

COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

(Provincia di Fermo)



RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Studio idrologico ed idraulico relativo al reticolo idrografico del Rio Petronilla ai fini della valutazione della pericolosità e del rischio idraulico



STUDIO GEOLOGICO
*Consulenze
Geologiche e Ambientali*

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448
E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it

Porto San Giorgio, aprile 2016

Dott. Geol. **Gianluca TESTAGUZZA**



Committenti : **ALOCCO** Alfredo, Carla, Giacomo e Francesco

Opera dell'ingegno. Riproduzione vietata. Ogni diritto riservato. (Art. 99 legge n. 633/1941)

Sommario

1. PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO	2
2. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO	2
3. ANALISI STATISTICA DEI FENOMENI METEORICI	2
3.1 ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI.....	2
3.2 EQUAZIONE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA.....	3
3.3 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA.....	4
4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA – "Rio Petronilla"	6
5 ELABORAZIONE SERIE PLUVIOMETRICA METODO DI GUMBEL.....	6
6. INDIVIDUAZIONE DEI LIVELLI IDRICI	9
6.1 PREMESSA.....	9
6.2 MODELLO IDRAULICO ADOTTATO.....	9
6.3 Moto permanente.....	10
6.4 Condizioni al contorno in moto permanente.....	11
7 SCABREZZA DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO	11
8 ELABORAZIONI ANALITICHE E GRAFICHE.....	11
9 VALUTAZIONI SULLO STUDIO DEL PROFILO IDRAULICO ED INDICAZIONE SUI POSSIBILI INTERVENTI	12

Allegati

Corografia – Individuazione bacino idrografico superficiale

Planimetria della porzione terminale del fosso con dettaglio delle sezioni di rilievo

Sezioni di rilievo con risultati delle verifiche idrauliche

Profilo longitudinale/portate per differenti tempi di ritorno

1. PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO

Il presente lavoro scaturisce dalla necessità di valutare la dinamica del Rio Petronilla in Porto San Giorgio (FM) e dare risposta circa il grado di rischio esistente sulle aree limitrofe il corso d'acqua nei punti ritenuti maggiormente critici. Inoltre, si darà indicazione sui possibili interventi di risanamento al fine di scongiurare pericoli di esondazione.

In tale ottica ed in linea anche con quanto richiesto dalla Delibera di Giunta Regionale n. 53 del 27/1/2014) per conoscere le problematiche idrauliche del sito in studio, il lavoro è stato condotto secondo la seguente metodologia:

- Caratterizzazione del bacino idrografico di competenza;
- determinazione delle portate di piena con Tr 10, 20, 30, 100, 200 e 500;
- valutazione delle perdite idrologiche in relazione alle caratteristiche di permeabilità e di urbanizzazione ed uso del territorio;
- caratterizzazione della geometria dell'alveo attraverso planimetria topografica in scala 1:10000 e sezioni trasversali in scala adeguata;
- adozione dei parametri di scabrezza più idonei ed in accordo con le caratteristiche dell'alveo considerato;
- verifiche idrauliche sulle sezioni trasversali rilevate;
- determinazione dei profili di piena (moto permanente) relativi alle portate di progetto;
- valutazione del rischio idraulico.

La base topografica su cui si è redatto il presente studio idraulico è stata fornita dal Comune di Porto San Giorgio che dispone di tutti i rilievi del Fosso in esame.

2. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Per la determinazione delle portate di progetto, cui noi faremo riferimento per le verifiche idrauliche, sono stati utilizzati i dati di precipitazione della stazione pluviografica "Ascoli Piceno", ritenuti rappresentativi degli eventi meteorici del sito.

3. ANALISI STATISTICA DEI FENOMENI METEORICI

3.1 ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

I dati di input utilizzati per il calcolo dell'altezza di pioggia e della corrispondente portata di piena provengono dagli Annali Idrologici, bacino del Fiume Ete Vivo, stazione pluviografica di Fermo, per un intervallo di tempo che va dal 1964 al 2013.

Per effettuare la verifica idraulica delle sezioni del Fosso risulta necessario stimare la portata massima e la capacità di smaltimento delle acque in caso di piene e di eventi meteorici straordinari.

