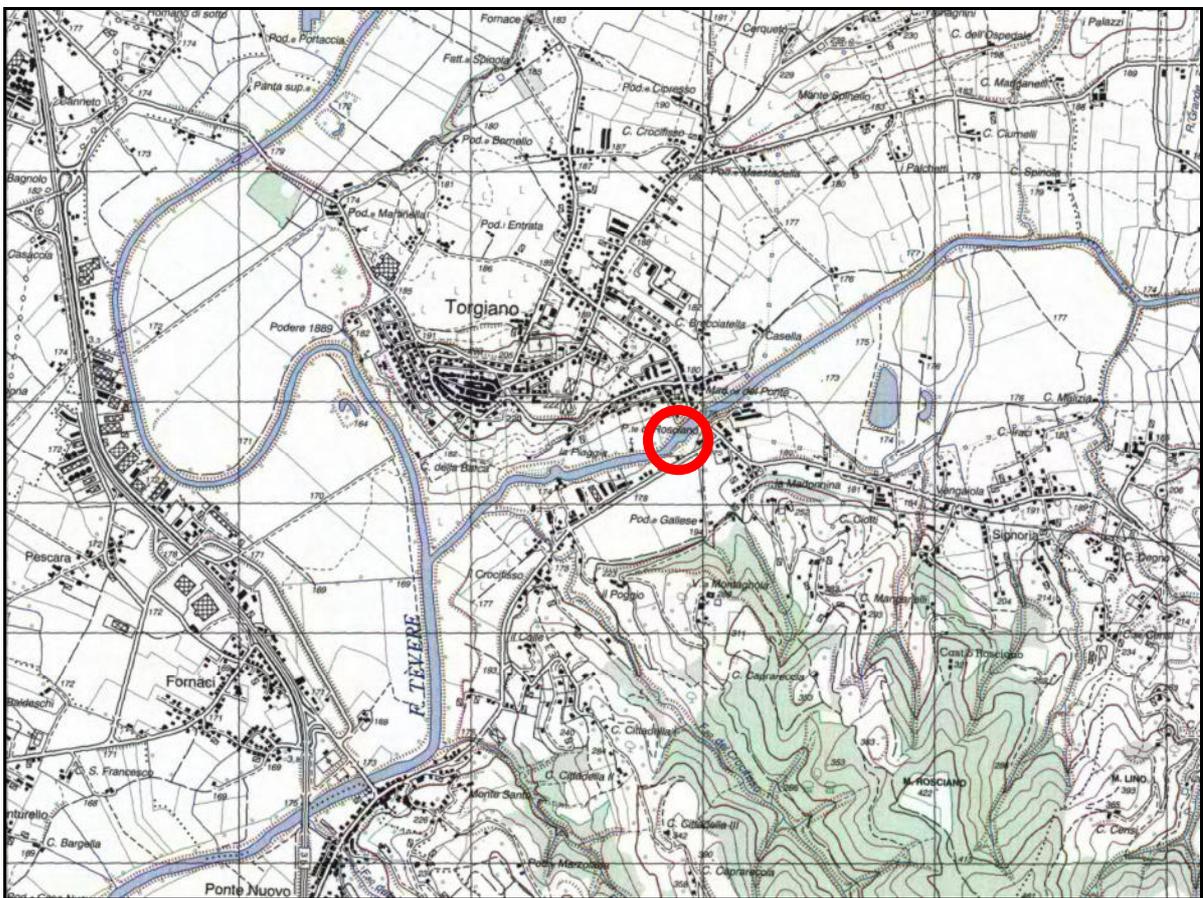
INDICE

1. PREMESSA	3
2. QUADRO NORMATIVO	4
3. CONDIZIONI IDRAULICHE	7
4. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	13
ALLEGATO - MOTO INCIPIENTE IN ALVEO	17

1. PREMESSA

Il presente documento si riferisce al progetto definitivo di ripristino della traversa sul Fiume Chiascio nel tratto posto a valle del Ponte Rosciano, poco a monte della confluenza nel Fiume Tevere del Fiume Chiascio medesimo.

L'intervento è localizzato nel Comune di Torgiano al Foglio 32 all'interno delle proprietà del demanio. Si riporta uno stralcio localizzativo su carta IGM 1:25.000.



Localizzazione dell'area su carta IGM 1:25.000

Oggetto del documento è la determinazione delle condizioni idrauliche del tratto fluviale in questione e la verifica preliminare delle opere di progetto sotto il profilo idraulico.

<p>COMUNE DI TORGIANO EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii. INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> Relazione idraulica</p>	RE02D Data: Dicembre 2018 Pag. 4
--	--

2. QUADRO NORMATIVO

L'area in oggetto ricade per intero nell'unità idrografica del Fiume Tevere e pertanto è governata dall'**Autorità di Bacino del Fiume Tevere**. Al fine di conservare, difendere e valorizzare il suolo sono individuate sul territorio tre fasce per il reticolo idrografico principale in cui la disciplina delle attività di trasformazione del suolo è volta al raggiungimento degli obiettivi di assetto. Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico è redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, convertito nella legge n. 267/1998, della legge 365/2000. Il Piano è stato adottato in II adozione con delibera n. 114 del 5 Aprile 2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere, dopo aver superato la prevista fase delle "Osservazioni al Piano" anche ad esito delle Conferenze Programmatiche Regionali. Il PAI è stato approvato in data 10 Novembre 2006, con pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale avvenuta in data 9 Febbraio 2007. **Il PAI stato adottato dal Comitato Istituzionale in data 18 Luglio 2012 con delibera n. 125.**

Il Fiume Chiascio risulta appartenente al reticolo principale e risulta modellato idraulicamente e perimetrato nelle sue fasce di espansione dalla confluenza con Fiume Tevere a Torgiano sino a monte dell'abitato di Bastia Umbra. Di seguito si riporta uno stralcio della Tavola 10 (Fasce Fluviali e Zone a Rischio) costituente parte integrante del PAI.

Nel PAI dunque vengono definiti i contorni delle fasce fluviali che vengono disciplinate come di seguito:

Art. 28 -La Fascia A

1. *Nella fascia definita A il P.A.I. persegue l'obiettivo di garantire generali condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena di riferimento e il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo e favorendo l'evoluzione naturale del fiume.*

2. *Nella fascia A sono ammessi esclusivamente :*

.....omissis.....

o) gli interventi di difesa idraulica così come disciplinati dall'art. 33;

.....omissis.....

Art. 29 -La fascia B

1. *Nella fascia B invece il PAI persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di invaso della piena di riferimento, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.*

.....omissis.....

