

# COMUNE DI SENIGALLIA



PROVINCIA DI ANCONA

PIANO ATTUATIVO INSEDIAMENTO TURISTICO

RICETTIVO AREA BT10 (U) “ FINIS AFRICAE”

(Art. 16/h NTA)

## **VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

GENNAIO 2018

TECNICO ASSEVERANTE

DOTT. ARCH. ROBERTO CURZI

GRUPPO DI LAVORO

GEOM. ANDREA BACCHIOCCHI

DOTT.SSA GIGLIOLA ALESSANDRONI

DOTT. ING. GIACOMO LANDI

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA D'INTERVENTO .....	4
3. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA PRELIMINARE.....	7
3.1 ANALISI IDROLOGICA-BIBLIOGRAFICA-STORICA .....	7
4. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA SEMPLIFICATA .....	15
4.1 CARATTERISTICHE DELLE RETI FOGNARIE.....	16
5. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA COMPLETA.....	17
5.1 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA .....	17
5.2 VERIFICHE IDRAULICHE SULLE SEZIONI RILEVATE.....	25

## 1. PREMESSA

La presente Verifica di Compatibilità Idraulica viene redatta in riferimento al piano attuativo dell'insediamento turistico-ricettivo "Finis Africae", situato lungo la S.P. Sant' Angelo, 155, Comune di Senigallia, ai sensi della DGR n.53 del 27/01/2014 (BUR n.19/2014) "*Criteria, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*" in attuazione dell'art.10, comma 4 della LR n.22 del 23/11/2011".

Il lavoro si articola nell'analisi dei seguenti livelli di verifica indicati nella Delibera suddetta e secondo le metodologie esposta nelle Linee Guida "A" – *Sviluppo della Verifica di Compatibilità idraulica*", con un grado di approfondimento funzionale al contesto della rete idrografica in cui si colloca l'area in oggetto:

- Verifica preliminare: analisi idrografica-bibliografica-storica
- Verifica semplificata: analisi idrografica-bibliografica-storica e analisi geomorfologica
- Verifica completa: analisi idrografica-bibliografica-storica, analisi geomorfologica e analisi idrologica-idraulica

Si precisa che lo sviluppo dei tre livelli di verifica viene svolto in adempimento al punto 2.4.1 della Delibera n.53/2014, poiché l'area di proprietà ha un'estensione superiore a 2ha, anche se il piano attuativo riguarda un'area di circa 1,5ha, come meglio precisato di seguito.

Per ciò che riguarda l'esatta individuazione degli effetti sull'impermeabilizzazione (invarianza idraulica), si rimanda alle successive fasi pianificatorie per l'analisi puntuale dei volumi e misure compensative, in rapporto all'effettiva quantità e qualità delle superfici permeabili/impermeabili.

Gli stessi saranno poi modulati in ragione dell'entità e della tipologia di trasformazione, secondo le soglie dimensionali di classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici e degli effetti attesi, da attuarsi anche con l'utilizzo di materiali e tecnologie che limitino le impermeabilizzazioni.

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area in oggetto dal punto di vista fisiografico s'inquadra nella parte bassa del versante collinare che si raccorda con la fascia valliva del fosso Sant'Angelo.

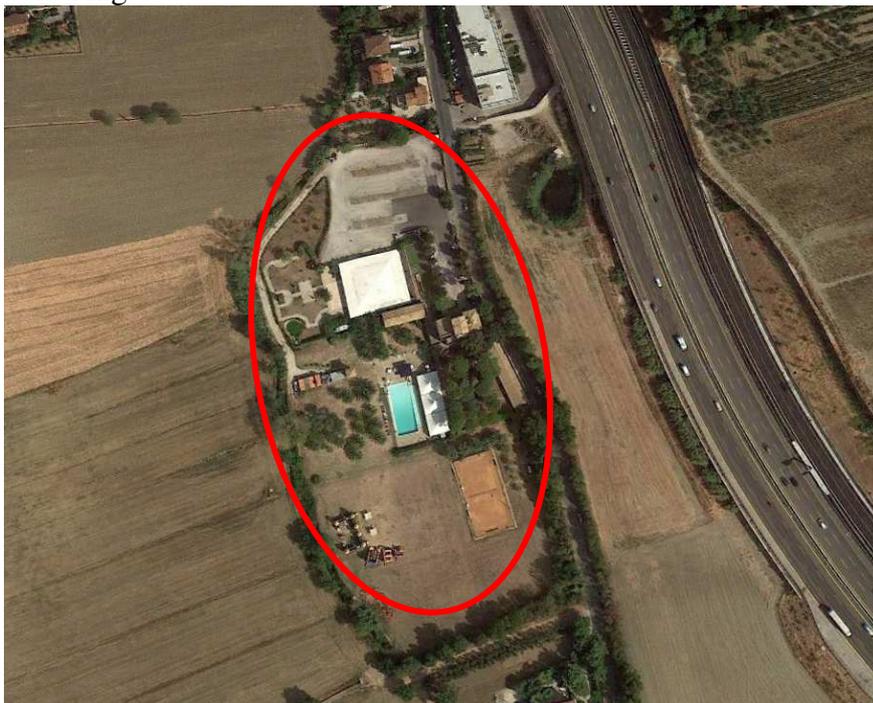


Figura 1 – Inquadramento area “Finis Africae” (Google Earth, 8/28/2017)

Sotto il profilo urbanistico, la proprietà è composta di due diversi azzonamenti per un'estensione complessiva di 25.718 m<sup>2</sup>: l'area interessata dal presente piano attuativo (14.572 m<sup>2</sup>), che comprende la maggior parte delle strutture è individuata negli elaborati grafici del PRG comunale come zona BT10(U), normata dall'art.16/h delle NTA, mentre la restante parte esterna alla BT10 è classificata come zona “E” agricola.

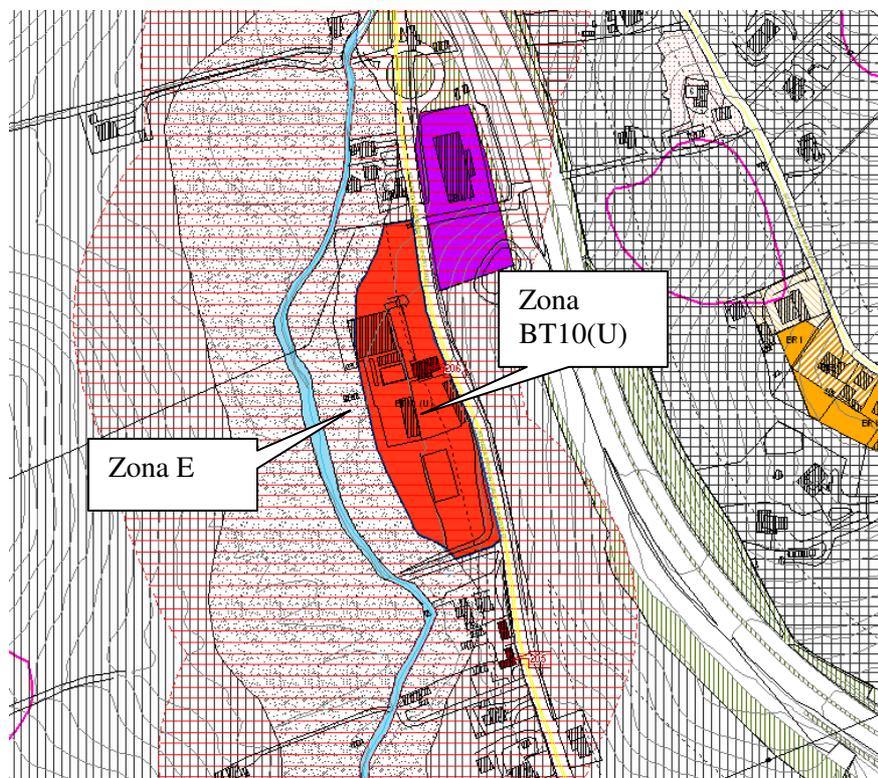


Figura 2 – Stralcio da PRG Comune di Senigallia (approvazione C.C. n.97/2016)

L'uso attuale dell'area è di tipo turistico-ricettivo, integrata da piscina, campo da tennis e sala polifunzionale.

Il piano attuativo prevede ampliamenti e modifiche alla struttura principale e alla sala polifunzionale esistente, una nuova sala polifunzionale, aree ludico-sportive all'aperto e un nuovo complesso turistico ricettivo, accompagnato da una revisione del sistema dei parcheggi e della viabilità.

Contemporaneamente si prevede il recupero e la valorizzazione paesaggistico-ambientale della fascia di rispetto del fosso Sant'Angelo, in

accordo con quanto prescritto all'art.16/h delle NTA del PRG del Comune di Senigallia.

I vari interventi che compongono il piano saranno realizzati per stralci funzionali, secondo priorità aziendale e il piano economico finanziario collegato.

L'area d'intervento è posta a circa 18 metri s.l.m., nella parte terminale del bacino idrografico del fosso S.Angelo, al margine del versante collinare che ne contorna il fianco destro.

L'andamento generale della zona appare piuttosto uniforme, degradante con debolissimi valori di pendenza verso il corso del Fosso.

Nell'ambito del contesto esaminato, non si sono evidenziato forme legate alla dinamica gravitativa.

L'assetto litostratigrafico della zona in studio è caratterizzato dalla copertura continentale quaternaria su substrato marino.

I terreni della copertura, a prevalente composizione limoso-argillosa, a luoghi debolmente sabbiosa, sono di origine colluvio/alluvionale.

Il substrato è rappresentato dalle argille azzurre "*Formazione delle Argille Azzurre*" (FAA) plio-pleistocenica, costituita prevalentemente da argille marnose.

### 3. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA PRELIMINARE

La fase di verifica preliminare ha lo scopo di individuare il reticolo idrografico attuale, quello storico-recente e le aree inondabili indicate negli strumenti di pianificazione, oltre a valutare le informazioni storiche disponibili, per l'accertamento di eventuali criticità per fenomeni di allagamento.

#### 3.1 ANALISI IDROGRAFICA – BIBLIOGRAFICA – STORICA

L'idrografia superficiale è unicamente segnata dall'asta del fosso S. Angelo che corre marginalmente all'area in esame, in un contesto agricolo (cfr. *“Inquadramento bacino del Fosso di Sant'Angelo”*).

A valle di questa, il S. Angelo è interessato da opere di attraversamento, realizzate dalla Società Autostrade in conseguenza dei lavori di ampliamento della terza corsia dell'A14 e della nuova viabilità locale.

Oltre il tratto autostradale, il Fosso scorre a cielo aperto per un breve tragitto per poi attraversare l'incrocio con Strada della Mandriola, tramite un tombino e proseguire il percorso, rettificato nel suo corso originario, parallelamente alle vie dei Pini, Rovereto e Dalmazia, fino allo sbocco in mare nei pressi della zona “Ponte Rosso”.

In uno studio di M. Ortolani e N. Alfieri (*“Sena Gallica”*, in *“Una città adriatica”*, a cura di S. Anselmi, 1978) si legge che il S. Angelo è stato parzialmente deviato attorno al 1910, all'incirca in corrispondenza dell'attuale

rotatoria su Via Capanna, per evitare fenomeni d'impaludamento nella parte finale in prossimità della confluenza con il Misa.

Nella Figura 3 seguente, tratta dallo studio citato, gli Autori ricostruiscono le antiche condizioni idrografiche del litorale senigalliese e in particolare l'andamento del fosso S. Angelo che mostra un andamento perpendicolare al Misa.

