



Regione Toscana



**INTERVENTI EX-NOVO PER LA SALVAGUARDIA DEL RETICOLO
IDRAULICO IN LOC. MOLA A CARICO DI ALCUNI FOSSI IN GESTIONE
AL CONSORZIO- COMUNE DI CAPOLIVERI (LI)
- PSR 2014-2020 –SOTTOMISURA 5.1 B)- PIT 2016**

PROGETTO DEFINITIVO

**Elaborato 03
CONSIDERAZIONI IDRAULICHE SULL'INTERVENTO**

GRUPPO DI LAVORO

Dott. For. Katuscia Begliomini
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Dott. Ing. Chiara Chiostrini
Dott. For. Simone Fiornovelli
Dott. Ing. Federico Orlandini
Dott. For. Fiamma Rocchi

Codice 08605	Emesso Begliomini	D.R.E.A.M. ITALIA Soc. Coop. Agr. For. Via Garibaldi n.6, Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it	AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =	 D.R.E.A.M. ITALIA
Rev. 00	Controllato Fiornovelli			
Data Lug. 2020	Approvato Orlandi			

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

Sommario

Premessa	2
1. Caratteristiche del bacino del Fosso dei Salici.....	2
2. Analisi idrologica.....	3
2.1 Pluviometria	3
2.2 Perdite idrologiche	4
2.3 Trasformazione afflussi-deflussi.....	8
2.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi.....	9
3. Verifiche idrauliche.....	10
4. Risultati delle verifiche idrauliche	11

Relazione idrologica ed idraulica integrativa

Premessa

Il presente studio idrologico-idraulico del Fosso dei Salici è da intendersi come complemento del lavoro di progettazione svolto nell'ambito degli "Interventi ex-novo per la salvaguardia del reticolo idraulico in loc. Mola – Comune di Capoliveri (LI)".

Lo scopo dello studio è stato quello di verificare che gli interventi in stato di progetto fossero idraulicamente compatibili con le caratteristiche del corso d'acqua e del suo bacino idrografico.

E' doveroso precisare che il fosso in esame presenta ulteriori criticità idrauliche, quali tratti tombati, che però non sono oggetto degli interventi suddetti e quindi verranno in questa sede trascurati.

1. Caratteristiche del bacino del Fosso dei Salici

Il Fosso dei Salici, affluente del Fosso delle Acque Chiare, è un corso d'acqua dal regime torrentizio che scorre in direzione Sud-Nord nel comune di Capoliveri, in una zona prevalentemente agricola.



Figura 1 - Inquadramento del Fosso dei Salici e relativo bacino idrografico

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

La tabella seguente riporta le principali caratteristiche del corso d'acqua studiato e del relativo bacino, per la sezione di chiusura considerata.

Bacino	S (km ²)	L (km)	H _{max} (m s.l.m.)	H _{min} (m s.l.m.)	i (%)	i _B (%)
Fosso dei Salici	0.33	0.85	92	6	0.048	0.101

Tabella 1 – Caratteristiche morfologiche del corso d'acqua e del bacino idrografico

I parametri morfologici dei bacino sono stati ricavati dalle Carte Tecniche Regionali della Regione Toscana.

2. Analisi idrologica

E' stata seguita una modellazione idrologica, che ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number per lo studio della propagazione delle piene. L'analisi idrologica, implementata tramite il software HEC-HMS, è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

2.1 Pluviometria

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate, fino all'anno 2012, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>.

Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri dell'espressione monomia per l'altezza di precipitazione:

$$h=a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Per l'area in esame si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di Portoferraio (TOS11000012), che per vicinanza è la più significativa. I parametri della curva sono riportati in Tabella 2:

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

Portoferraio	a	n
Tr = 200 anni	75.88800	0.33951

Tabella 2 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica

Da un punto di vista di andamento temporale dell'intensità di precipitazione gli eventi pluviometrici sono stati schematizzati tanto con ietogrammi ad intensità costante.