Per eseguire l'elaborazione statistica delle altezze di precipitazione, registrate nella stazione pluviografica di Fermo, sono stati raccolti i dati relativi alle precipitazioni di massima intensità, reperiti negli Annali Idrologici.

Una volta raccolti i dati viene scelta la distribuzione statistica che meglio si presta ad interpretarli: per gli eventi di massima intensità si utilizza la distribuzione di Gumbel.

Determinata la legge delle possibilità climatiche per il Tempo di Ritorno (T_r) voluto, si passa al calcolo delle portate di piena attraverso il metodo razionale o del ritardo di corrivazione ed attraverso metodi quali quelli del Giandotti, del Turazza e del Forti.

Il Forti, pur non essendo propriamente indicato per bacini della nostra zona, ha costituito un termine di confronto per la valutazione della situazione più critica e fornendo valori di portata superiore può, in un certo senso, ritenersi più cautelativo.

Infine si procederà alle verifiche delle sezioni per l'ipotesi di profili di moto uniforme e permanente.

3.2 EQUAZIONE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Estratta dagli Annali Idrologici l'intera serie degli eventi estremi osservati relativi alle precipitazioni di massima intensità, si è proceduto alla elaborazione dei dati per dedurre l'equazione di possibilità pluviometrica.

L'elaborazione si è svolta direttamente sui valori osservati per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore, che sono stati ordinati, per le varie durate, in senso crescente ottenendo una matrice con un numero di colonne pari a quello delle durate ed un numero di righe pari a quello degli anni di osservazione.

Se si rappresentano nel piano (h , t) gli elementi dell'ultima riga della matrice, unendo i punti così definiti, si ha una spezzata che può essere interpolata con una curva definibile a mezzo di un'equazione del tipo:

$h = at^n$, questa rappresenta l'equazione che interpreta meglio i massimi valori osservati.

La curva così definita fornisce, per ogni durata t , il massimo valore di h registrato nel periodo esaminato, il quale può essere ritenuto rappresentativo di un evento abbastanza raro quando la serie di valori elaborati sia estesa a sufficienza come nel caso in esame (47 anni senza considerare le lacune). Il caso si definisce, secondo una classica definizione, il primo caso critico.

Le equazioni dei casi critici, pur fornendo informazioni d'interesse sul carattere degli eventi, non danno modo di marcare in forma esplicita ogni evento col valore della sua frequenza probabile: cioè non consentono di valutare quale sia la ricorrenza media del suo verificarsi.

Si è pertanto indagato in modo più accurato su questo aspetto, determinando il periodo di anni (tempo di ritorno T_r) inteso come il numero di anni in cui un determinato evento è, mediamente, eguagliato o superato.

Disponendo di una lunga serie di osservazioni, i metodi statistico – probabilistici, con appropriate elaborazione dei dati disponibili, consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione, con un'attendibilità che però va riducendosi all'aumentare del periodo di ritorno, in rapporto specialmente all'estensione del periodo di osservazione.

Fra i metodi disponibili in letteratura si è utilizzato il metodo di Gumbel, che gode di un largo credito. Individuata la serie di eventi estremi si è applicata la seguente descrizione statistica:

$$X(T_r) = \bar{X} + FS_X \quad (1)$$

essendo

$X(T_r)$ il valore dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno T_r , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni T_r anni;

\bar{X} il valore medio degli eventi considerati;

F il fattore di frequenza;

S_X lo scarto quadratico medio della variabile in esame.

Una tra le più usate distribuzioni di probabilità dei valori estremi è la distribuzione doppio esponenziale, detta appunto di Gumbel, la quale assegna ad F l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N} \quad (2)$$

essendo la grandezza $Y(T_r)$, funzione di T_r , la cosiddetta variabile ridotta, mentre \bar{Y}_N e S_N rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta, funzioni del numero N di osservazioni. Operando la sostituzione di F nella (3.1) si ha:

$$X(T_r) = \bar{X} - \bar{Y}_N \frac{S_X}{S_N} + Y(T_r) \frac{S_X}{S_N} \quad (3)$$

La quantità $\bar{X} - \bar{Y}_N \frac{S_X}{S_N}$ è la moda della distribuzione e rappresenta il valore di massima frequenza probabile.