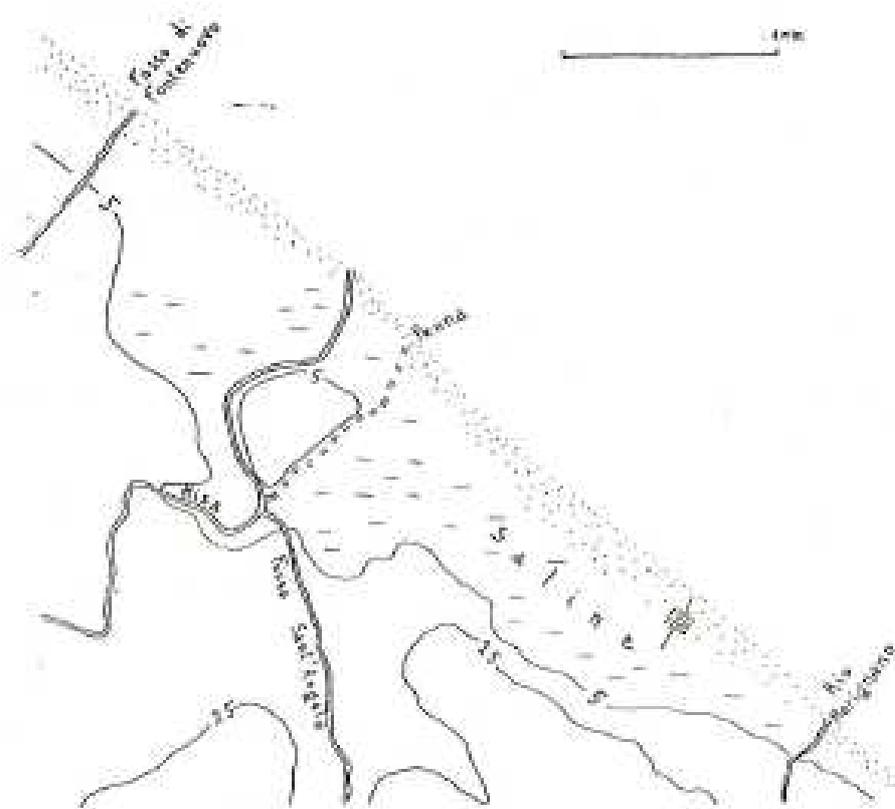


Figura 3 – da “Sena Gallica”, di M. Ortolani e N. Alfieri, in “Una città adriatica”

Pertanto sulla base di queste informazioni, nell'allegato relativo, la parte finale del bacino del S. Angelo è indicata con una linea tratteggiata.



Figura 4 – Figura 4 - stralcio “Foglio 110 della Carta d’Italia, Senigallia II S.O. (Edizione 5 - IGM, Serie M 891) aggiornamenti: ricognizioni generali 1948, scala 1:25.000”

Dopo la rettifica del 1910, l'assetto del Fosso è rimasto sostanzialmente inalterato, come si può osservare confrontando gli stralci della tavoletta II S.O. Senigallia (Foglio 110 della Carta d'Italia – IGM - aggiornamento 1948) e dell'Ortofocarta Regionale (cfr. Figure 4, 5 e 6).

Alla fine degli anni '70 del 1900 sono stati effettuati interventi di sistemazione dell'alveo del Sant'Angelo solo lungo il tratto parallelamente alle Vie Rovereto e Dalmazia e sulla spiaggia emersa antistante.



Figura 5 - stralcio " Ortofocarta Regionale – Foglio 281 Senigallia, Sezione 281070 Senigallia (Regione Marche, ripresa settembre 1978), scala 1:10.000"



Figura 6 - stralcio “ Ortofotocarta Regionale – Foglio 281 Senigallia, Sezione 281110 Vallone (Regione Marche, ripresa luglio 1984), scala 1:10.000”

La ricerca dei dati storici negli archivi del progetto AVI contenenti informazioni storiche relative a frane e inondazioni avvenute in Italia nel corso del 20° secolo (da sito: “*SICI, Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche, CNR-GNDCI*”) e nel “*Piano Idrogeologico*”, non ha fornito notizie specifiche di eventi di esondazione che hanno coinvolto l’area in esame.

Infatti, il progetto censisce 20 eventi di piena dal 1897 al 2001 relativi al territorio comunale di Senigallia, riguardanti soprattutto i fiumi Misa e Cesano, ma anche corsi d’acqua minori, tra cui anche il fosso S. Angelo.

Tuttavia di questi eventi non esistono cartografie che definiscano, in dettaglio, le aree effettivamente alluvionate, in modo da poter effettuare una verifica puntuale dei fenomeni censiti.

Nel Piano comunale aggiornato al maggio 2012, si legge che i principali fenomeni di esondazione che hanno interessato negli anni il territorio, sono connessi con le piene del fiume Misa.

Tra gli eventi più importanti si riportano quelli del novembre 1940 con danni al quartiere Porto e alla zona del Foro Annonario e dell'agosto 1976 che ha coinvolto zone della città e alcuni fossi, quali il Rio Morignano, il fosso Sant'Angelo e il fosso dei Prati Baviera.

L'evento di esondazione del 1976 ha interessato il tratto terminale del S. Angelo, nella zona Ponte Rosso.

Inoltre nell'area d'intervento non sono state segnalate criticità a seguito né dei fenomeni di alluvionamento del 3 maggio 2014 (cfr. *“Rapporto preliminare di evento 2-4 maggio 2014, Regione Marche, Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile”*) che hanno interessato parte del territorio comunale.

La verifica della compatibilità dell'area rispetto al PAI è stata effettuata sulla base della Carta del Rischio Idrogeologico che, come noto, illustra gli elementi di pericolosità geologica per aree di versante in dissesto e a rischio di esondazione, codificati da un grado di pericolosità e di rischio, secondo livelli crescenti.

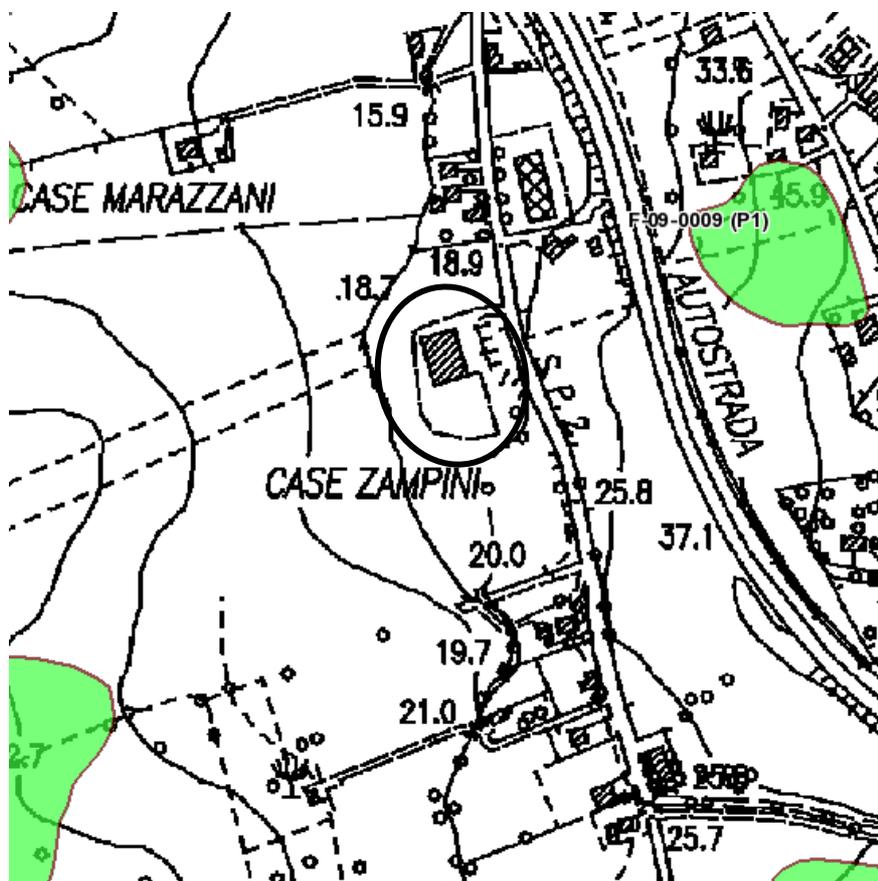


Figura 7 – Stralcio da TAV RI 21d aggiornata al PAI 2016 (sito AdB)

L'area in studio non ricade in alcun ambito a rischio idrogeologico, come mostra la tavola RI 21d aggiornata al decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Regionale n.49/2016, né sono presenti adiacenti perimetrazioni a rischio di esondazione.

A seguito della verifica degli elementi morfologici, del reticolo idrografico, dell'analisi della documentazione cartografica, storica e recente, si è potuta constatare che il reticolo idrografico delle aree circostanti l'area

d'interesse non ha subito modificazioni nel corso degli ultimi decenni né si hanno notizie inerenti condizioni di criticità di carattere idraulico.

#### 4. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA SEMPLIFICATA

Il bacino del fosso S. Angelo, la cui estensione complessiva viene calcolata fino alla sezione di chiusura della rettifica del 1910, ha uno sviluppo di circa 3,9 Km<sup>2</sup> e altezza massima di 161 m s.l.m.

Infatti, sia le modifiche idrauliche citate sia l'intensa espansione urbanistica del tratto vallivo del S. Angelo, non ne consentono un'esatta individuazione.

Con riferimento all'ambito del piano attuativo dell'insediamento turistico-ricettivo, si è proceduto a eseguire un rilievo topografico e individuare le principali sezioni per le successive verifiche idrauliche, allo scopo di valutare con maggior dettaglio i rapporti altimetrici tra l'area stessa e il corso del Fosso sottostante.

La fascia intermedia tra il corso del Fosso e il limite del piano attuativo sarà oggetto d'interventi di riqualificazione paesaggistico-ambientale.

Come si può osservare nell'allegato 2 di dettaglio del rilievo topografico, l'area si trova a quote superiori rispetto a quelle del Fosso, con dislivelli medi attorno a 1 metro.

Nell'ambito dell'area i nuovi edifici saranno realizzati alla distanza minima di 35 metri rispetto al bordo del Fosso.

Il tratto d'interesse è caratterizzato da una distanza tra i cigli delle sponde variabile da 3,50 a 5 metri, profondità dell'alveo mediamente di 1,60

m, larghezza alla base mediamente di 1,50 m e sponda destra posta a quote superiori rispetto alla sinistra.

In corrispondenza dell'estremità nord dell'area rilevata (sezioni A e C), l'alveo del S. Angelo è attraversato da piccoli ponti, utilizzati prevalentemente a fini agricoli.

Pertanto, come desumibile dalla documentazione cartografica illustrata al paragrafo 3, dai rilievi e osservazioni svolte, il tratto d'interesse del S. Angelo non ha subito modifiche né l'area del piano attuativo appare interessabile dalle dinamiche del fosso S. Angelo.

#### 4.1 CARATTERISTICHE DELLE RETI FOGNARIE

La rete di smaltimento delle acque meteoriche e fognarie dei nuovi insediamenti sarà integrata con quella esistente.

## 5. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA: VERIFICA COMPLETA

L'insieme degli elementi analizzati nelle fasi precedenti permetterebbe già con la verifica preliminare e semplificata di soddisfare la verifica di compatibilità idraulica.

Tuttavia allo scopo di valutare con maggior dettaglio il rischio idraulico in corrispondenza dell'area d'intervento, è stato effettuato uno studio idrologico-idraulico lungo il tratto del fosso S. Angelo, a valle dell'area stessa.

Le verifiche sono state condotte in corrispondenza di n.9 sezioni rilevate trasversalmente al Fosso, per una lunghezza complessiva di circa 320 m.

La metodologia operativa seguita prevede il calcolo della portata al colmo e le verifiche idrauliche in corrispondenza delle sezioni d'interesse.

### 5.1. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Per il calcolo della portata di piena,  $Q_{max}$ , relativa al bacino idrografico chiuso alla sezione d'interesse si è applicato il metodo cinematico o razionale e la formula di Giandotti per il calcolo del tempo di corrivazione,  $t_c$ .

Il metodo razionale si basa sull'uso della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata, assumendo che la massima portata alla sezione considerata si raggiunga nel momento in cui giungono i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Il tempo necessario perché il contributo della parte di bacino idraulicamente più lontana raggiunga la sezione è definito tempo di corrivazione,  $t_c$ .

In definitiva, considerando varie durate di precipitazione, quella che produce la massima portata di deflusso è la precipitazione di durata pari allo stesso tempo di corrivazione.

La formula del metodo razionale fornisce il valore della portata di piena  $Q$  in funzione del tempo di ritorno  $T$ , a partire dal volume specifico dei deflussi, in funzione dell'area scolante (area del bacino) e del tempo di corrivazione.

$$Q_{max} = \frac{c \times h \times A \times k}{t_c}$$

$Q_{max}$  (mc/s) = portata di massima piena al colmo per un dato tempo di ritorno

$c$  = coefficiente di deflusso (rapporto tra afflussi meteorici e deflussi superficiali)

$h$  (mm) = altezza di precipitazione ragguagliata riferita al tempo di corrivazione per un dato tempo di ritorno

$A$  (Kmq) = area del bacino

$k$  = fattore di frequenza funzione del tempo di ritorno

$t_c$  (h) = tempo di corrivazione, vale a dire il tempo impiegato dalla goccia di pioggia, caduta nel punto più lontano del bacino, per raggiungere la sezione considerata.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato tramite la formula di

Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{Hm - Ho}}$$

$S$  = superficie del bacino considerato alla sezione di chiusura

$L$  = lunghezza dell'asta principale

$Hm$  = altitudine media del bacino

$Ho$  = altitudine alla sezione considerata

Il calcolo della portata di massima piena è quindi preceduto dalla determinazione della pioggia di progetto, cioè dell'evento meteorico più gravoso per un determinato tempo di ritorno, tramite la stima dell'altezza pluviometrica dell'evento e il ragguglio della pioggia.