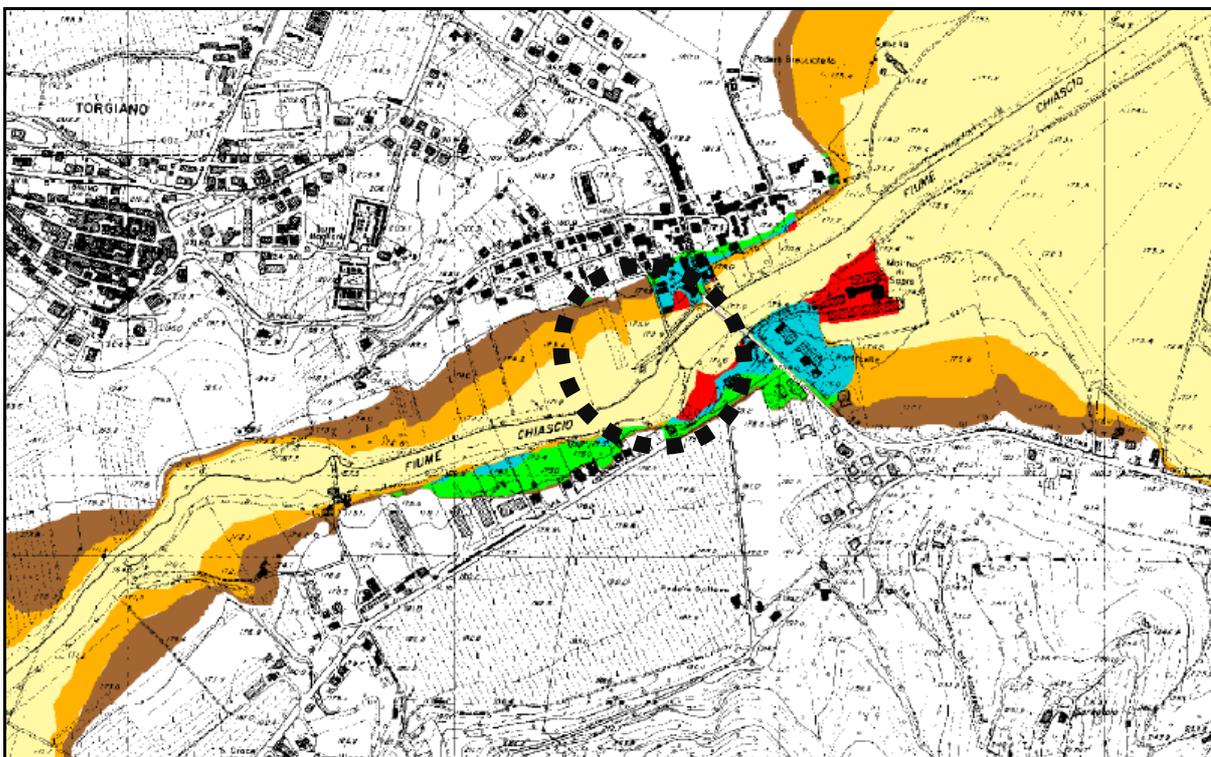
Art. 30 - La fascia C

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

1. Nella fascia C infine il PAI persegue l'obiettivo di aumentare il livello di sicurezza delle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria, da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e successive modificazioni e/o integrazioni, di programmi di previsione e prevenzione, nonché dei piani di emergenza, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del PAI.

.....omissis.....



Stralcio Elaborato PAI Tv. 9

L'Art. 36 inquadra invece gli Interventi di manutenzione idraulica "1 L'autorità idraulica competente, sentiti gli enti locali, individua le parti del reticolo idrografico che sono da sottoporre a manutenzione idraulica. 2 Laddove la manutenzione idraulica è di competenza dei privati frontisti questi effettuano i relativi interventi su conforme disposizione dell'autorità

<p>COMUNE DI TORGIANO EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii. INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO PROGETTO DEFINITIVO Relazione idraulica</p>	<p>RE02D</p> <p>Data: Dicembre 2018 Pag. 6</p>
--	---

idraulica competente. 3 La manutenzione si attua in conformità alle disposizioni contenute nell'Allegato "Linee guida per la individuazione e la definizione degli interventi di manutenzione delle opere idrauliche e di mantenimento dell'ufficiosità idraulica della rete idrografica". Nel caso in cui le opere di ripristino dell'ufficiosità idraulica siano inserite in appositi piani di intervento di cui alla legge 31 dicembre 1996 n. 677 si applica la relativa procedura. 4 Le aree del demanio fluviale insistenti sulle aste del reticolo principale e secondario non possono essere oggetto di sdemanializzazione"

Il Documento summenzionato "Linee guida per la individuazione e la definizione degli interventi di manutenzione delle opere idrauliche e di mantenimento dell'ufficiosità idraulica della rete idrografica" al capitolo 4 definisce gli interventi quali quelli oggetto del presente documento:

H. Il ripristino dell'ufficiosità idraulica – Nei tratti regimati dei corsi d'acqua o dove insistono opere idrauliche si opera esclusivamente per mantenere le condizioni previste negli atti di classifica o nei progetti delle opere idrauliche, anche mediante interventi di manutenzione straordinaria sulle stesse. Sono da ricomprendersi le operazioni che si eseguono su opere non idrauliche, nella misura in cui le operazioni stesse ripristinano la funzionalità di quelle parti che interferiscono con il deflusso della piena. Sono esclusi gli interventi che modificano le caratteristiche funzionali originarie delle opere idrauliche, anche se dovute in forza di norme prescrittive.

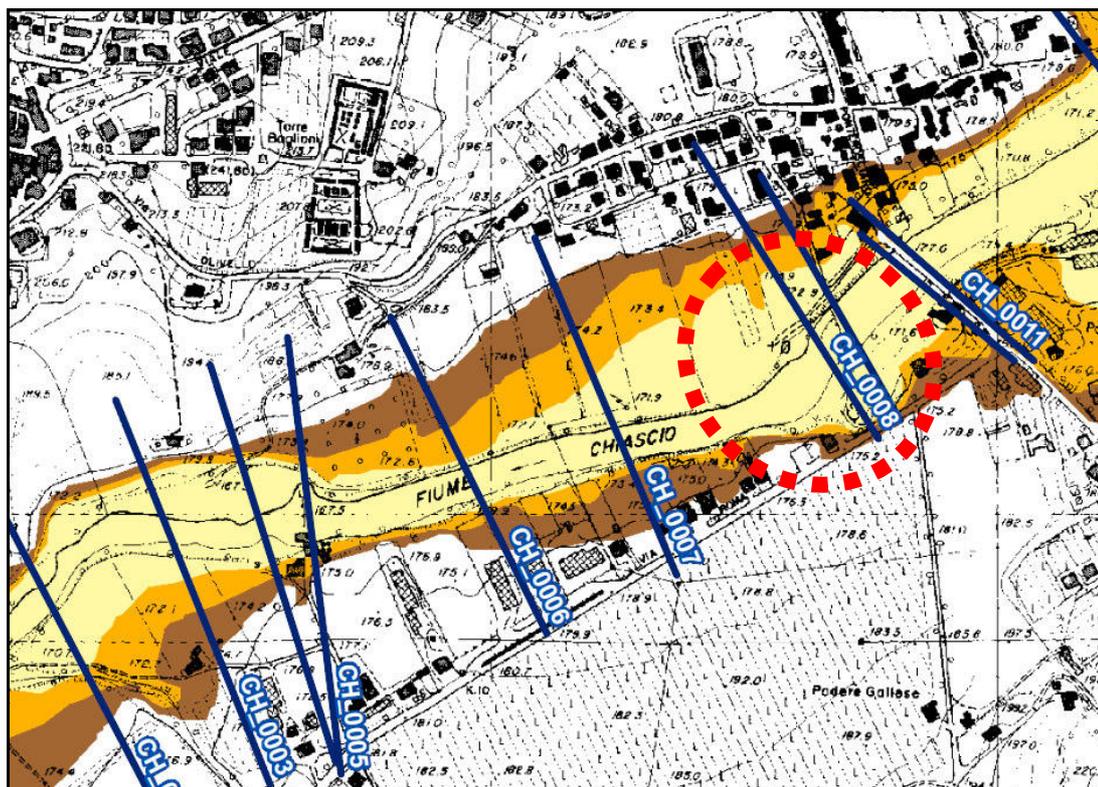
L'intervento di ripristino si colloca nella fascia "A" del reticolo fluviale del Fiume Chiascio e deve essere soggetta a specifiche autorizzazioni dell'Autorità idraulica competente nonché a specifiche tutele in ordine alla sicurezza nelle fasi realizzative.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

3. CONDIZIONI IDRAULICHE

La traversa oggetto di intervento ricade in corrispondenza delle sezioni idrauliche del Fiume Chiascio CH_0009 e CH_0008 come da stralcio che segue della tavola P25 del Piano di Gestione delle alluvioni.



PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI
DISTRETTO IDROGRAFICO DELL' APPENNINO CENTRALE
(Direttiva 2007/60/CE – art. 6 D.Lgs. 49/2010)

Mappe della pericolosità

Bacino idrografico
del Fiume Tevere

Tavola
25 P

Scala 1:10.000

Giugno 2015

Legenda

Classi di pericolosità

- P3 - elevata probabilità (alluvioni frequenti)
- P2 - media probabilità (alluvioni poco frequenti)
- P1 - bassa probabilità (alluvioni rare di estrema intensità)

Sezioni idrauliche

Localizzazione delle sezioni idrauliche

* Codice della sezione

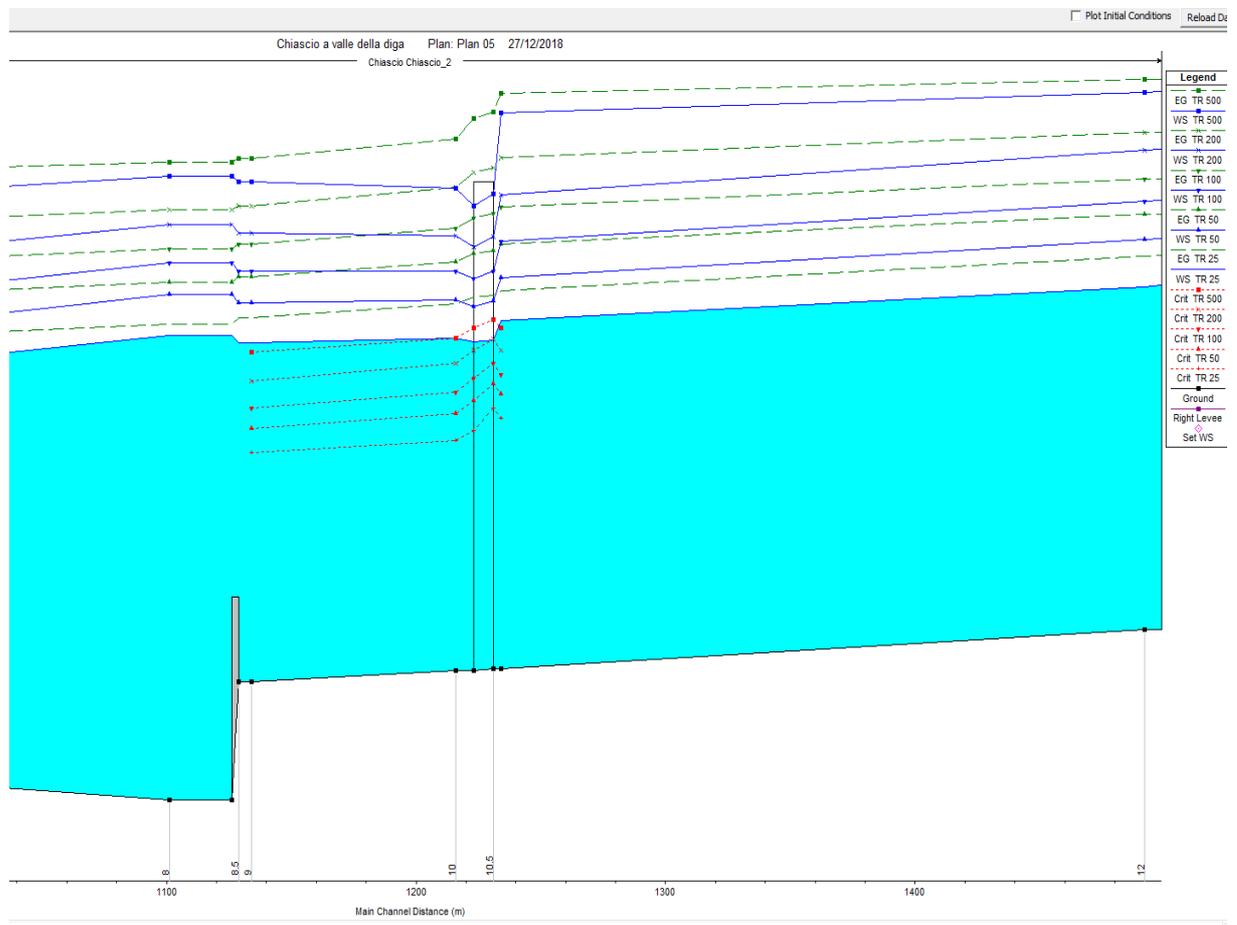
Per le caratteristiche idrauliche associate si rimanda all'allegato "Sezioni"