Per la legge di Gumbel il legame tra la variabile ridotta $Y(T_r)$ e il tempo di ritorno T_r è:

$$Y(T_r) = -\log(-\log(1 - \frac{1}{T_r})) \quad (4)$$

Determinati i parametri della distribuzione u ed a' per una serie di N eventi massimi, è immediato tramite la (3) e la (4) fissato un qualsiasi valore per il tempo di ritorno determinare l'evento ad esso corrispondente. L'applicazione al caso in esame ha reso possibile considerare le precipitazioni di durata oraria.

Per i periodi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni si è provveduto, poi, a calcolare l'equazione di possibilità pluviometrica mediante interpolazione su carta bilogarithmica.

3.3 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

L'entità dei bacini idrografici in esame rende opportuno l'impiego del metodo cinematico o del ritardo di corrivazione (D.Turazza, 1880).

L'obiettivo principale è stato quello di cogliere gli aspetti essenziali del processo di formazione dei deflussi ed il metodo utilizzato si presta molto bene ad essere applicato a bacini scolanti di relativamente limitata entità.

Se in un bacino di superficie S cade, per una durata t , una precipitazione d'altezza h , solo una frazione ϕ del volume meteorico Sh risulta efficace agli effetti del deflusso, perdendosi per varie ragioni (evaporazione, filtrazione nel terreno, ecc.) la frazione $1 - \phi$.

Il termine ϕ , detto coefficiente di deflusso, esprime, per un dato bacino idrografico, e in un definito intervallo di tempo, il rapporto tra il volume di precipitazione efficace agli effetti del deflusso ed il volume meteorico totale; esso è pertanto un coefficiente di rendimento sempre inferiore all'unità.

Per il calcolo della portata massima si è considerata una durata t pari al tempo di corrivazione τ e si è applicata la seguente formulazione:

$$Q_{\max} = \phi \frac{10^6 Sh}{3600\tau} \quad [\text{m}^3/\text{sec}] \quad (4.1)$$

dove τ è dato da:

$$\tau = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H - Z}} \quad [\text{ore}] \quad (4.2)$$

dove:

S è l'area del bacino (Km²);

L è la lunghezza dell'asta principale(Km);

H è l'altitudine media del bacino (m s.l.m.);

Z è l'altitudine della sezione di riferimento o di chiusura (m s.l.m.).

Sulla base delle caratteristiche morfometriche di ogni singolo bacino si è proceduto al calcolo del tempo di corrivazione τ in ore ed al calcolo delle portate corrispondenti ai diversi tempi di ritorno, dopo aver ragguagliato il coefficiente di deflusso ϕ attraverso la seguente formula, che dà il coefficiente medio

$$\bar{\phi} = \sum_i \frac{S_i \phi_i}{S}$$

ponderale

Il **Metodo Razionale** in base ai dati pluviometrici, alle caratteristiche geometriche e geologiche del bacino, consente una stima dell'acqua raccolta nell'asta in funzione di un determinato evento meteorico. Il metodo si basa sull'assunzione che la portata massima del bacino si ha quando la durata della precipitazione è pari al tempo di corrivazione ovvero al tempo che la particella di pioggia impiega per giungere dai punti più lontani del bacino alla sezione considerata.

4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA – “Rio Petronilla”

Il bacino idrografico totale del corso d’acqua ha una superficie pari a 3,685 Km² e la lunghezza dell’asta fluviale principale è di 5,03 Km. La quota topografica media è stata stimata in 110 m. s.l.m., mentre la quota topografica media sulla sezione di chiusura può essere valutata in zero m. s.l.m..

Parametri bacino imbrifero		
A (km²)	Area di bacino sottesa alla sezione di calcolo	3.685
L (km)	Estensione del percorso che deve compiere la particella d'acqua per raggiungere la sez. suddetta	5.03
Hm (m. s.l.m)	Quota media del bacino	110
H0 (m. s.l.m)	Quota sezione di chiusura	0

5 ELABORAZIONE SERIE PLUVIOMETRICA METODO DI GUMBEL

Di seguito vengono riportati i dati pluviometrici provenienti dalla stazione pluviografica di Fermo, secondo una serie numerica composta da 47 elementi.