L'analisi pluviometrica viene riferita alla stazione di misura di Senigallia per il periodo 1968-2008 e attraverso metodi statistici di elaborazione dei dati (metodo di Gumble), è possibile ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni ( $h$ ) in funzione della loro durata ( $t$ ), per un dato tempo di ritorno.

L'equazione che collega queste due variabili, nota come curva segnalatrice di possibilità climatica o pluviometrica, ha la seguente forma:

$$h \text{ (mm)} = at^n$$

dove  $a$  = variabile in funzione del tempo di ritorno

$n$  = costante per un dato valore di  $t$

durata assegnata (t), per un dato tempo di ritorno.

I dati pluviometrici necessari sono stati reperiti negli Annali Idrologici a cura del Centro Funzionale Multirischi per la Meteorologia, l'Idrologia e la Sismologia della Regione Marche, a seguito del trasferimento alle regioni delle competenze degli uffici periferici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, per gli anni di osservazione 1991 -2008.

Per gli anni precedenti, a partire dal 1968, sono stati consultati gli annali idrologici presenti sul sito ISPRA e relativi all'Ufficio Idrografico e Mareografico di Bologna.

Tabella 1 - dati pluviometrici della stazione di Senigallia

Località: Senigallia					
tipo apparecchio: pluviometro registratore altezza s.l.m.: 5 m					
altezza dell'apparecchio sul suolo: 1,80 m					
anno di inizio delle osservazioni: 1924					
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
1968	14,4	26,4	34,6	49,8	63,6
1969	17,8	29	40,8	75,2	77,8
1970	29,8	31,2	34,2	51	67,4
1971	31	37,2	37,2	37,2	60
1972	22,4	28	31,6	32	55,4
1973	28,2	47	57,6	79	108,2
1974	29,2	44,2	45,2	52,4	81,6

---

1975	34,2	59,2	62,4	80,6	105
1976	70	119	122,4	151,4	209,4
1977	16,8	21,6	30	40	57,6
1978	17,6	19,4	34,4	43,6	72,4
1979	39,4	42,6	54	76	83,8
1980	20	28,4	32	47,8	61,8
1991	33,8	44	57,4	65,4	67,2
1992	16	20	23,2	35,8	53,2
1993	22,6	27,4	28	31,4	41,6
1994	43,8	53	53	58,4	69,2
1995	18,4	44,2	61,4	62	62,2
1996	20,4	23,4	29,8	43,2	65,2
1997	14,4	21,6	29,8	39	54,8
1998	10,4	20	30,4	47,8	64
1999	28,4	54,4	70,4	85	85,6
2000	40	42,8	43	48	49,4
2001	17,8	18,2	21,2	29,8	36,2
2002	41,4	50,8	53,8	54,4	63,6
2003	18,2	20	22	34,8	36,2
2004	12,6	17,2	21,8	22,6	29
2005	27,4	41	61,2	81	89
2006	35	85,4	94,2	94,2	128,8

2007	14	17	19,4	30	33
2008	15,8	33	34,4	40	49,8

Il ragguaglio della pioggia consiste nel calcolo di un fattore moltiplicativo, variabile da 0 a 1, che tiene conto del fatto che l'altezza di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è, infatti, un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera distribuito l'evento piovoso.

Le procedure di calcolo hanno quindi restituito altezze di pioggia, per vari tempi di ritorno, come da Tabella 2, 2.1 e 2.2 seguenti e le curve di possibilità pluviometrica nel grafico della Figura 8 successiva.

Tabella 2 – Valori per ciascuna durata  $t$  della media  $\mu(h_t)$  dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $ut$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	31	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		25,52	36,05	44,22	55,50	70,06
$\sigma(h_t)$		12,26	16,77	22,54	26,02	33,98
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,10	0,08	0,06	0,05	0,04

$U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$	20,00	28,51	34,08	43,80	54,78
------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabella 2.1 – Altezza massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	41,50	57,92	73,61	89,43	114,37
30 anni	$h_{max} =$	52,33	72,73	93,53	112,43	144,40
50 anni	$h_{max} =$	57,28	79,50	102,63	122,92	158,11
100 anni	$h_{max} =$	63,95	88,62	114,89	137,08	176,60
200 anni	$h_{max} =$	70,59	97,72	127,11	151,19	195,02

Tabella 2.2 – Legge di pioggia

Tr	<b>LEGGE DI PIOGGIA</b>		$h = a \times t^n$
10 anni	→	$h=41,265xt^{0,3176}$	
30 anni	→	$h=52,016xt^{0,318}$	
50 anni	→	$h=56,924xt^{0,3181}$	
100 anni	→	$h=63,543xt^{0,3183}$	
200 anni	→	$h=70,139xt^{0,3184}$	

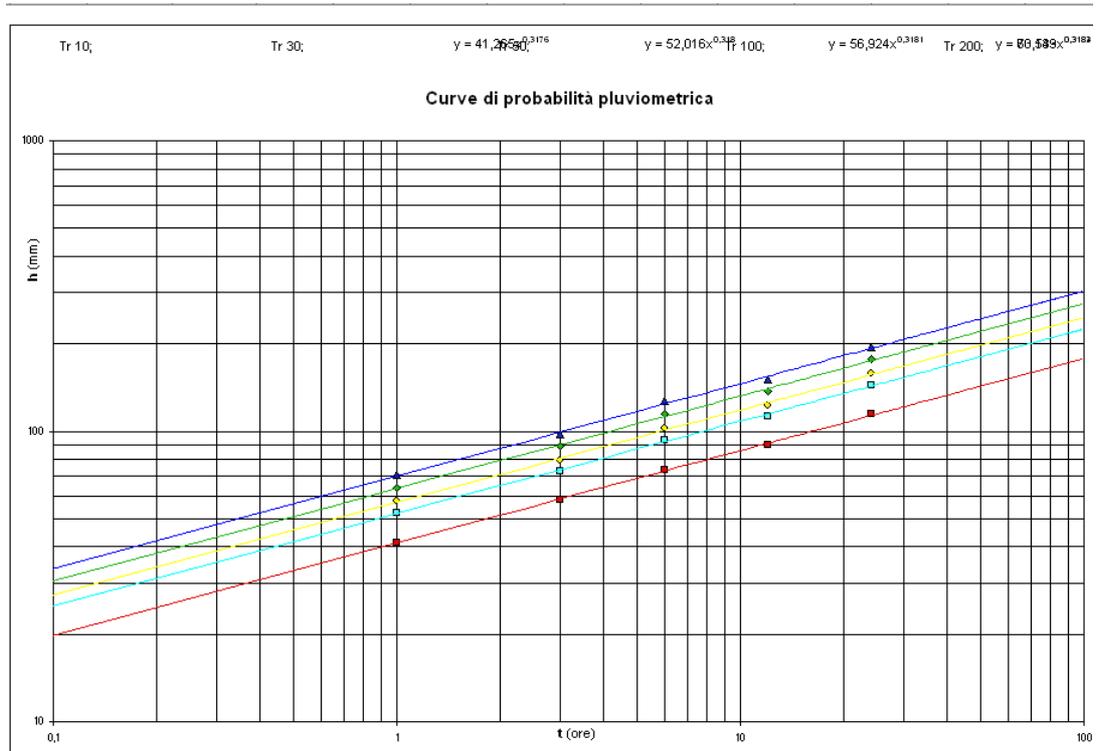


Figura 8 – Curve di possibilità pluviometrica

Il calcolo delle portate di piena è stato sviluppato tramite un foglio di calcolo Excel, sulla base del modello cinematico per corsi d'acqua secondari con bacino idrografico di ridotta dimensione ( $S < 50 \text{ Km}^2$ ), definite le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per prefissati tempi di ritorno e con i seguenti dati morfometrici del bacino idrografico sotteso alla sezione di chiusura considerata:

Superficie del bacino	$S = 2,38 \text{ Km}^2$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 3,00 \text{ Km}$
Altitudine max percorso considerato	$H_{\text{max}} = 120 \text{ m slm}$

Altitudine min percorso idraulico	Ho = 7,70 m slm
Pendenza media del percorso idraulico	P = 0,04 m/m
Altitudine max bacino	Hmax = 161 m slm
Altitudine sezione considerata	Ho = 16,00 m slm
Altitudine media del bacino	Hm = 88,50 m slm
Dislivello medio del bacino	Hm-Ho = 72,50 m slm

Applicando tutti i dati in precedenza calcolati alle formule, la portata massima per il fosso Sant'Angelo ha i seguenti valori:

Deflusso c =	<b>0,22</b>	S (km <sup>2</sup> ) =	<b>2,38</b>	tc (ore) =	<b>1,57</b>
Tr (anni)	<b>a</b>	<b>n</b>	tc (ore)	h(t,T) (mm)	<b>Qmax (m<sup>3</sup>/sec)</b>
10	41,2649	0,3176	1,57	47,59	<b>4,42</b>
30	52,0161	0,3180	1,57	60,00	<b>5,57</b>
50	56,9238	0,3181	1,57	65,66	<b>6,10</b>
100	63,5434	0,3183	1,57	73,30	<b>6,81</b>
200	70,1387	0,3184	1,57	80,91	<b>7,51</b>

## 5.2. VERIFICHE IDRAULICHE SULLE SEZIONI RILEVATE

La capacità smaltibile delle portate calcolate è stata verificata in condizioni di moto uniforme, in corrispondenza delle sezioni considerate e di cui si allegano le schede in calce alla presente relazione (cfr. Figure 10 ÷ 21).

Per il calcolo è stata applicata la formula di Chezy:

$$Q = b \times y \times k_s \times R^{2/3} \times \sqrt{if}$$

$Q$  = portata

$b$  = larghezza dell'alveo

$y$  = altezza del pelo libero

$k_s$  = coefficiente di scabrezza

$R$  = raggio idraulico ll'alveo

$i_f$  = pendenza del fondo

Natura della superficie	Scabrezza omogenea equivalente $k_s$ (mm) [mm]	Bazin $\gamma$ [ $m^{1/2}$ ]	Kutter $m$ [ $m^{1/2}$ ]
Pareti di cemento perfettam. lisciate. Pareti di legno piallato. Pareti metalliche, senza risalti nei giunti.	0.15 + 0.2	0.06	0.12
Idem, ma con curve.	0.2 + 0.4	0.10	0.18
Pareti di cemento non perfettam. lisciate. Muratura di mattoni molto regolare. Pareti metalliche con chiodatura ordinaria.	0.4 + 1.0	0.16	0.20 + 0.25
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata. Pareti di legno grezzo, eventualmente con fessure.	2 + 5	0.23 + 0.36	0.35 + 0.55
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame). Terra regolarissima senza vegetazione.	8	0.46	0.55 + 0.75
Terra abbastanza regolare. Muratura vecchia, in condizioni non buone, con depositi di limo al fondo.	15 + 30	0.60 + 0.85	0.75 + 1.25
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	70	1.30	1.50
Terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	120 + 200	1.75	2.00
Canali in abbandono con grande vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiali sul fondo, oppure scavati in roccia con sporgenze.	300 + 400	2.0 + 2.3	3.00

Figura 9 – Tabella coefficienti di scabrezza (da: “Il Manuale dell’Ingegnere”)

Per ciò che riguarda il coefficiente di scabrezza, si sono utilizzati valori cautelativi secondo Kutter, ripresi dalla comune letteratura, come da Figura 9.

Le sezioni B, C, D, E, F e I risultano verificate per le portate con i tempi di ritorno considerati.

La sezione A, a monte dell'area di proprietà, non risulta verificata per l'ostruzione data dal ponte e le acque di sormonto vanno a interessare la sponda sinistra, posta a quote inferiori rispetto alla destra, senza interferenze con l'area in questione.

Effettuando la simulazione in condizioni di alveo naturale, senza l'ostruzione del ponte, la stessa sezione è verificata per le portate e i tempi di ritorno considerati.

La sezione G, verso il margine della proprietà, non è verificata con la larghezza spondale alla quota di -9,20 m (sponda sinistra), mentre è verificata simulando tale larghezza alla quota di -8,70 m (sponda destra).