Stralcio Tavola P25 Piano di gestione del Rischio Alluvioni

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

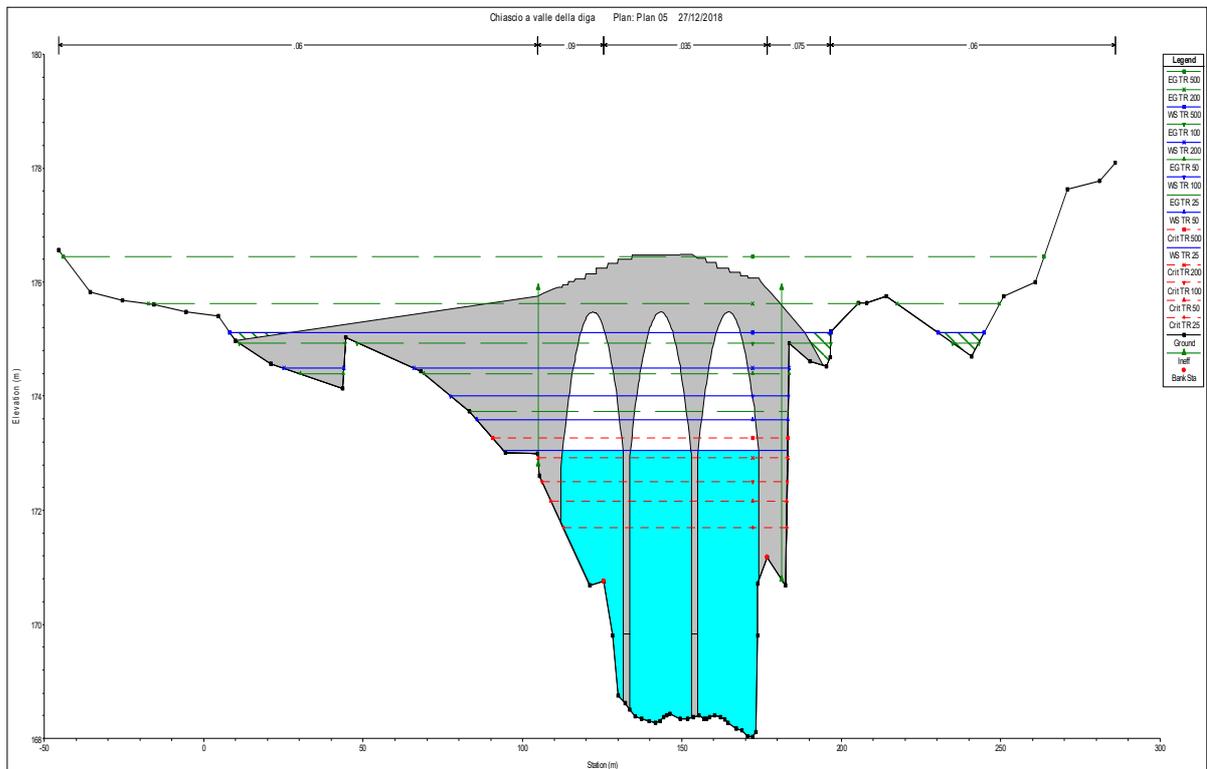
Di seguito si riportano invece le sezioni idrauliche come da modello impiegato per la delimitazione delle fasce fluviali; nel dettaglio vengono graficizzate le sezioni CH_0010 (sezione immediatamente a valle del Ponte sul Chiascio – Ponte Rosciano), CH_0009 posta a monte della traversa e la sezione CH_0008 posta in corrispondenza della traversa, e la sezione CH_0007 posta a valle; si riporta anche stralcio profilo idraulico nel tratto tra il Ponte Rosciano e la traversa in questione.



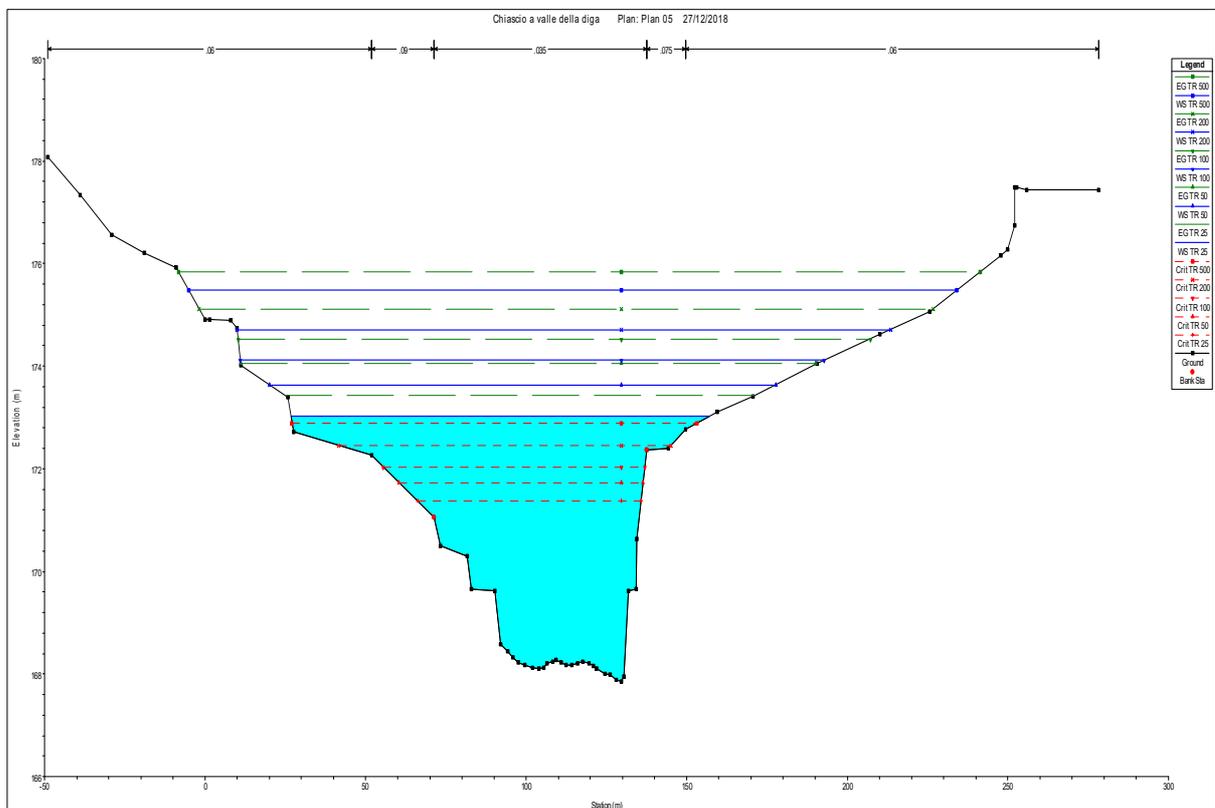
Stralcio profilo idraulico

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica



Sezione CH_0010



Sezione CH_0009

COMUNE DI TORGIANO
EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL
COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii.
INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI
MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO

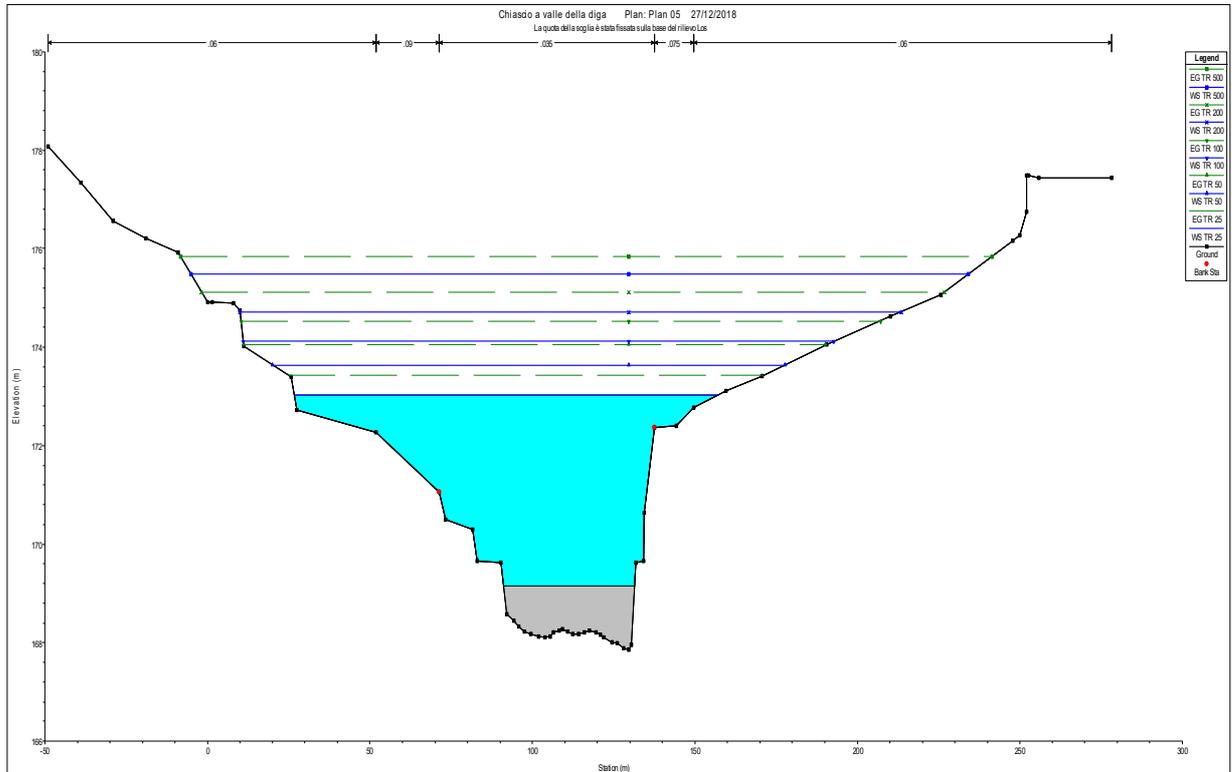
RE02D

Data: Dicembre 2018

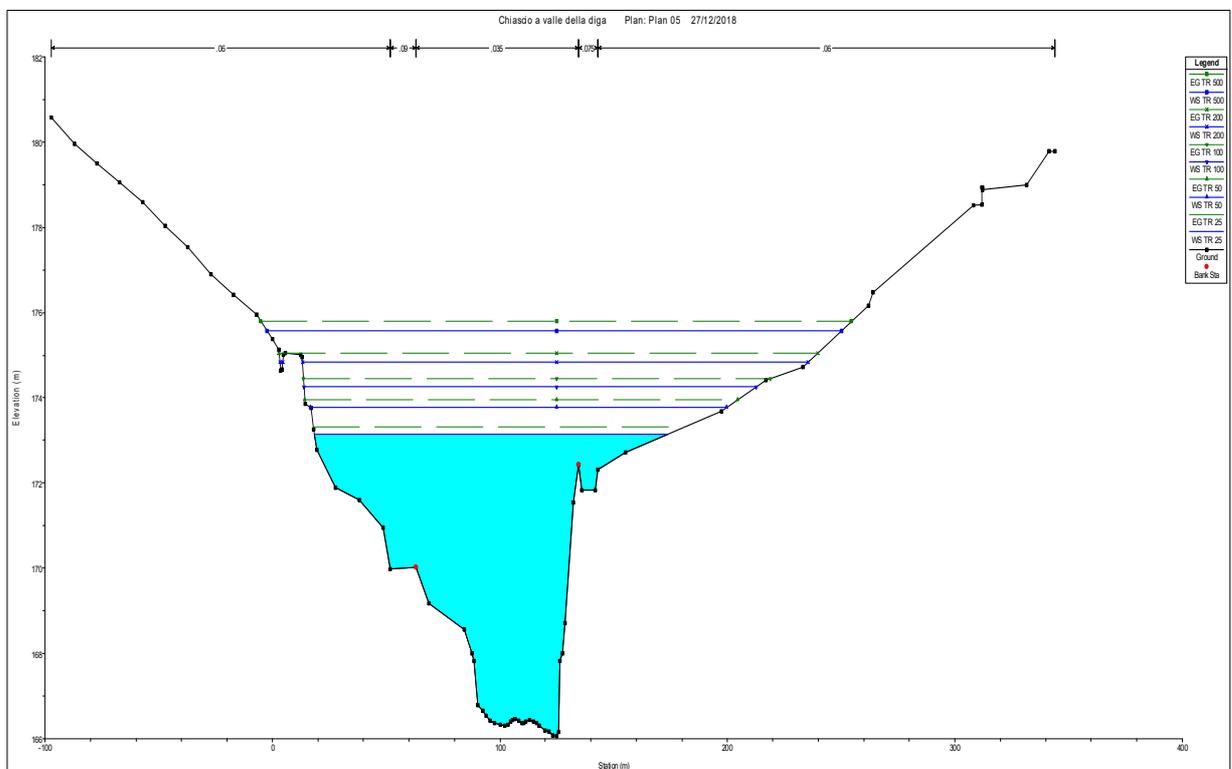
Pag. 10

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica



Sezione CH_0008



Sezione CH_0007

COMUNE DI TORGIANO
EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL
COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii.
INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI
MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO

RE02D

Data: Dicembre 2018

Pag. 11

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

Infine si riporta uno stralcio dei tabulati di calcolo con evidenziati i livelli idrici e le velocità nel tratto di interesse.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Chiasco_2	13	TR 50	950.00	168.43	175.10		175.12	0.000259	1.15	1653.82	715.51	0.18
Chiasco_2	13	TR 100	1100.00	168.43	175.61		175.64	0.000198	1.07	2053.79	823.42	0.16
Chiasco_2	13	TR 200	1300.00	168.43	176.30		176.32	0.000139	0.98	2635.34	865.43	0.14
Chiasco_2	13	TR 500	1500.00	168.43	177.09		177.11	0.000094	0.89	3329.34	885.81	0.11
Chiasco_2	12	TR 25	778.00	168.66	173.89		174.35	0.002040	3.38	398.34	206.12	0.51
Chiasco_2	12	TR 50	950.00	168.66	174.61		174.98	0.001492	3.19	558.51	240.31	0.45
Chiasco_2	12	TR 100	1100.00	168.66	175.19		175.52	0.001203	3.08	711.44	283.37	0.41
Chiasco_2	12	TR 200	1300.00	168.66	175.97		176.24	0.000889	2.88	958.13	341.69	0.36
Chiasco_2	12	TR 500	1500.00	168.66	176.85		177.05	0.000623	2.62	1286.44	410.91	0.31
Chiasco_2	11	TR 25	778.00	168.06	173.37	171.89	173.83	0.001990	3.02	257.97	92.03	0.50
Chiasco_2	11	TR 50	950.00	168.06	174.03	172.26	174.53	0.001734	3.13	303.07	94.88	0.47
Chiasco_2	11	TR 100	1100.00	168.06	174.57	172.55	175.11	0.001583	3.23	340.12	108.00	0.46
Chiasco_2	11	TR 200	1300.00	168.06	175.29	172.92	175.86	0.001417	3.34	388.65	220.32	0.45
Chiasco_2	11	TR 500	1500.00	168.06	176.54	173.26	176.84	0.000752	2.61	846.13	343.46	0.33
Chiasco_2	10.5		Bridge									
Chiasco_2	10	TR 25	778.00	168.03	173.11	171.55	173.63	0.001876	3.25	272.55	90.12	0.49
Chiasco_2	10	TR 50	950.00	168.03	173.68	171.96	174.27	0.001827	3.48	316.17	99.10	0.49
Chiasco_2	10	TR 100	1100.00	168.03	174.13	172.28	174.78	0.001813	3.67	350.30	108.64	0.50
Chiasco_2	10	TR 200	1300.00	168.03	174.67	172.72	175.40	0.001818	3.91	391.59	157.82	0.51
Chiasco_2	10	TR 500	1500.00	168.03	175.38	173.10	176.14	0.001634	4.00	445.94	220.08	0.49
Chiasco_2	9	TR 25	778.00	167.86	173.03	171.37	173.42	0.001588	2.82	315.57	130.52	0.45
Chiasco_2	9	TR 50	950.00	167.86	173.64	171.73	174.04	0.001397	2.90	402.72	157.70	0.43
Chiasco_2	9	TR 100	1100.00	167.86	174.12	172.04	174.53	0.001274	2.96	484.93	181.75	0.42
Chiasco_2	9	TR 200	1300.00	167.86	174.71	172.46	175.12	0.001137	3.01	598.87	203.48	0.40
Chiasco_2	9	TR 500	1500.00	167.86	175.48	172.89	175.84	0.000894	2.90	771.72	239.21	0.36
Chiasco_2	8.5		Inl Struct									
Chiasco_2	8	TR 25	778.00	166.06	173.15		173.32	0.000482	1.89	494.63	155.57	0.26
Chiasco_2	8	TR 50	950.00	166.06	173.77		173.96	0.000472	2.01	600.51	182.82	0.26
Chiasco_2	8	TR 100	1100.00	166.06	174.26		174.46	0.000464	2.10	694.28	198.55	0.26
Chiasco_2	8	TR 200	1300.00	166.06	174.84		175.06	0.000458	2.20	816.41	223.40	0.26
Chiasco_2	8	TR 500	1500.00	166.06	175.58		175.79	0.000408	2.22	993.24	252.73	0.25
Chiasco_2	7	TR 25	778.00	166.69	172.22		172.94	0.002623	3.77	225.23	89.14	0.57
Chiasco_2	7	TR 50	950.00	166.69	172.81		173.57	0.002523	3.95	284.44	112.31	0.57
Chiasco_2	7	TR 100	1100.00	166.69	173.32		174.09	0.002341	4.02	346.64	131.12	0.56
Chiasco_2	7	TR 200	1300.00	166.69	173.97		174.70	0.002172	4.02	444.39	185.60	0.54
Chiasco_2	7	TR 500	1500.00	166.69	175.04		175.55	0.001314	3.51	691.59	272.69	0.43