Stazione idrografica di: Fermo					
Bacino: Ete Vivo					
Piogge orarie					
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1964	19.4	20.2	21.4	31.2	42.0
1965	13.6	17.6	21.2	34.0	49.0
1966	30.0	55.6	75.0	99.8	106.4
1967	27.6	49.4	52.2	54.6	56.8
1968	14.6	34.8	39.4	41.0	59.8
1969	32.2	46.6	64.2	65.8	104.0
1970	29.6	45.0	62.8	65.0	65.8
1971	40.0	43.6	53.8	57.8	60.6
1972	40.0	40.0	59.6	81.2	83.2
1973	15.4	26.4	34.2	45.0	64.0
1974	22.8	38.2	45.0	45.0	50.6
1975	22.0	23.0	37.0	52.8	55.6
1976	34.0	42.4	43.4	60.0	93.2
1977	29.2	50.0	52.6	52.6	53.4
1978	17.2	33.6	48.2	71.6	95.4
1979	19.0	28.4	35.4	40.4	47.6
1980	25.4	33.4	49.4	50.2	50.2
1981	26.0	32.0	34.6	42.4	48.4
1982	17.0	26.0	41.0	53.0	77.6
1983	14.4	18.4	26.8	27.0	28.4
1984	21.0	26.8	28.2	28.4	34.0
1985	22.8	26.0	33.4	35.4	47.2
1986	36.4	41.4	41.8	46.0	77.6
1987	12.2	20.0	20.4	21.6	36.0
1988	27.2	29.2	30.2	30.2	30.2
1989	19.4	33.6	42.6	44.2	48.0
1990	17.0	25.0	27.0	35.6	45.8
1991	18.2	47.0	50.4	53.6	57.4
1992	21.8	39.6	50.2	58.6	79.2
1993	9.6	15.2	21.8	30.6	41.4
1994	27.8	39.2	43.4	46.8	57.8
1995	46.6	46.8	46.8	55.8	63.2
1996	48.0	72.0	76.6	77.6	78.6
1997	22.2	28.2	36.0	57.8	68.0
1998	22.8	32.8	53.0	88.0	112.8
1999	49.6	54.6	54.8	54.8	67.8
2000	38.8	65.8	85.4	97.6	99.2
2001	16.4	23.4	30.8	34.8	46.0
2002	27.8	33.8	34.2	49.4	49.4
2003	22.2	24.8	38.0	53.6	54.2
2004	15.8	21.2	34.6	34.6	37.0
2005	15.6	24.0	35.8	41.2	53.8
2006	23.4	27.2	40.4	40.4	40.4
2007	17.4	24.8	32.4	37.6	38.8
2008	22.00	28.80	46.60	60.60	74.00
2009	42.80	45.60	45.60	63.80	109.60
2010	20.80	25.40	37.00	49.00	56.80
2011	23.20	40.40	40.40	41.60	64.40

La formula razionale fornisce il valore della portata di piena Q [mc/sec] in funzione del tempo di ritorno T [anni], a partire dal volume specifico dei deflussi (pioggia netta o pioggia depurata) h_n [mm], in funzione dell'ampiezza dell'area scolante A [Km²] e del tempo di percorrenza dei deflussi stessi, detto tempo di corrivazione t_c [ore].

$$Q = c \cdot h \cdot S \cdot \frac{k}{t_c}$$

dove c rappresenta il coefficiente di deflusso, rapporto tra gli afflussi meteorici e i corrispondenti deflussi superficiali e k è un fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura usate: nell'ipotesi di adottare le grandezze con le unità di misura citate $k=0,2777$.