Le medesime considerazioni si possono fare per la sezione H, all'estremo margine della proprietà, insufficiente nelle attuali condizioni a smaltire le portate di riferimento.

La sponda sinistra si trova a quote inferiori rispetto alla destra, con dislivello tra i cigli spondali di circa 1 metro e questo fa sì che le acque esondabili si riversino sui terreni in sponda sinistra.

Infatti simulando la larghezza spondale alla quota di 9,32 m (sponda destra), la sezione risulta verificata.

Al termine delle verifiche, risulta che l'area compresa nella perimetrazione del piano attuativo non interferisce con condizioni di rischio idraulico.

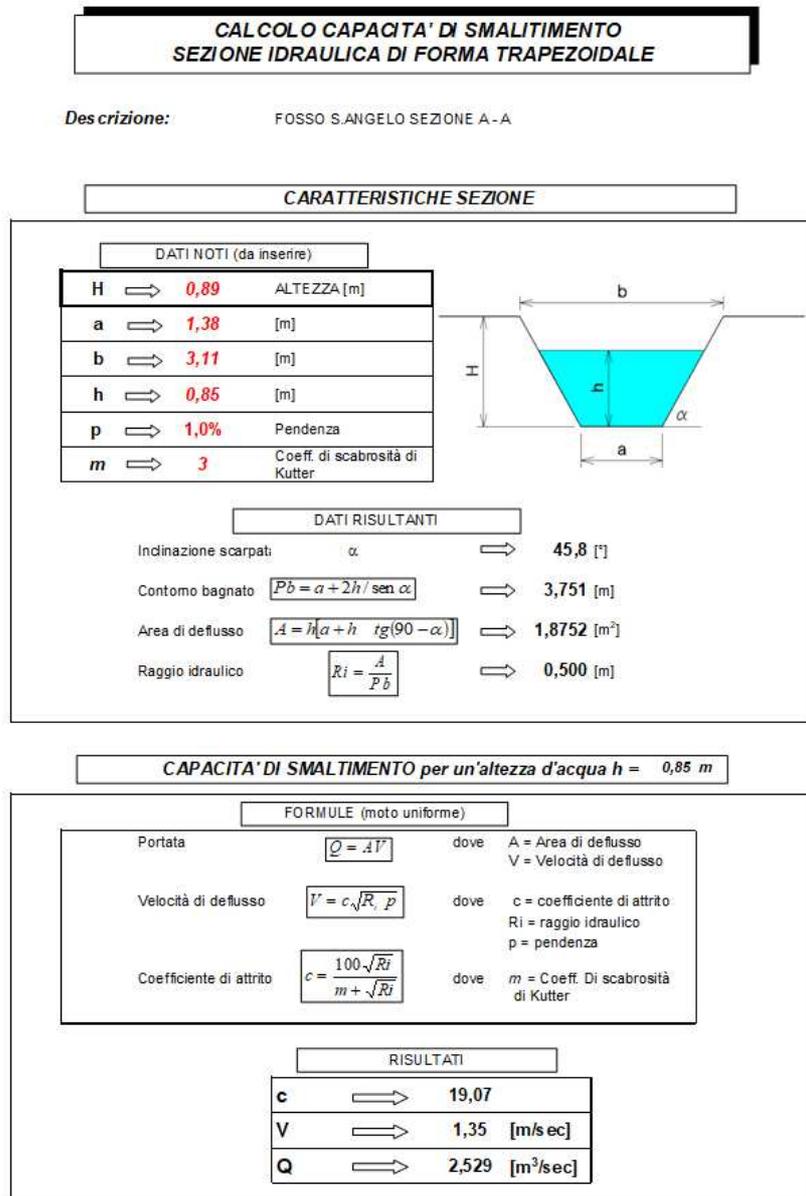


Figura 10a – Sezione A - A

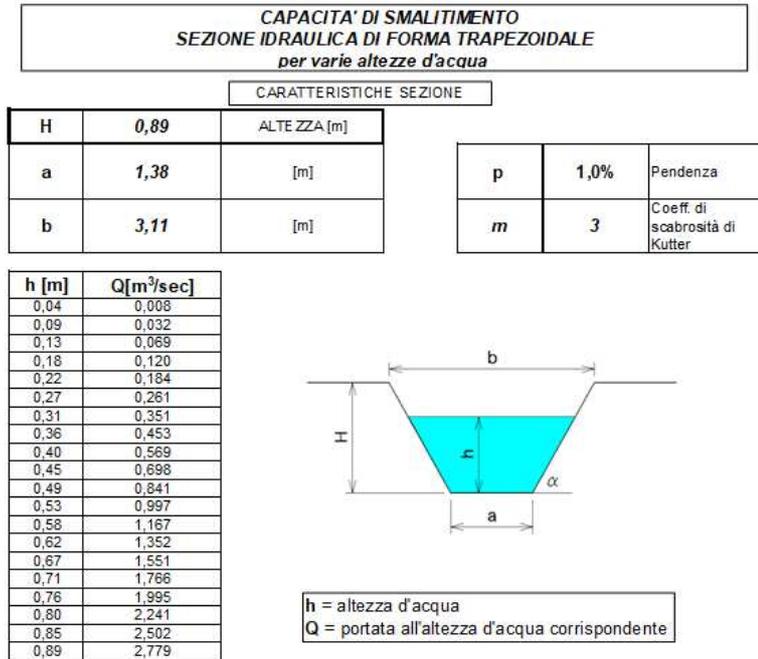


Grafico Portata / Altezza idrometrica

Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 10b – Sezione A - A

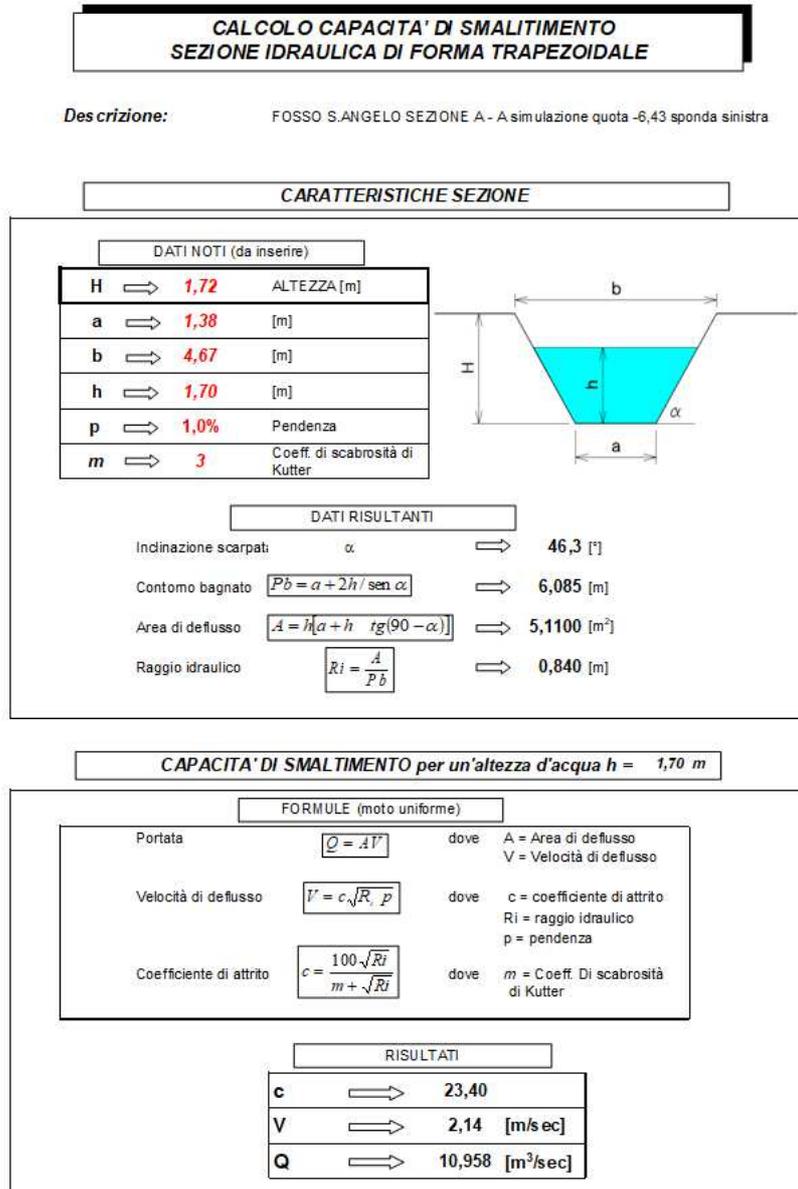


Figura 11a – Sezione A – A simulazione a quota -6,43 m in sponda sinistra

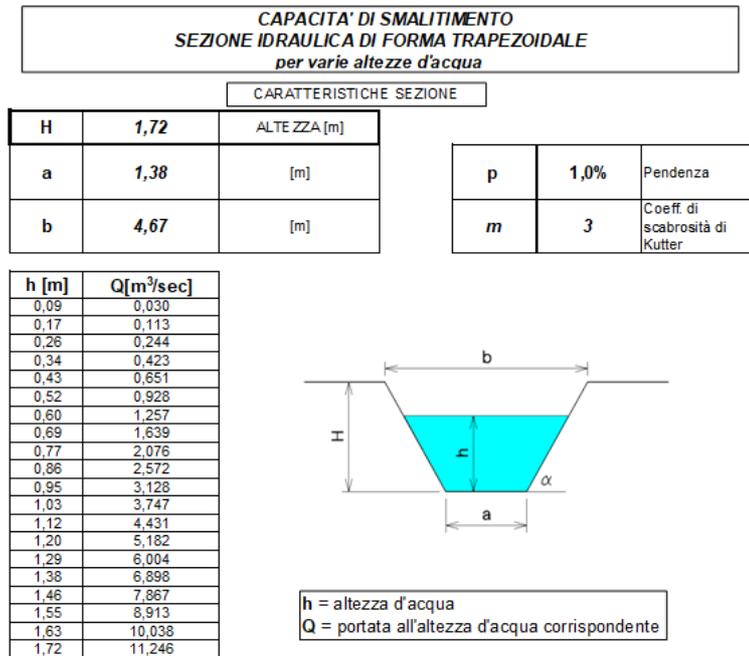


Grafico Portata / Altezza idrometrica

Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola - [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 11b – Sezione A – A simulazione a quota -6,43 m in sponda sinistra

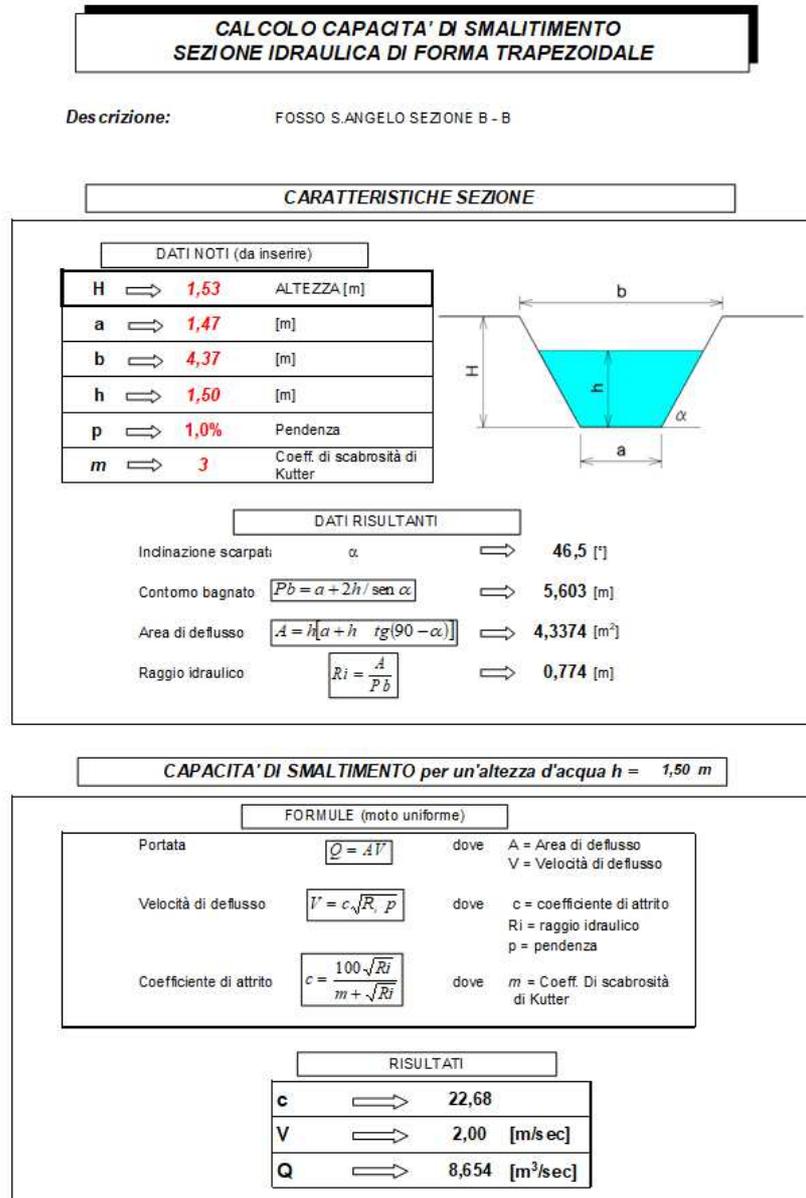


Figura 12a – Sezione B - B

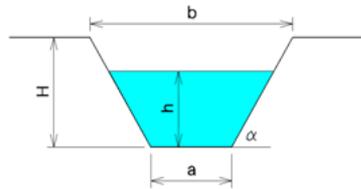
**CAPACITA' DI SMALTIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE  
per varie altezze d'acqua**