2.2 Perdite idrologiche

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è funzione del tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana (Figura 2); È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover (Figura 3).

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

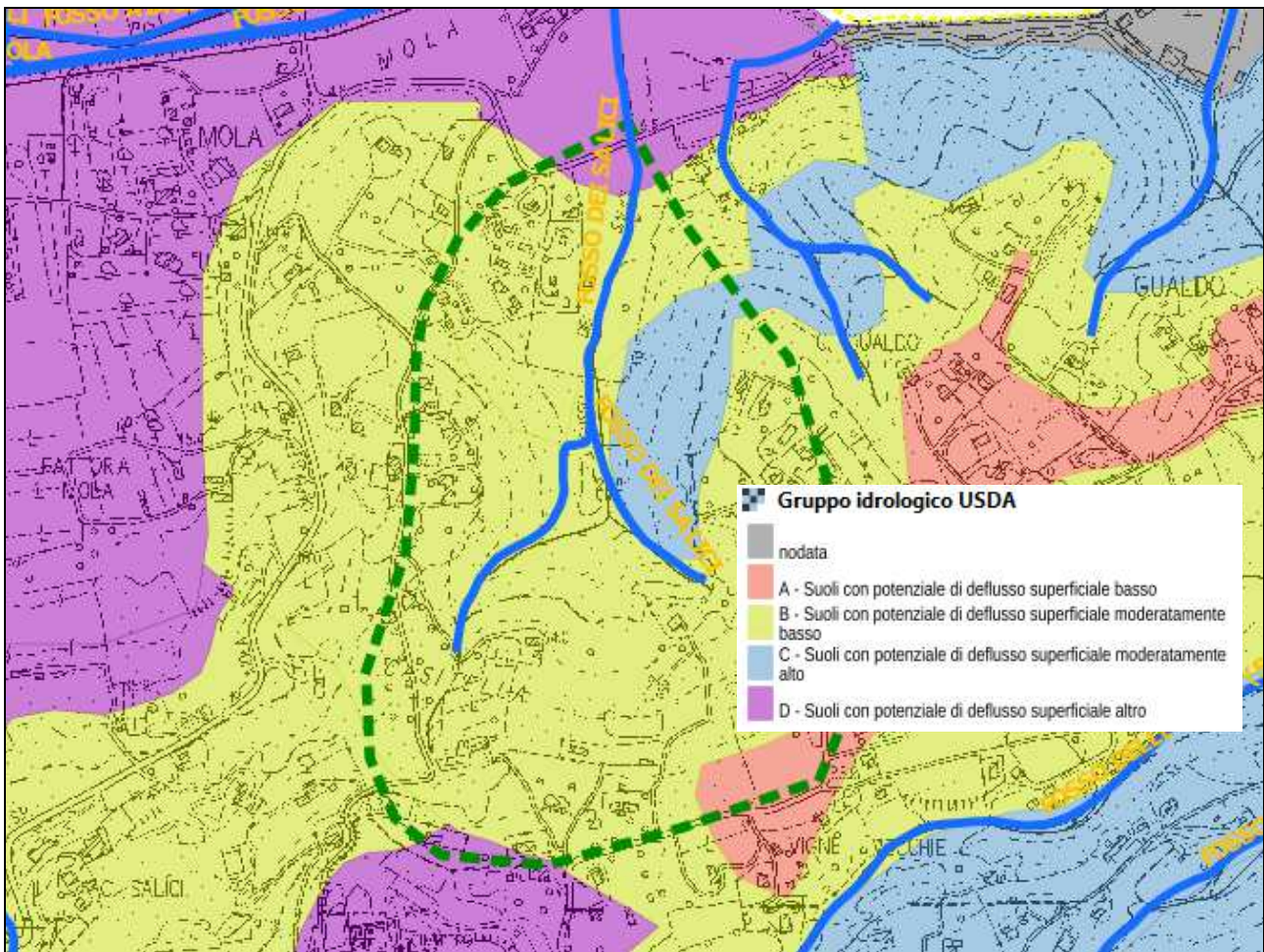


Figura 2 – Carta dei gruppi idrologici USDA

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

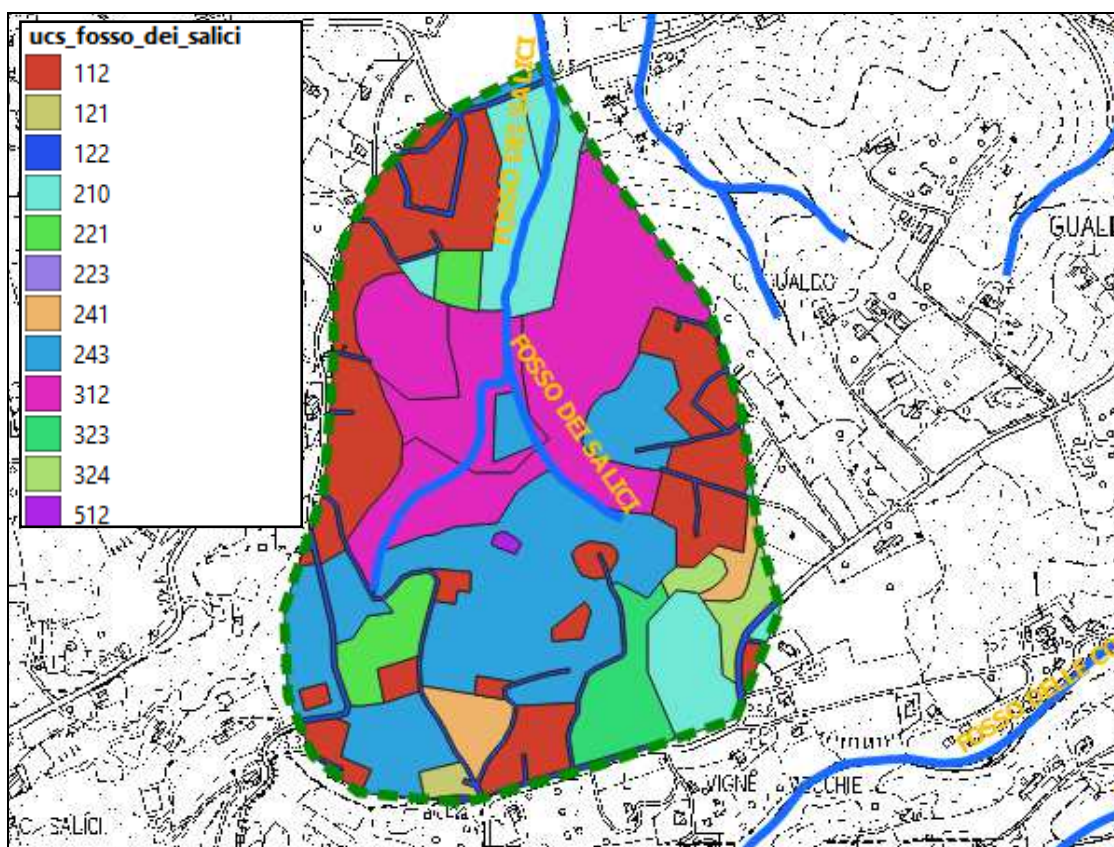


Figura 3 – Uso del suolo Corine Land Cover

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, in sono riportati i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l’evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II). Tale tabella è stata ricavata dal documento “Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS” del novembre 2014, predisposto nell’ambito dell’Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell’Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 3 –Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo. Fonte: Regione Toscana

Bacino	CN (II)	CN (I)	CN (III)
Fosso dei Salici	75	56	87

Tabella 4 – Valori del CN per il bacino d'interesse

Le classi AMC, che esprimono la condizione di umidità del suolo e fanno riferimento alla sua capacità di filtrazione relativamente all'ammontare di pioggia nei 5 giorni antecedenti l'evento:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
1	<13	<36
2	13-28	36-54
3	>28	>54