Il tempo di corrivazione viene determinato attraverso la seguente espressione:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (\text{ore})$$

in cui

A è l'area del bacino in Km²

L è la lunghezza del corso d'acqua fino alla sezione di calcolo (chiusura)

H_m è l'altezza media del bacino sulla sezione di chiusura ovvero:

$$H_m = Q_m - Q_c$$

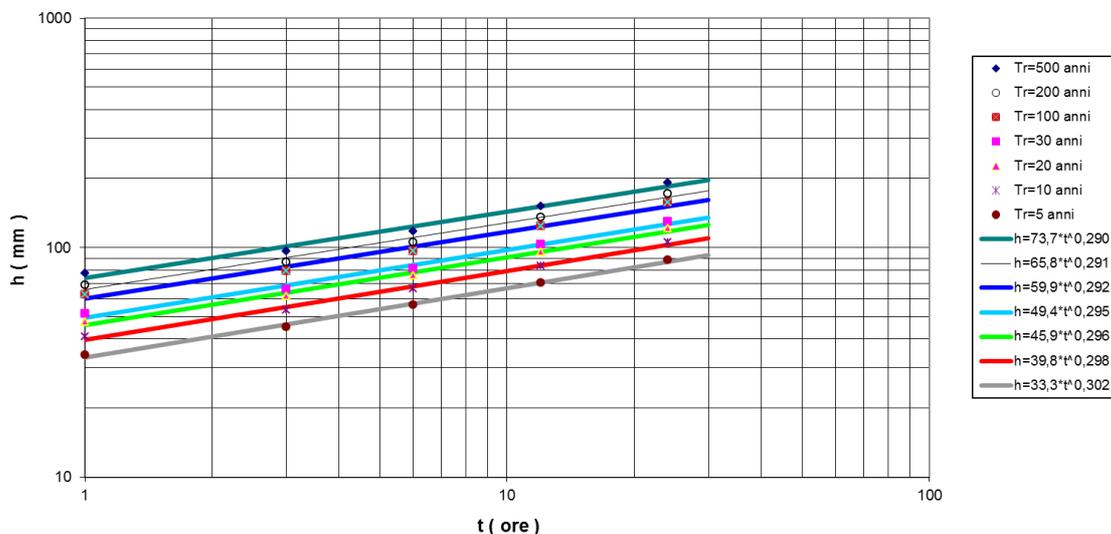
in cui Q_m è la quota media del bacino e Q_c è la quota della sezione di chiusura.

Da tale equazione scaturisce un tempo di corrivazione **T_c pari a 1.81 ore.**

Le altezze di pioggia in base ai tempi di ritorno considerati sono date dalle seguenti curve:

Di seguito vengono determinate le portate del Fosso Petronilla con Tempo di ritorno pari a 10, 20, 30, 100, 200, 500 anni.

FERMO:
CURVE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' CLIMATICA



METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q10anni = c x h x S x (K/tc)		Q100anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.2980	n	0.2920
a	39.800	a	59.9000
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	47.53	h (mm) = altezza di pioggia	71.28
QTr 10 (mc/sec)	21.45	QTr 100 (mc/sec)	32.16
METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q20anni = c x h x S x (K/tc)		Q200anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.2960	n	0.291
a	45.90	a	65.8
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	54.75	h (mm) = altezza di pioggia	78.26
QTr 20 (mc/sec)	24.70	QTr 200 (mc/sec)	35.31
METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q30anni = c x h x S x (K/tc)		Q500anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.295	n	0.2900
a	49.40	a	73.7000
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	58.89	h (mm) = altezza di pioggia	87.60
QTr 30 (mc/sec)	26.57	QTr 500 (mc/sec)	39.53

6. INDIVIDUAZIONE DEI LIVELLI IDRICI

6.1 PREMESSA

Per la verifica idraulica del rischio di esondazione è stato utilizzato il programma HEC-RAS che fornisce una completa rappresentazione del fenomeno, descrivendo tutte le principali grandezze fisiche significative per ogni sezione di calcolo.

6.2 MODELLO IDRAULICO ADOTTATO

Il modello idraulico utilizzato in questo studio è stato sviluppato dall'US Army Corps Of Engineers; è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su

corsi d'acqua. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali.

6.3 Moto permanente

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico, dove:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

- Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;
- Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;
- V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;
- α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;
- h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione.

Si può valutare mediante la relazione:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

\bar{S}_f è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificino transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico. Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di

attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

6.4 Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime transcritico, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle.

HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

7 SCABREZZA DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO

Il coefficiente di scabrezza n MANNING ($s^{-1} \times m^{1/3}$) è stato determinato in base alle caratteristiche del fondo dell'alveo, della natura e dello stato di conservazione di eventuali arginature, della presenza di plateizzazioni, della frequenza di ostruzioni localizzate o distribuite, quali vegetazione ripariale e eventuali pennelli o massi isolati se presenti.