CARATTERISTICHE SEZIONE

<b>H</b>	<b>1,53</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>1,47</b>	[m]
<b>b</b>	<b>4,37</b>	[m]

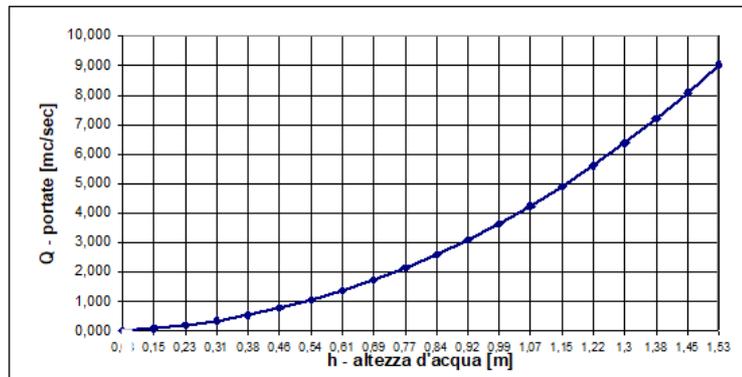
<b>p</b>	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>3</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0,08	0,025
0,15	0,096
0,23	0,208
0,31	0,360
0,38	0,552
0,46	0,784
0,54	1,058
0,61	1,374
0,69	1,733
0,77	2,139
0,84	2,590
0,92	3,091
0,99	3,641
1,07	4,243
1,15	4,898
1,22	5,609
1,30	6,375
1,38	7,201
1,45	8,086
1,53	9,032



h = altezza d'acqua  
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza idrometrica



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 12b – Sezione B - B

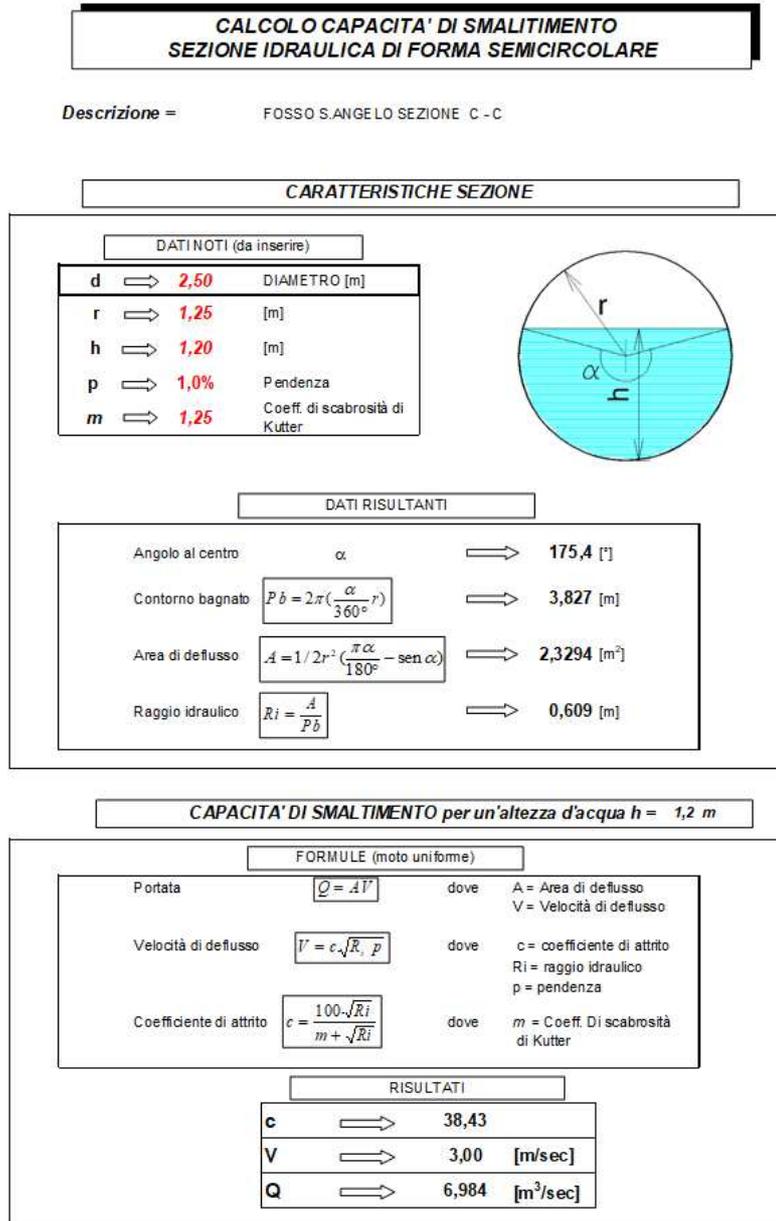


Figura 13a – Sezione C - C

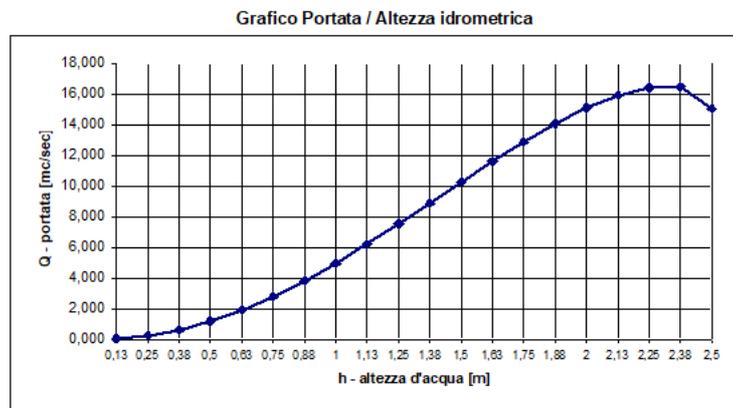
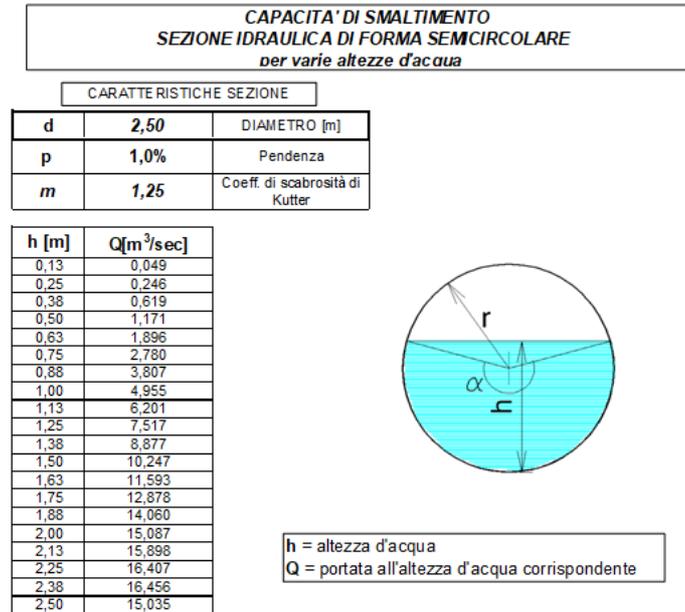


Figura 13b – Sezione C - C

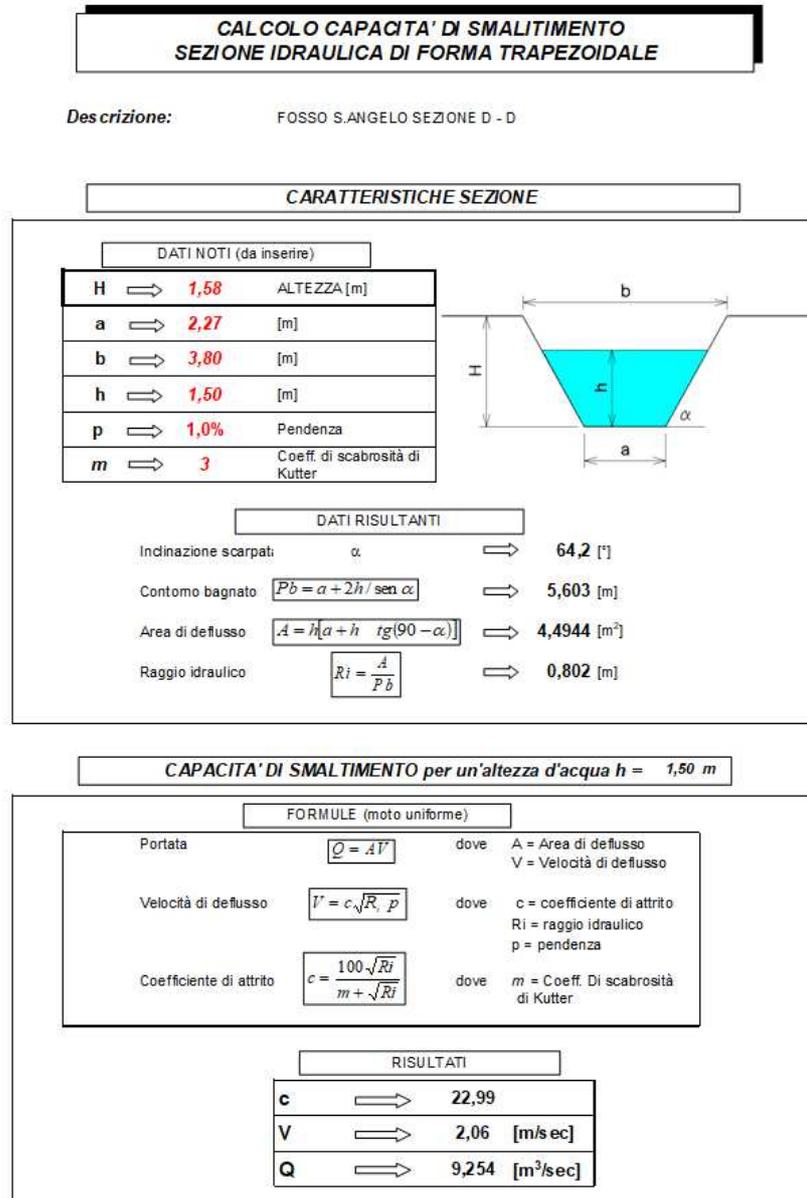


Figura 14a – Sezione D - D

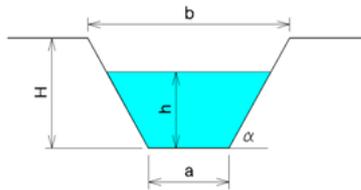
**CAPACITA' DI SMALIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE  
per varie altezze d'acqua**

CARATTERISTICHE SEZIONE

<b>H</b>	<b>1,58</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>2,27</b>	[m]
<b>b</b>	<b>3,80</b>	[m]

<b>p</b>	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>3</b>	Coeff di scabrosità di Kutter

h [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]
0,08	0,042
0,16	0,155
0,24	0,331
0,32	0,562
0,40	0,844
0,47	1,174
0,55	1,549
0,63	1,968
0,71	2,429
0,79	2,931
0,87	3,474
0,95	4,058
1,03	4,681
1,11	5,345
1,19	6,049
1,26	6,792
1,34	7,576
1,42	8,400
1,50	9,265
1,58	10,171