Tabella 5 – Classi AMC

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

La classe AMC identifica le condizioni di saturazione del suolo nel suo strato superficiale nei giorni precedenti l'evento pluviometrico; il valore è considerato basso quando c'è stata poca precipitazione ed alto quando una considerevole quantità di pioggia è caduta nei cinque giorni precedenti all'evento. Ai fini modellistici le condizioni AMC II sono considerate condizioni medie e pertanto significative dell'analisi idrologica per la caratterizzazione di eventi estremi.

Antecedent Condition	Description	Growing Season	Dormant Season
		5-Day Antecedent Rainfall	5-Day Antecedent Rainfall
Dry AMC I	An optimum condition of watershed soils, where soils are dry but not to the wilting point, and when satisfactory plowing or cultivation takes place	Less than 1.4 in. or 35 mm	Less than 0.05 in. or 12 mm
Average AMC II	The average case for annual floods	1.4 in. to 2 in. or 35 to 53 mm	0.5 to 1 in. or 12 to 28 mm
Wet AMC III	When a heavy rainfall, or light rainfall and low temperatures, have occurred during the five days previous to a given storm	Over 2 in. or 53mm	Over 1 in. or 28 mm

Come verificatosi anche di recente (vedi evento alluvionale di Livorno 9-10 Settembre 2017) l'estremizzazione degli eventi meteorologici a seguito dei cambiamenti climatici fa sì che le piogge di notevole intensità e breve durata (le cosiddette "bombe d'acqua") si manifestino spesso dopo un prolungato periodo siccitoso; questa condizione è di fatti molto critica, in quanto il terreno risulta in una prima fase "secco", non in grado di far filtrare acqua, che si trasforma direttamente in runoff.

Per queste considerazioni e poiché la classe AMC III risulta troppo penalizzante associata ad altri elementi modellistici cautelativi (ietogramma Chicago ed idrogramma unitario del SCS), si procede assegnando una condizione AMC II, in linea con altri studi effettuati nella regione in ambito di pianificazione urbanistica, approvati dai vari enti civili competenti territorialmente.

2.3 Trasformazione afflussi-deflussi

La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono dal molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

– formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

– formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

– formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

– formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

– formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in km², L la lunghezza dell’asta principale in km, i la pendenza media del corso d’acqua, i_B la pendenza media del bacino.

Si riportano i valori dei tempi di corrivazione ottenuti dalle varie formule con i dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche del bacino riportati in *Tabella 1*.

Bacino	Ventura	Pasini	Ferro	Giandotti	PIN1	PIN2	Tc medio (h)
Fosso dei Salici	0.23	0.32	0.39	0.68	0.24	0.31	0.32

Tabella 6 – Tempi di corrivazione

Il tempo di corrivazione medio risulta pari a 0.32 h.

2.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi

Si sono quindi effettuate le modellazioni con ietogramma di forma triangolare, con trasformazione afflussi deflussi con idrogramma SCS, per la durata di precipitazione di 1, 2 e 3 ore. Si riporta di seguito il valore massimo di portata ottenuto utilizzato come dato di input nella modellazione idraulica.

Q Tr 200 [m3/s]
3.3

Tabella 7: Portata massima alla sezione di chiusura

3. Verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state realizzate con un modello accoppiato di tipo monodimensionale all'interno del canale e puramente bidimensionale per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna, implementato con il software HEC RAS 5.0.3, che è un modello fisicamente basato in grado di conservare e distribuire i volumi d'acqua in base all'effettiva morfologia e topografia del territorio analizzato.