In generale, salvo valori più precisi via via fornite nelle verifiche di settore, per il corso d'acqua in esame, nel tratto in esame, con alveo rivestito in cls si è assunto un valore prudenziale di $0.015 s^{-1} \times m^{1/3}$, mentre nel tratto di valle, si è assunto un valore di $0.020 s^{-1} \times m^{1/3}$.

8 ELABORAZIONI ANALITICHE E GRAFICHE

Il Rio Petronilla è stato analizzato per l'intero tratto all'interno del territorio comunale, all'interno del quale sono note le caratteristiche geometriche di 18 sezioni numerate, da monte verso valle, in ordine crescente nel rilievo topografico e decrescente nel software di calcolo; per ogni sezione si è determinata la quota della superficie di pelo libero secondo la schematizzazione di moto permanente e sulla base delle seguenti portate:

- con tempo di ritorno 10, 20, 30, 100 e 200 anni, come riportate di seguito:

Tr anni	Razionale
10	21.45
20	24.70
30	26.57
100	32.16
200	35.31

Le sezioni studiate in questa relazione sono il risultato di rilievi topografici di dettaglio forniti dall'Amministrazione Comunale di Porto San Giorgio ed eseguite dallo Studio Tecnico del geom. Umberto Talamonti, su rielaborazioni per l'utilizzo nel software dedicato.

9 VALUTAZIONI SULLO STUDIO DEL PROFILO IDRAULICO ED INDICAZIONE SUI POSSIBILI INTERVENTI

Le considerazioni che seguono sono riferite alle portate di progetto con tempo di ritorno 10, 20, 30, 100 e 200 anni definite con il metodo razionale e considerando un coefficiente di deflusso pari a 0.8 da cui si ottengono i seguenti valori:

Tr anni	Razionale
10	21.45
20	24.70
30	26.57
100	32.16
200	35.31

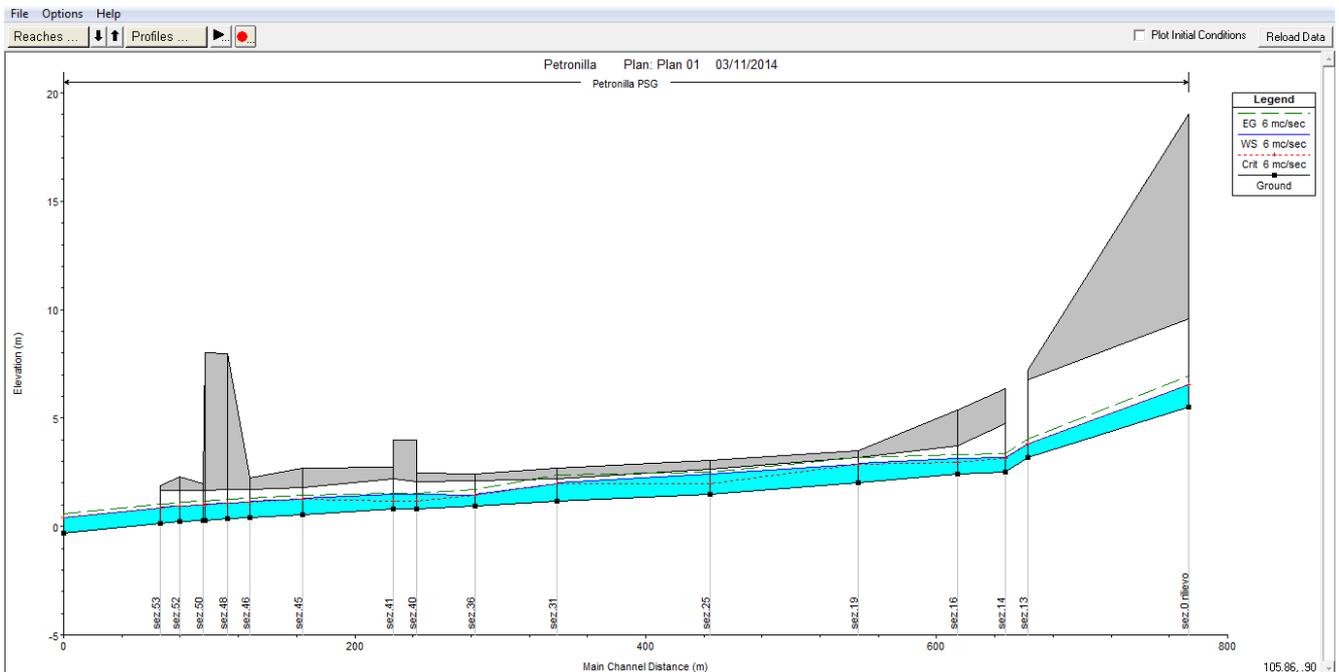
Inoltre, sono state simulate le portate di 5, 6, 10 e 15 mc/sec, per una valutazione di massima della portata smaltibile dal fosso.