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza idrometrica



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 14b – Sezione D - D

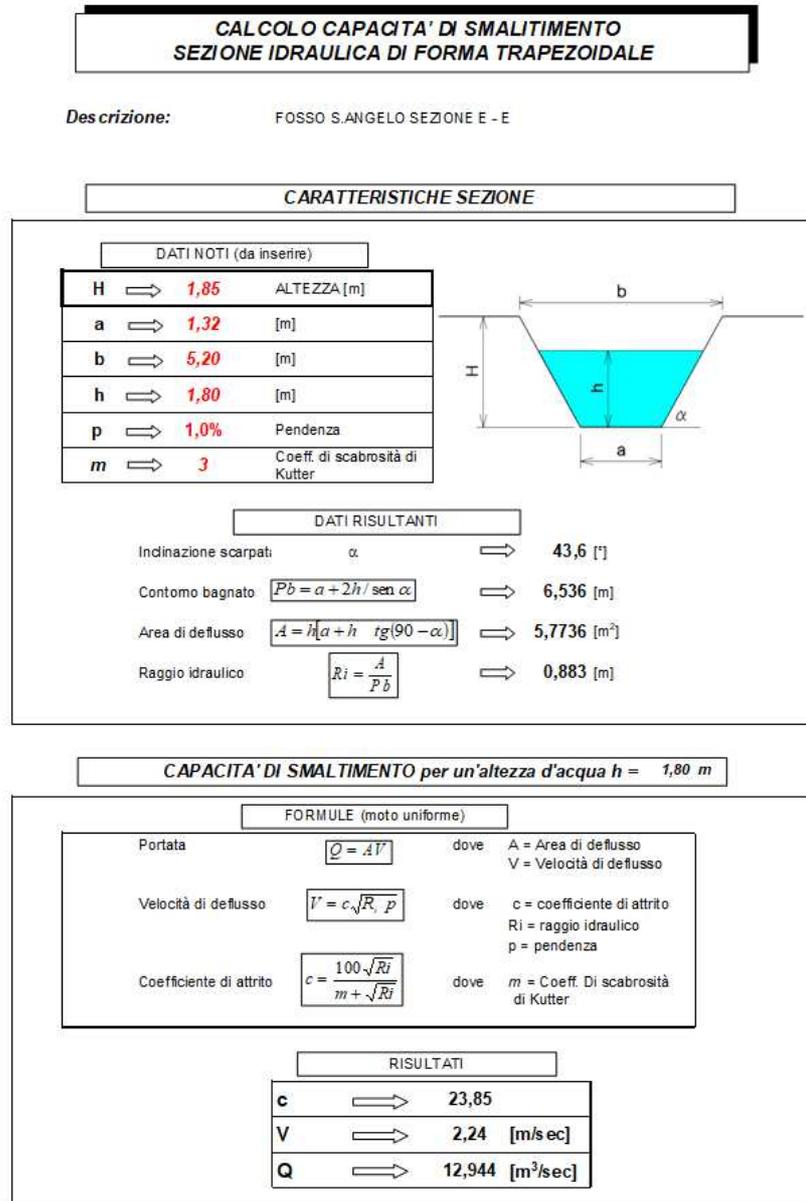


Figura 15a – Sezione E - E

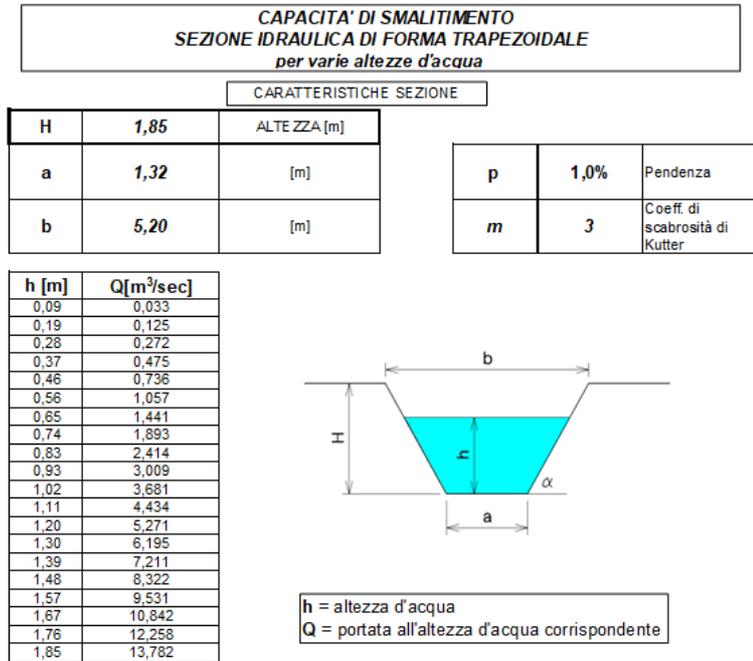


Grafico Portata / Altezza idrometrica

Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 15b – Sezione E - E

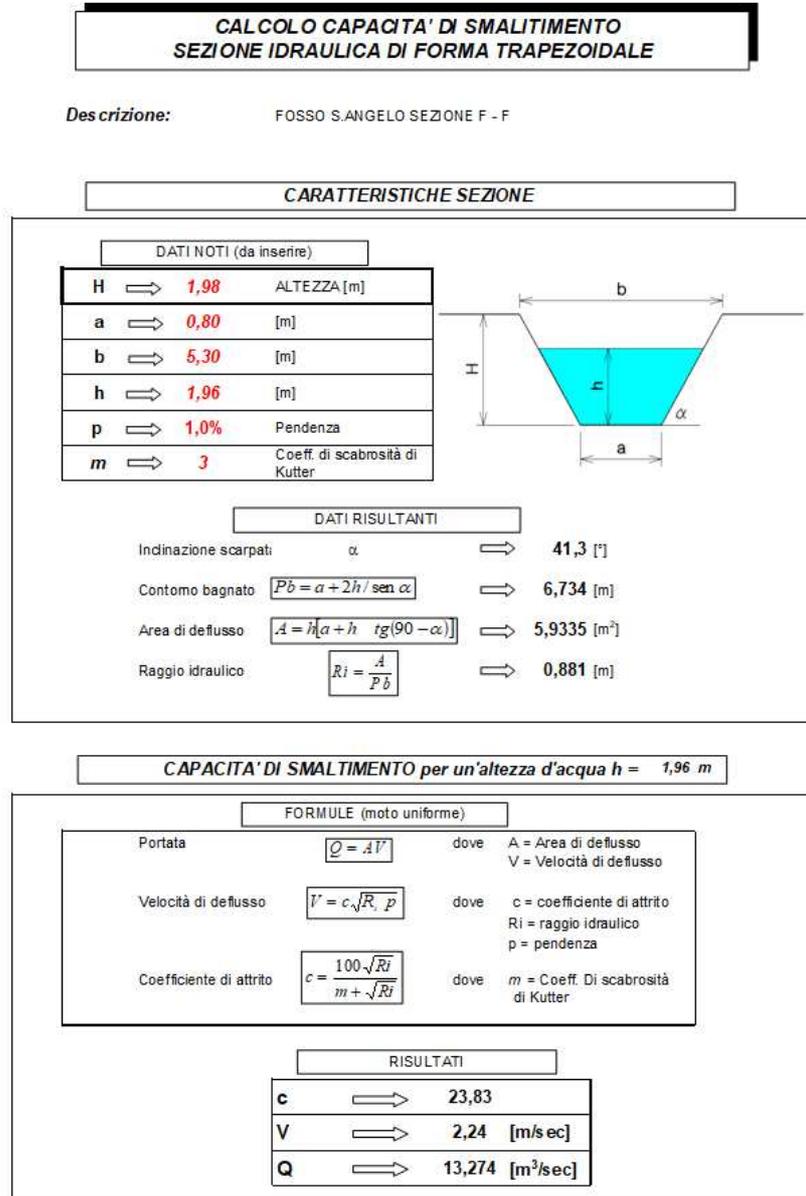
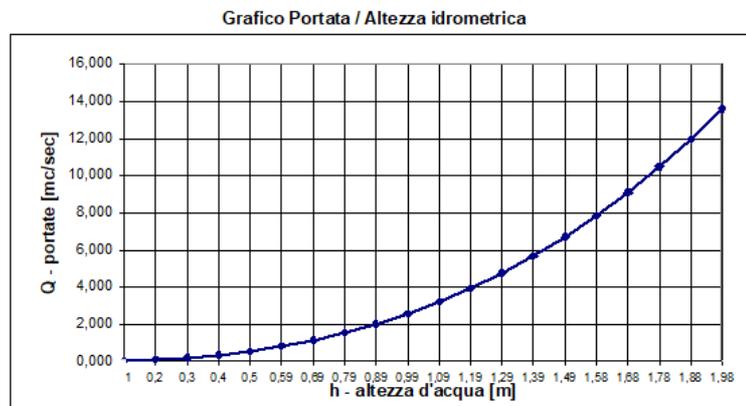
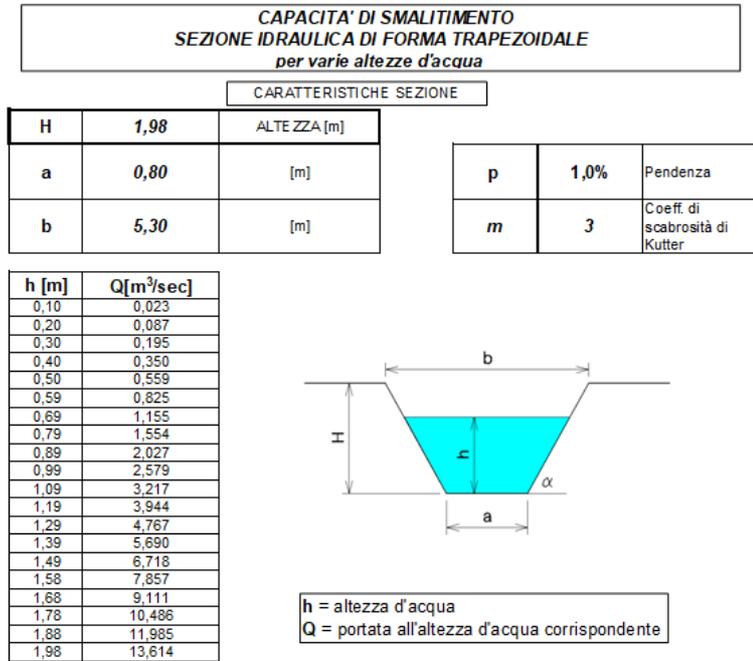


Figura 16a – Sezione F - F



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

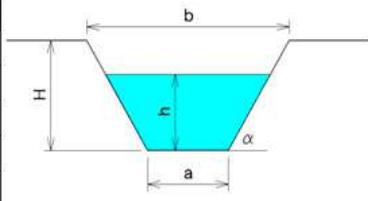
Figura 16b – Sezione F - F

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE

**Descrizione:** FOSSO S.ANGELO SEZIONE G - G quota -9,2 sponda sinistra

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)	
H	⇒ 1,08 ALTEZZA [m]
a	⇒ 1,37 [m]
b	⇒ 3,00 [m]
h	⇒ 1,00 [m]
p	⇒ 1,0% Pendenza
m	⇒ 3 Coeff di scabrosità di Kutter



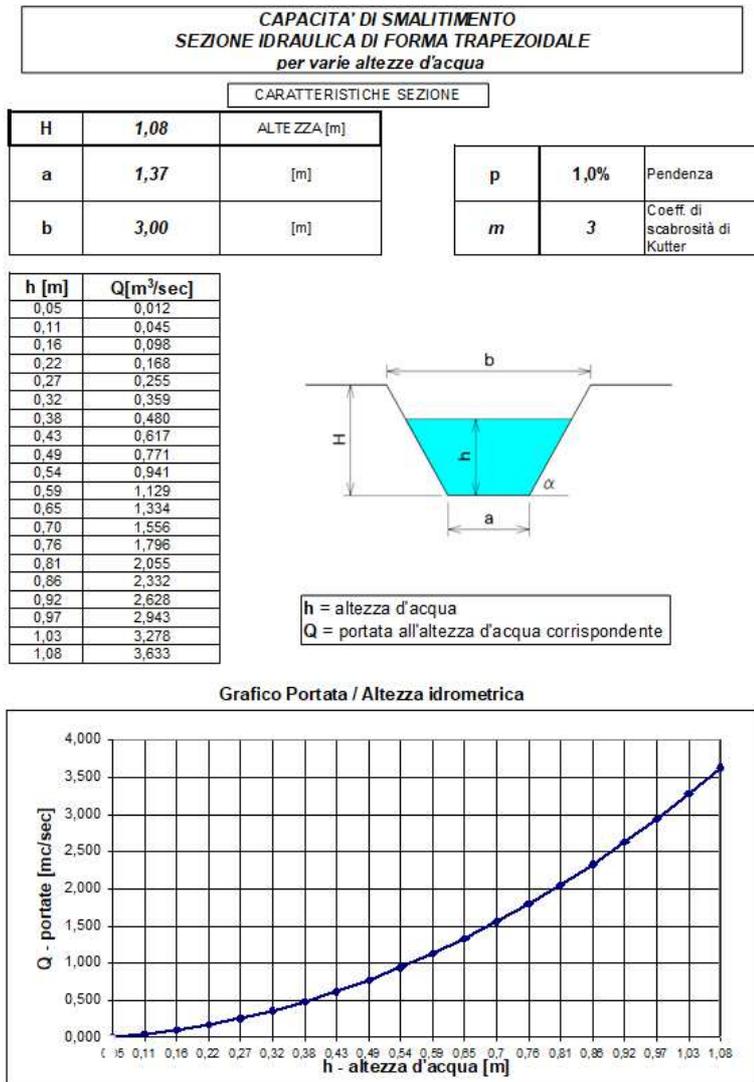
DATI RISULTANTI	
Inclinazione scarpati:	$\alpha$ ⇒ 53,0 [°]
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \sin \alpha$ ⇒ 3,876 [m]
Area di deflusso	$A = h[a + h \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha)]$ ⇒ 2,1246 [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$ ⇒ 0,548 [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua h = 1,00 m