Lo schema di moto all'interno del canale è di tipo unidimensionale non stazionario (moto vario), risolto mediante integrazione numerica delle equazioni di De Saint Venant; le arginature od i cigli di sponda sono rappresentati mediante sfioratori longitudinali (Lateral Structures) che, nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità arginale, trasferiscono il volume esondato sul territorio, per la sua propagazione con schema di moto bidimensionale, che è risolto mediante l'integrazione numerica delle equazioni del moto, espressa come equazione dell'onda dinamica completa, e di conservazione del volume:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h: tirante idrico;
- V_x : componente lungo x della velocità media;
- i: intensità dell'eccesso di pioggia;
- S_{fx} : componente lungo x del gradiente delle perdite di carico per attrito (da equazione di Manning);
- S_{0x} : pendenza del piano campagna.

L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, ovvero consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche e dei livelli idraulici di monte e valle. La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z a partire dei dati altimetrici Lidar, forniti dal volo della Regione Toscana (anno 2012).

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Per quanto riguarda il primo caso si sono assunti i seguenti valori di scabrezza:

Tipologia	Scabrezza n (Manning)
Canale principale	0.03
Sommità spondale	0.025

Tabella 8 – Coefficienti di scabrezza per le verifiche del Fosso dei Salici

Come condizione al contorno di monte è stato imposto l'idrogramma di piena, mentre la condizione di valle è stata rappresentata imponendo condizioni di moto uniforme impostando la pendenza media del corso d'acqua pari a 0.019.

4. Risultati delle verifiche idrauliche

Il Fosso dei Salici è stato simulato da circa 20 metri a valle dell'attraversamento di via Chioppi fino a circa 75 metri a monte della confluenza con il Fosso delle Acque Chiare, per una lunghezza complessiva di 180 m e 5 sezioni topografiche rilevate.

E stato preso in considerazione lo scenario di progetto con le modifiche di ricavatura delle sezioni previste e il rivestimento con geostuoie delle sponde.

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici



Figura 4. Tratto del Fosso dei Salici modellato con il software Hec-Hms

Lo scenario di progetto è stato simulato in condizioni di moto permanente imponendo come input il valore di portata massima ricavato dall'analisi idrologica (paragrafo 2.4.). Ad essa per completezza di trattazione è stata aggiunta la portata del depuratore che scarica le sue acqua nel fosso del Salici, tale portata è stata dichiarata pari a 800 l/giorno in condizioni di picco di utilizzo (PERIODO ESTIVO). Tale contributo risulta pressoché trascurabile in confronto alla portata di piene derivante dall'analisi idrologica.

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti.