Di seguito le ipotesi utilizzate alla base delle analisi idrauliche:

- ANALISI DI MOTO PERMANENTE;
- REGIME DI FLUSSO: MISTO
- CONDIZIONE AL CONTORNO. Per quanto riguarda il valore numerico della condizione al contorno, tale valore è stato determinato considerando a monte, la condizione di altezza critica e nel tratto a valle l'altezza del livello marino statico pari a 1.70 m s.l.m..



Secondo le precedenti ipotesi la portata smaltibile dal tratto di fosso in galleria senza particolari problemi e con adeguati franchi di sicurezza è risultata quella pari a 5/6 mc/sec.



Da quanto sopra risulta evidente che le portate con tempo di ritorno da 10 a 200 anni non risultano idealmente smaltibili dal tratto in galleria del fosso, in particolare, già per 10 mc/sec il tratto tra la sezione 31 e la 19 riporta dei problemi quanto meno di franchi inadeguati.

La problematica risulta più critica per la portata di 15 mc/sec.

Per la portata con tempo di ritorno 10 anni e cioè 21,45 mc/sec la problematica di sormonto e fuoriuscita della portata di piena si verifica in corrispondenza della sezione 14 (cosa peraltro avvalorata da eventi accaduti nel passato).

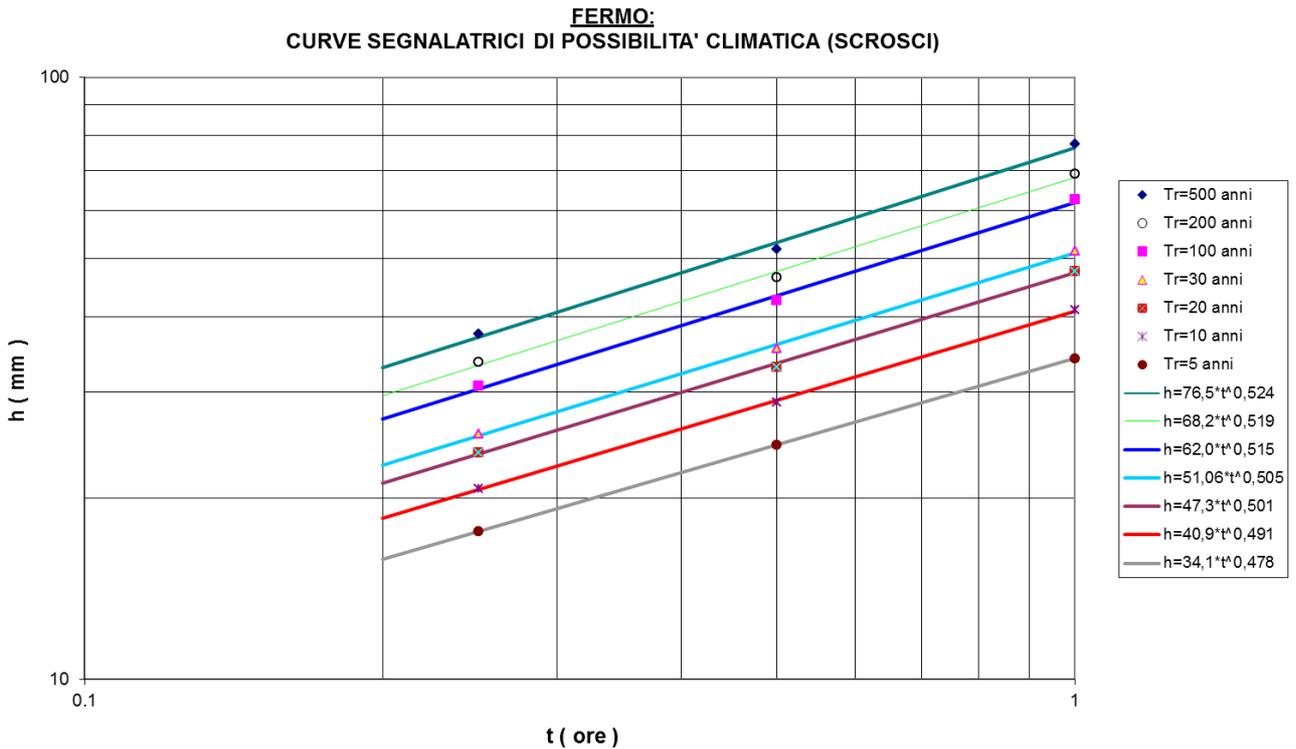
La portata con tempi di ritorno 20 anni risulta non smaltibile e si rileva una fuoriuscita a monte del rilevato ferroviario, che funge da protezione per l'area a valle dello stesso.