Stralcio tabulati della modellazione idraulica del Fiume Chiasco nel tratto di interesse

Allo stato attuale la traversa esistente oggetto di ripristino si presenta fortemente sconnessa e disarticolata con completa perdita di funzionalità ed officiosità idraulica.

Il rilievo topografico condotto ha portato alla definizione delle pertinenze dell'opera, come risulta dallo stralcio che segue.

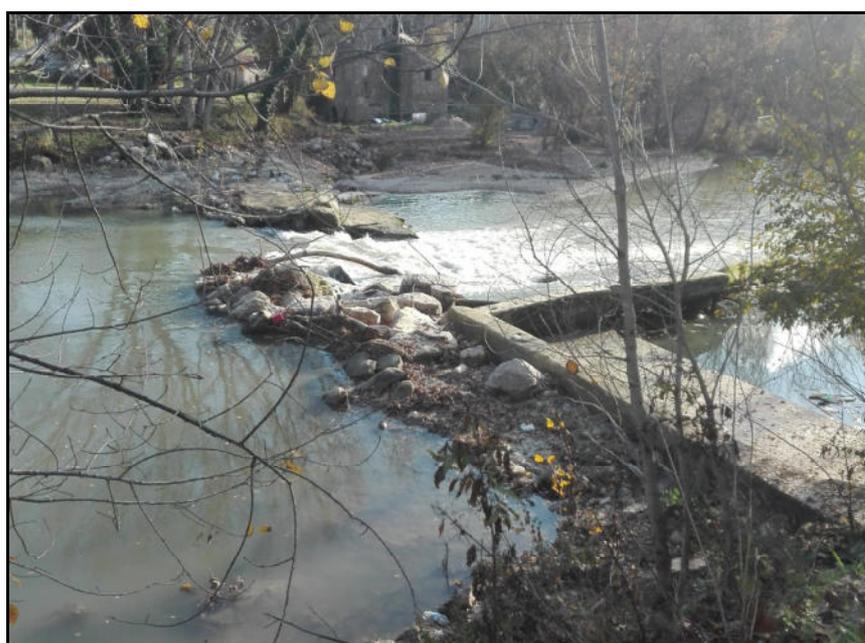
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica



Stralcio planimetria di rilievo

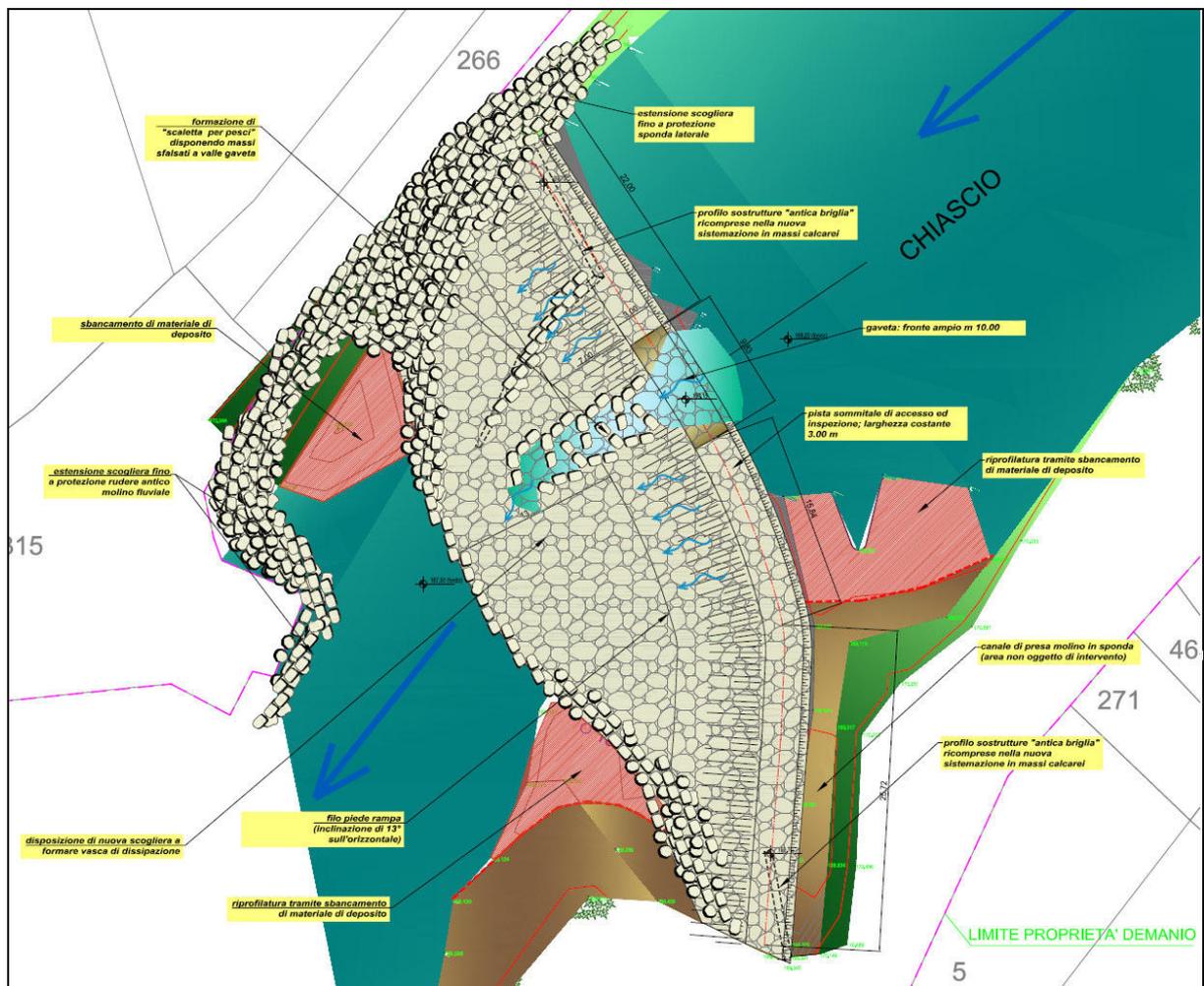
Di seguito si riporta una vista di insieme dell'opera.