FORMULE (moto uniforme)	
Portata	$Q = AV$ dove A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c \sqrt{Ri \cdot p}$ dove c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100 \cdot \sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ dove m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI	
c	⇒ 19,79
V	⇒ 1,47 [m/sec]
Q	⇒ 3,114 [m <sup>3</sup> /sec]

Figura 17a – Sezione G - G



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 17b – Sezione G - G

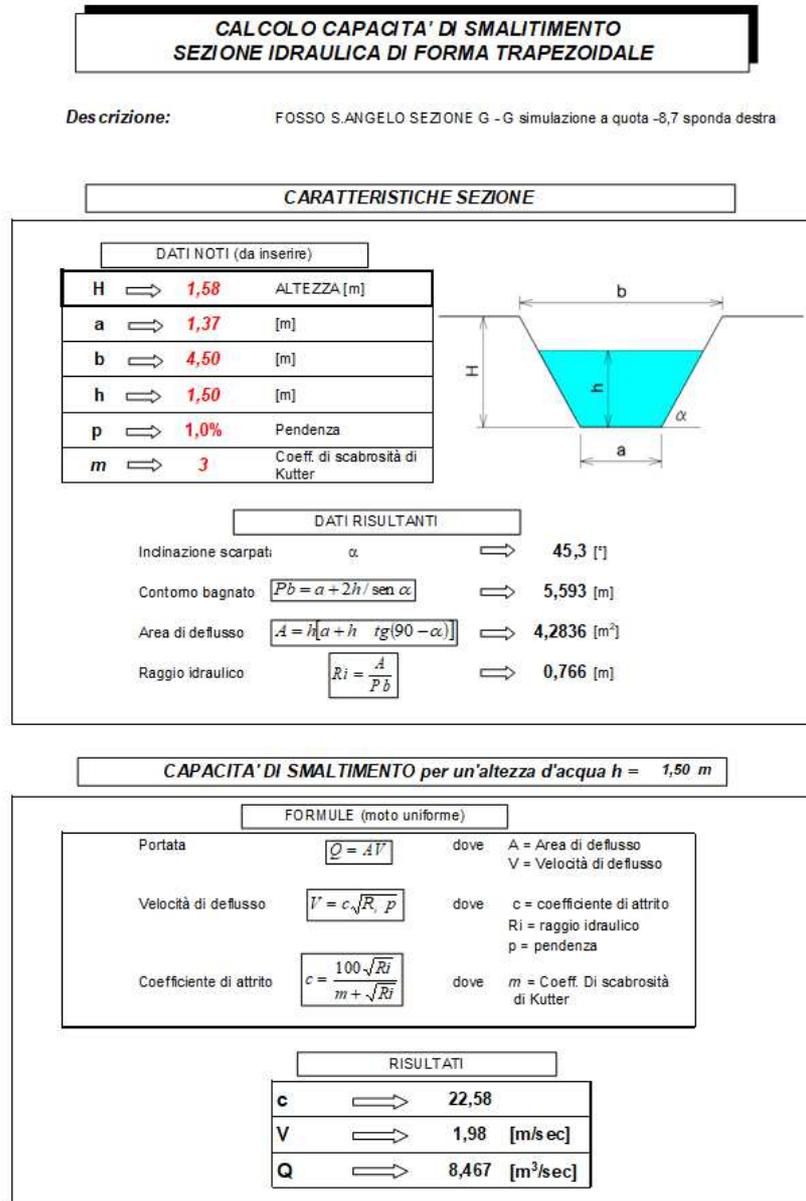
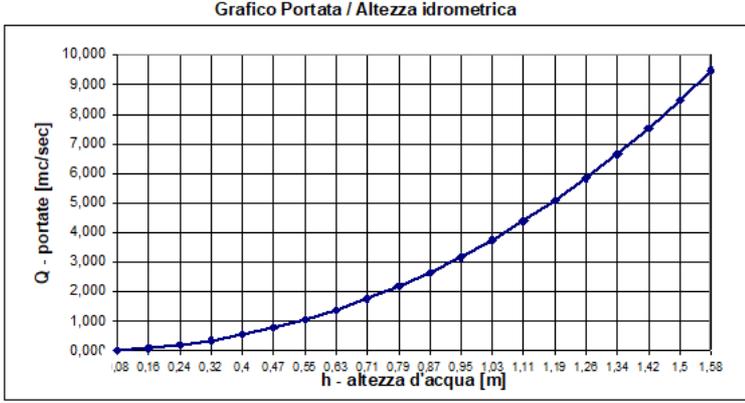
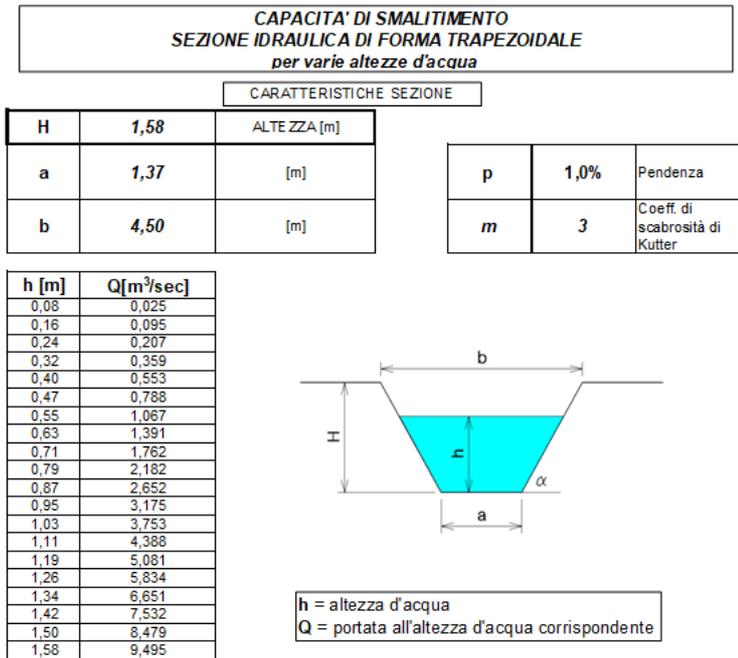


Figura 18a – Sezione G - G simulazione a quota -8,70 m in sponda destra



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 18b – Sezione G - G simulazione a quota -8,70 m in sponda destra

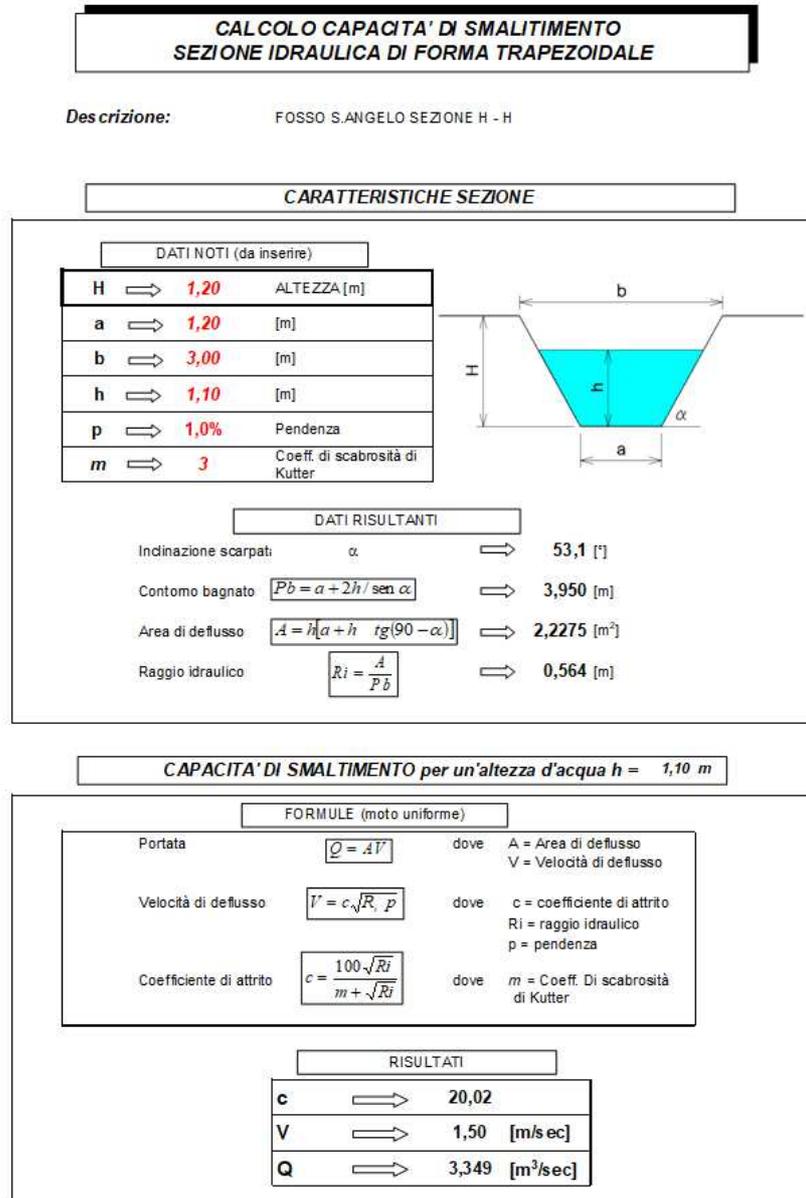
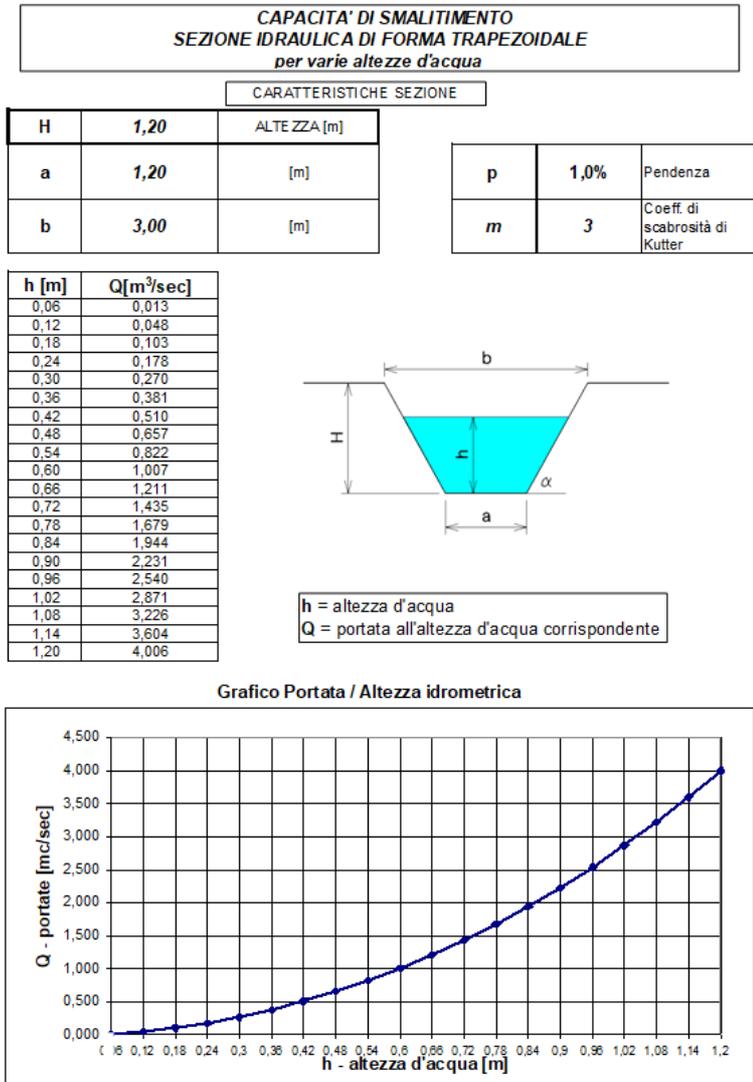