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

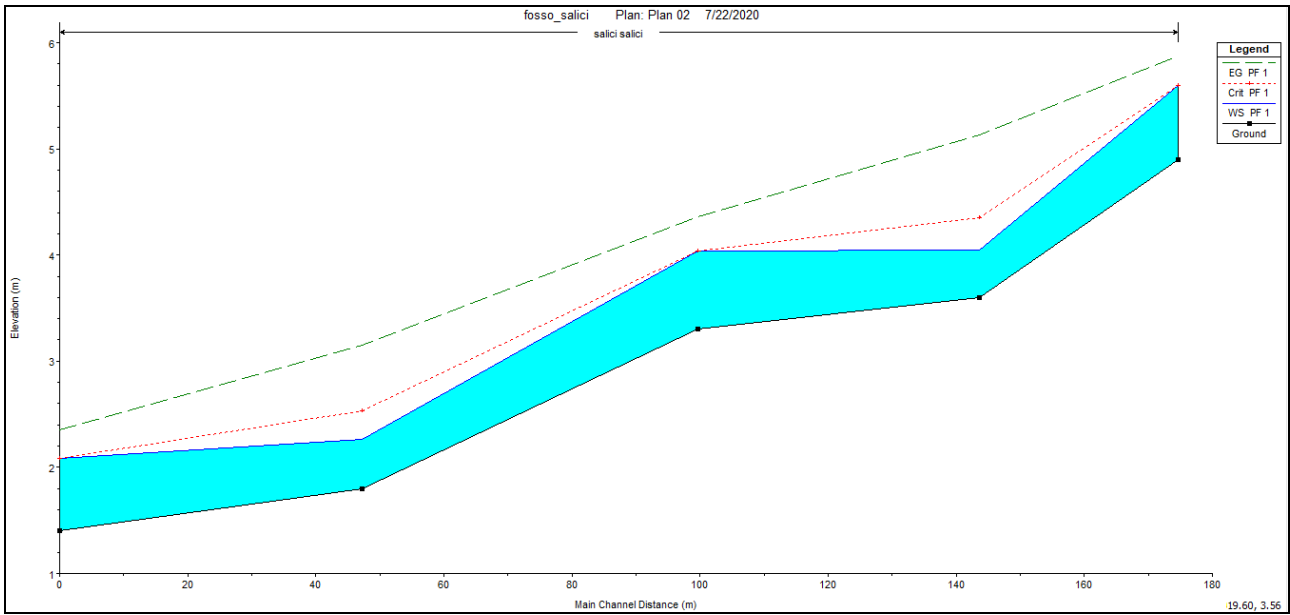


Figura 5. Fosso dei Salici- Profilo longitudinale tratto simulato

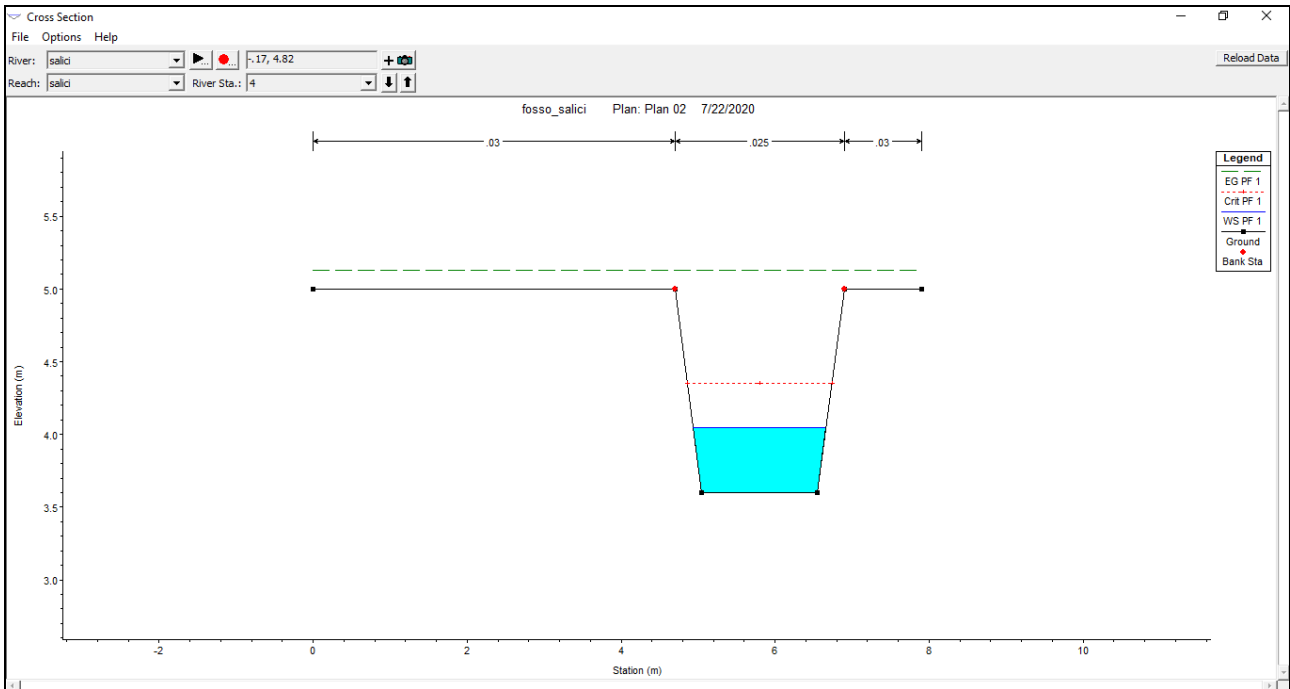


Figura 6 - Sezione 4 Fosso dei Salici

Studio idrologico ed idraulico Fosso dei Salici

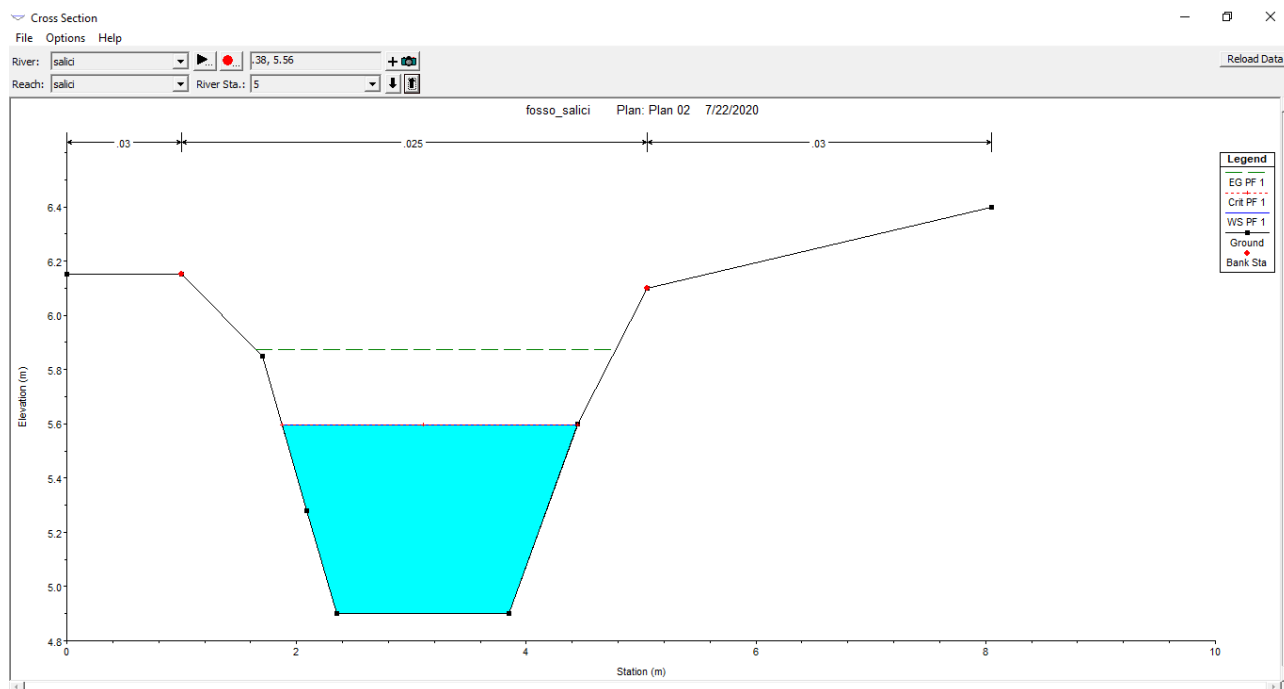


Figura 7. Sezione 5 Fosso dei Salici

I risultati delle simulazioni condotte mostrano una sostanziale adeguatezza del Fosso dei Salici a contenere la portata duecentennale nello stato di progetto previsto dagli "Interventi ex-novo per la salvaguardia del reticolo idraulico in loc. Mola – Comune di Capoliveri (Li)", ricordando come già detto in precedenza, che nella presente analisi idrologica e idraulica sono state trascurate tutte le altre criticità idrauliche non oggetto degli interventi di salvaguardia.