Vista di insieme

4. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

La traversa verrà ripristinata utilizzando la tecnica naturalistica dei massi sciolti. In tal senso verrà realizzata a corda molle, con segnata una gaveta al centro, utilizzando massi ciclopici sciolti posizionati in modo da formare uno scivolo verso valle. Tale opera permette di mantenere il preesistente, essere del tutto naturale con un ottimo inserimento paesaggistico, tutelare flora e fauna, permettere facili ed immediati interventi di manutenzione futuri.



Planimetria di progetto

Alla luce dell'opera progettuale, occorre verificare il diametro dei massi previsto (100 cm) alle azioni di trascinamento determinate dalla corrente di piena.

Il metodo utilizzato si basa sulla teoria delle condizioni di moto incipiente del materiale investito dalla corrente sul fondo e sulle sponde (Teoria di Shields).

dove α è l'inclinazione della sponda (mentre per il fondo si assume α pari a zero) e ϕ l'angolo di attrito del materiale; C^* è il coefficiente di Shields assunto pari a 0,06; d_m è la pezzatura del materiale di riempimento pari da 0.5 a 1 m.

$$\tau_{cr} = 0,06(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m$$

In tale maniera si ottiene una T_{cr} pari a circa 360 N/mq per il fondo e 269 N/mq per le sponde con un diametro medio di 0.5 m mentre 720 N/mq e 539 N/mq con diametro medio di 1 m.

Dal confronto risulta verificata la stabilità dei massi impiegati per il ripristino della traversa all'azione di trascinamento della corrente.

Una ulteriore verifica riguarda la velocità di trascinamento sull'interfaccia tra il rivestimento ed il terreno sottostante, in presenza di filtro in ghiaia. Esso riveste particolare importanza in quanto impedisce al rivestimento di abbassarsi o di affondare a causa dell'erosione.

La velocità residua all'interfaccia si può determinare con la formula di Manning di seguito riportata:

$$v_b = \frac{1}{n_f} \cdot \left(\frac{d_m}{2} \right)^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove v_b è la velocità all'interfaccia rivestimento-sottofondo, n_f il coefficiente di scabrezza del fondo (si può assumere pari a 0,03 per le ghiaie utilizzate da filtro per le scogliere), d_m è il diametro medio del rivestimento (1 m) ed i la pendenza di fondo. In presenza di filtro in ghiaia, come nel caso in esame, la velocità del fluido che passa attraverso lo strato di ghiaia diminuisce e può essere assunta pari a 1/3 della v_b calcolata dalla precedente formula. Tale velocità deve essere confrontata con le velocità limite del suolo sul quale poggia il rivestimento.

Si riporta di seguito la tabella con i risultati del calcolo effettuato. La velocità limite di 1,50 m/s è stata estrapolata da letteratura (Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics") per un suolo costituito essenzialmente da sabbia e ghiaia.

Nel nostro caso avremo un valore pari a 0.94 m/s al di sotto della velocità critica.

Ultima verifica risulta il calcolo del diametro minimo dei massi al di sotto dei quali è probabile si verifichi il danneggiamento della rampa di discesa della scogliera verso valle. Viene utilizzata in tal senso la relazione di Whittaker-Jaggi (Manuale tecnico di Ingegneria Natuaralistica, Centro di Formazione Professionale "O. Malaguti" di seguito riportata:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

$$q = 0,257 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}} \cdot \sqrt{g} \cdot j^{\frac{7}{6}} \cdot \left| \frac{d}{1,06} \right|^{\frac{3}{2}}$$

- q è la portata specifica per unità di larghezza (mc/m*s);
- gamma s e w sono i pesi specifici del pietrame e dell'acqua (kg/mc);
- g è accelerazione gravità (m/sq)
- j è la pendenza della rampa (m/m)
- d è il diametro della sfera equivalente del pietrame (m).

Dai calcoli effettuati risulta che con un diametro di 1 m si raggiungono portate pari a circa 1211 mc/sec, portata vicina a quella duecentennale pari a 1300 mc/sec. Considerando altresì l'effetto di incastro dei massi l'un l'altro la verifica risulta soddisfatta.

<p>COMUNE DI TORGIANO EVENTI ALLUVIONALI DEL 11,12,13 NOVEMBRE 2012 - DPCM 23 MARZO 2013 - DECRETO DEL COMMISSARIO DELEGATO 15 OTTOBRE 2013, N.5 E ss.mm.ii. INTERVENTI URGENTI SUL FIUME CHIASCIO DI PROTEZIONE DELLA TRAVERSA DI MOLINO DI SOPRA IN LOCALITA' PONTEROSCIANO <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> Relazione idraulica</p>	<p>RE02D</p> <p>Data: Dicembre 2018 Pag. 17</p>
---	--

ALLEGATO - MOTO INCIPIENTE IN ALVEO

Di seguito riportiamo uno stralcio del testo Ugo Maione, Armando Brath "Moderni Criteri di Sistemazione degli Alvei Fluviali"- Atti del Corso di Aggiornamento- Politecnico di Milano) inerente il Moto Incipiente in alveo, dal quale è stata ripresa la metodologia adottata per l'analisi della stabilità del materiale di fondo.

Prima di passare alla applicazione ad alcuni casi pratici, si descrive la procedura che può essere adottata per la determinazione delle condizioni di inizio della movimentazione del materiale d'alveo (incipiente movimento). Da un punto di vista progettuale il problema può essere visto come la determinazione del diametro minimo dei massi costituenti il fondo del corso d'acqua, che ne garantisce la stabilità, quando nel corso d'acqua, del quale si conoscono le caratteristiche geometriche, fluisce una portata Q (la flow chart è illustrata in Fig. 2.1).

Il problema può essere risolto a partire dalla determinazione delle caratteristiche idrauliche del moto, che permettono di valutare il numero di Reynolds del grano. Per la determinazione del numero di Reynolds del grano è necessario assegnare un valore del diametro di prima approssimazione. Mediante il diagramma di Shields si determina il parametro di mobilità θ in condizioni critiche

e, attraverso questo, si risale al nuovo valore del diametro. Se il diametro ottenuto è uguale a quello ipotizzato, la soluzione è stata ottenuta, in caso contrario è necessario iterare la procedura a partire dal valore del diametro ottenuto.