Figura 19a – Sezione H - H



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 19b – Sezione H - H

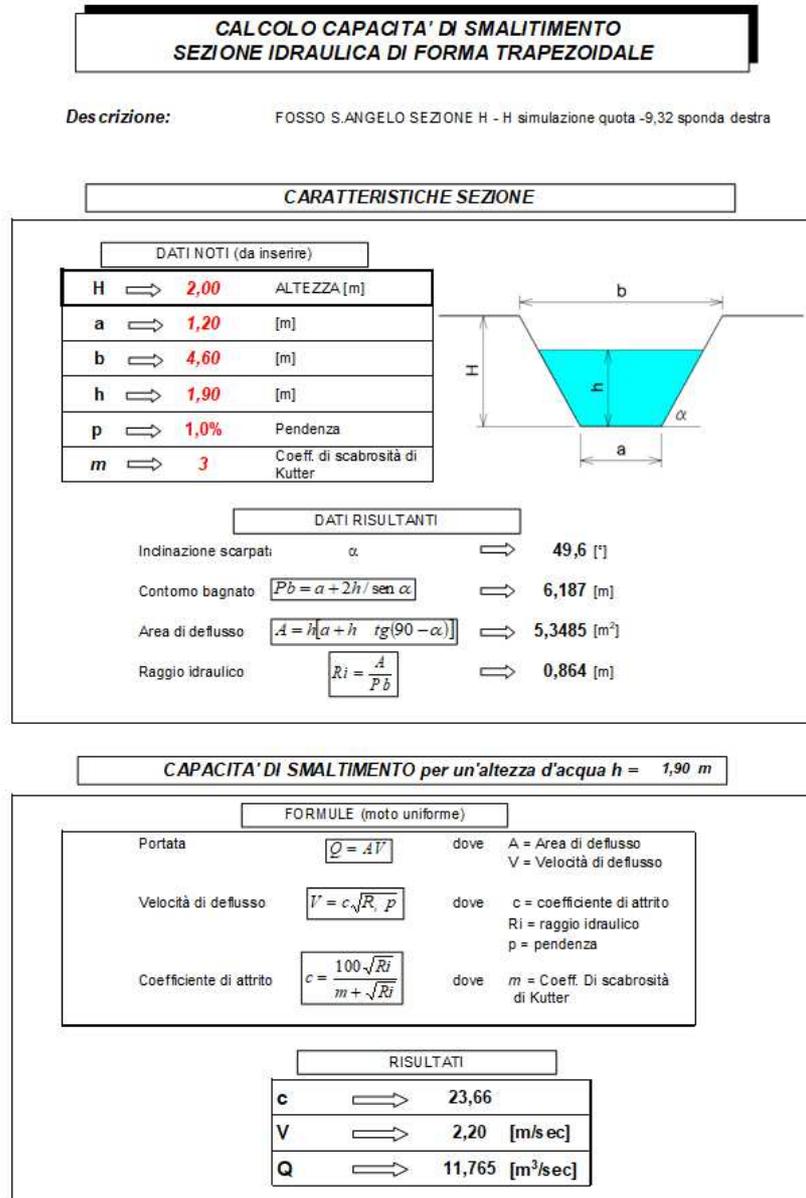
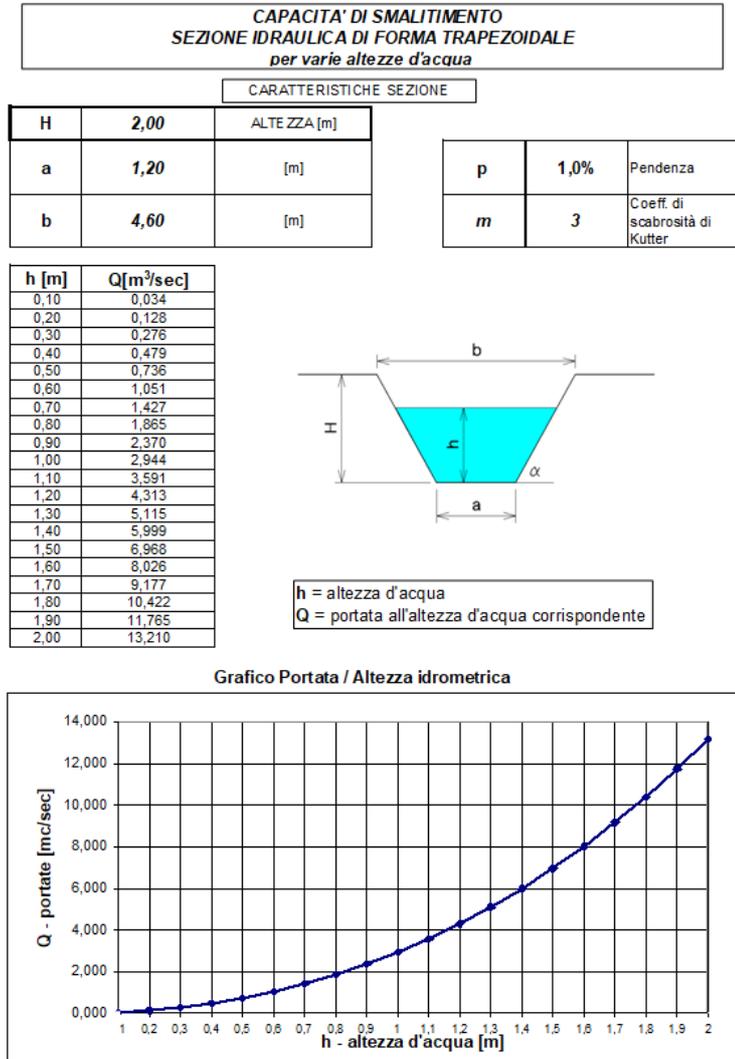


Figura 20a – Sezione H - H simulazione a quota -9,32 m in sponda destra



Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 20b – Sezione H - H simulazione a quota -9,32 m in sponda destra

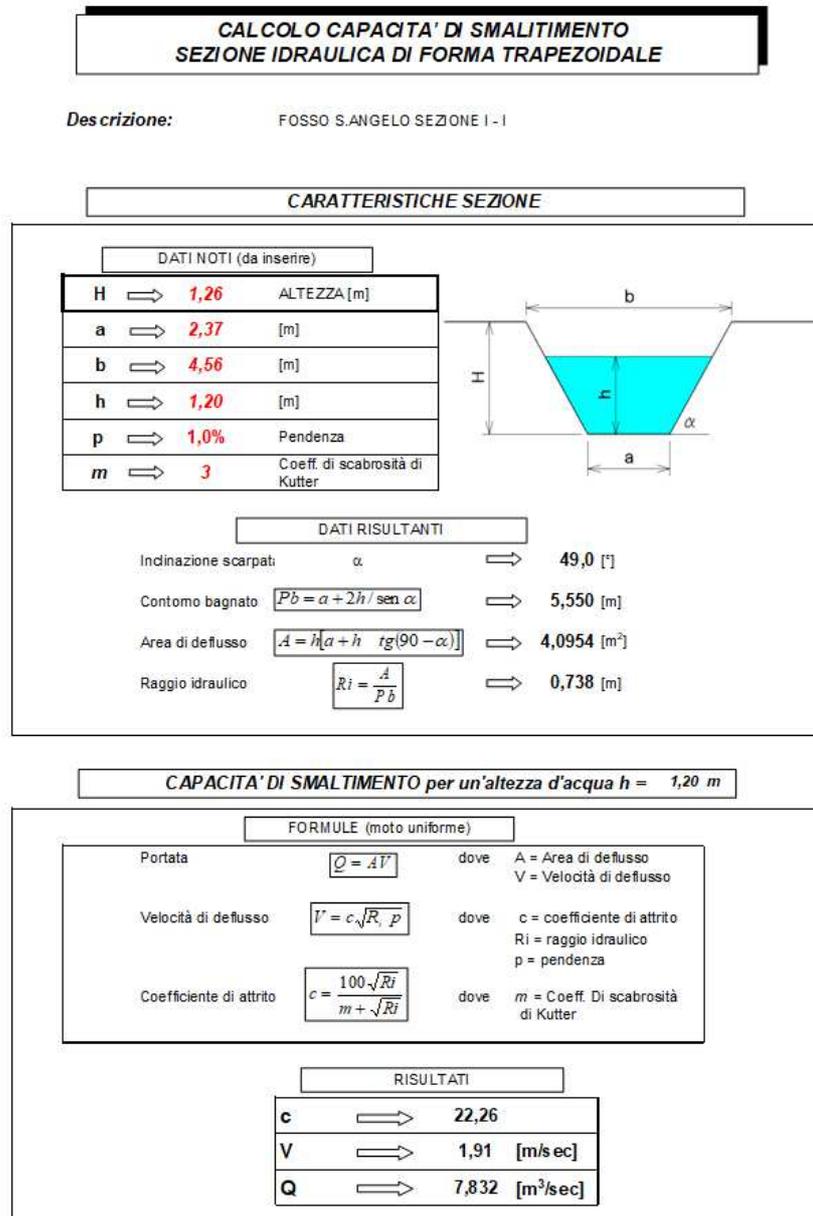


Figura 21a – Sezione I - I

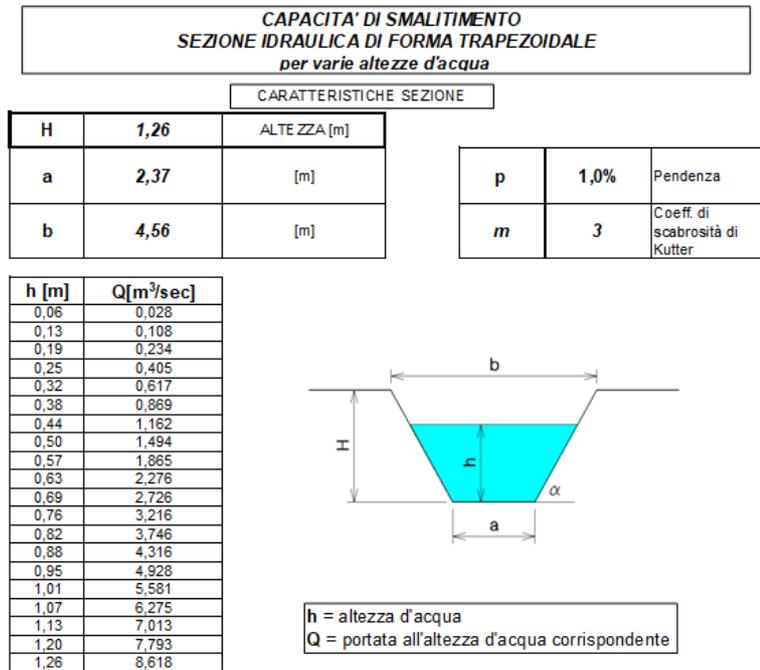


Grafico Portata / Altezza idrometrica

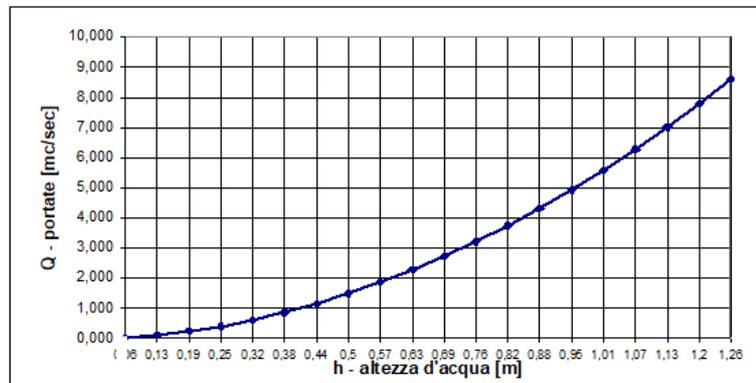
Foglio di calcolo realizzato dal geol. Luciano Amandola- [www.geoamandola.it](http://www.geoamandola.it)

Figura 21b – Sezione I - I