Le caratteristiche idrauliche in condizioni di moto uniforme possono essere valutate applicando al corso d'acqua, nel caso più generale, un modello di propagazione a moto vario. In molti casi, comunque, è possibile semplificare il problema, e stimare le caratteristiche idrauliche nell'ipotesi di portata costante (per esempio nell'intorno del colmo di una piena) a moto permanente od anche, ove sia verosimile, a moto uniforme. Nell'ipotesi si possa ritenere che il deflusso avvenga a moto uniforme si può utilizzare, ad esempio, l'espressione di Gauckler-Strickler (eq. 2.1):

$$u = k_{GS} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (2.1)$$

valida nel caso di turbolenza pienamente sviluppata (condizione ampiamente soddisfatta, in generale, nei moti a pelo libero ed, in particolare, nel caso di torrenti di montagna). Il valore del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler può essere valutato, in modo sufficientemente approssimato, mediante l'espressione di Strickler (1923) (eq. 2.2), valida anch'essa nel caso di moto turbolento pienamente sviluppato:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

$$k_{GS} = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} m^{1/3} s^{-1} \quad (2.2)$$

dove d_{90} viene espresso in metri.

Le caratteristiche del moto vengono stimate determinando il valore del tirante idrico che soddisfa l'uguaglianza:

$$\frac{Q}{k_{GS} i^{1/2}} = AR_H^{2/3} \quad (2.3)$$

dove A è l'area bagnata e R_H è il raggio idraulico. Nel caso in cui non sia accettabile l'ipotesi di moto uniforme si devono determinare le condizioni idrodinamiche mediante adatti modelli risolutivi; si rimanda alla letteratura specifica per questo problema.

La determinazione del numero di Reynolds del grano locale (cioè nella zona del fondo dove si ha interesse a definire le condizioni del moto incipiente) passa attraverso la determinazione dello sforzo tangenziale sul fondo nella zona di interesse. Il numero di Reynolds del grano si scrive:

$$Re_* = \frac{u_* d}{\nu} \quad (2.4)$$

dove u_* è la velocità d'attrito, d rappresenta il diametro medio del materiale in alveo e ν la viscosità cinematica dell'acqua. La velocità di attrito locale viene definita come:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (2.5)$$

dove τ_0 è lo sforzo tangenziale nella zona del fondo di interesse.

La determinazione del valore massimo dello sforzo tangenziale può essere fatta mediante il diagramma di Fig. 2.2, di natura sperimentale, elaborato da Lane e Carlson nel 1953, che presenta il massimo sforzo tangenziale sul fondo e sulle sponde in funzione della geometria della sezione e del rapporto tra la larghezza del fondo b e del tirante liquido h , nel caso di sezione trapezoidale. Il diagramma di Fig. 2.3 riporta l'andamento degli sforzi tangenziali sul fondo e sulle sponde, nel caso di una particolare sezione trapezia. Come si nota il massimo sforzo tangenziale sul fondo si verifica in mezzera della sezione e diminuisce debolmente avvicinandosi alle sponde. Sulle sponde il valore massimo dello sforzo tangenziale si verifica in prossimità dell'unghia. Questo tipo di comportamento si ripete, nella sostanza, anche nel caso di sezioni trapezie di diversa geometria.

In Fig. 2.2 lo sforzo tangenziale massimo è adimensionalizzato rispetto alla quantità $\gamma h i$, dove i è la pendenza locale della linea dell'energia (che coincide, nell'ipotesi di moto uniforme e solo in questo caso, con la pendenza del fondo), h e γ rappresentano, rispettivamente, l'altezza idrica nella sezione (vedi Fig. 2.3) ed il peso specifico del fluido. Lo sforzo tangenziale massimo può, quindi, essere espresso dalla relazione:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

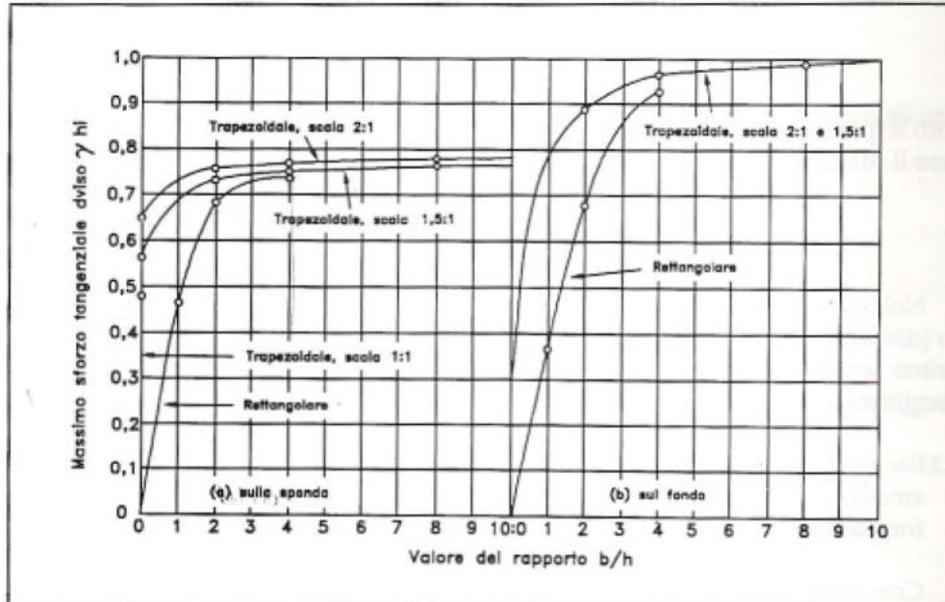


Fig. 2.2 - Massimi sforzi tangenziali sul fondo di una sezione trapezia.

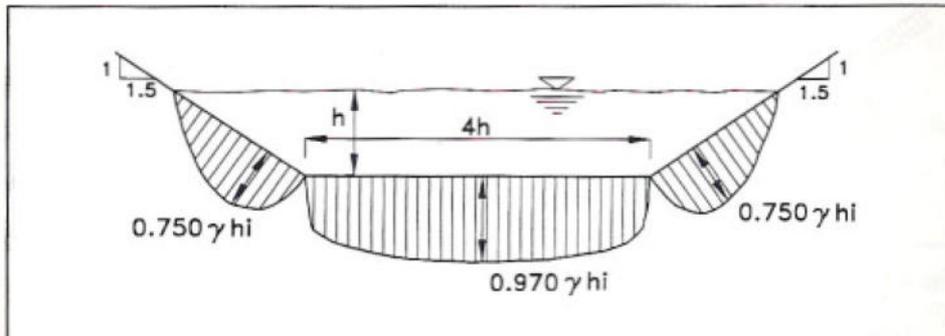


Fig. 2.3 - Andamento degli sforzi tangenziali lungo il fondo di una sezione trapezia.

$$\tau_0 = \xi \gamma h i \quad (2.6)$$

ed il numero di Reynolds del grano può essere espresso come:

$$Re_* = \frac{u_* d}{\nu} = \frac{\sqrt{\tau_0 / \rho d}}{\nu} = \frac{\sqrt{\xi g h i d}}{\nu} \quad (2.7)$$

Determinato il numero di Reynolds del grano, il diagramma di Shields fornisce il corrispondente valore del *parametro di mobilità critico di Shields*:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

$$\theta_c = \frac{u_*^2}{g\Delta d} \quad (2.8)$$

noto il quale e noto dalla (2.5) il valore della velocità d'attrito u_* è possibile ottenere il diametro minimo stabile:

$$d = \frac{u_*^2}{g\Delta\theta_c} \quad (2.9)$$

Nell'esempio che segue si procederà alla determinazione del diametro critico (diametro di incipiente movimento) nel caso di pendenza trascurabile, in un primo tempo, poi tenendo conto della pendenza del fondo e della bassa sommergenza.