La portata con tempo di ritorno 30 anni risulta al limite della criticità per tutta la parte tombata del fosso mentre quelle con Tr 100 anni e superiori mandano in pressione significativa anche la porzione terminale del fosso e, nel caso di presenza di eventuali discontinuità (condotte di scarico, immissioni, troppo pieni etc.), le stesse consentirebbero l'allagamento delle porzioni più depresse anche dell'area a valle della ferrovia.

Tenuto conto della rigidità del tratto terminale del Rio Petronilla, in considerazione dell'urbanizzazione con presenza oramai centenaria, per mitigare le condizioni di rischio a cui sono soggette le porzioni di abitato soprattutto comprese tra l'asse ferroviario e la SS 16, sarebbe opportuno progettare e realizzare vasche di accumulo e laminazione delle piene nella porzione a monte dove la morfologia lo permetta.

Sempre utile ai fini dell'efficienza idraulica è comunque la pulizia e la manutenzione dell'attuale alveo, in particolare della porzione ipogea che risulta essere la più vulnerabile e l'ostacolo principale al deflusso regolare delle acque per tempi di ritorno importanti.

In conclusione, per completezza, si aggiungono anche le valutazioni e le stime di portata effettuate per gli scrosci, le cui curve di segnalatrici di possibilità climatica sono le seguenti:



I calcoli relativi alle portate sono i seguenti:

METODO RAZIONALE	
$Q_{5\text{anni}} = c \times h \times S \times (K/tc)$	
c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.478
a	34.10
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	45.33
QTr 5 (mc/sec)	20.46

METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q10anni = c x h x S x (K/tc)		Q100anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.4910	n	0.5150
a	40.900	a	62.0000
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	54.80	h (mm) = altezza di pioggia	84.26
QTr 10 (mc/sec)	24.72	QTr 100 (mc/sec)	38.02
METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q20anni = c x h x S x (K/tc)		Q200anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.5010	n	0.519
a	47.30	a	68.2
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	63.75	h (mm) = altezza di pioggia	92.91
QTr 20 (mc/sec)	28.76	QTr 200 (mc/sec)	41.92
METODO RAZIONALE		METODO RAZIONALE	
Q30anni = c x h x S x (K/tc)		Q500anni = c x h x S x (K/tc)	
c = coeff. di deflusso	0.8	c = coeff. di deflusso	0.8
k = fattore unità di misura	0.2777	k = fattore unità di misura	0.2777
n	0.505	n	0.5240
a	51.06	a	76.5000
tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81	tc (ore) = tempo di corrivazione	1.81
h (mm) = altezza di pioggia	68.98	h (mm) = altezza di pioggia	104.53
QTr 30 (mc/sec)	31.13	QTr 500 (mc/sec)	47.16

Dai calcoli su esposti si evince un aumento medio di circa il 15 % delle portate di piena relative agli scrosci.

Porto San Giorgio, 04 aprile 2016

Dott. Geol. Gianluca TESTAGUZZA

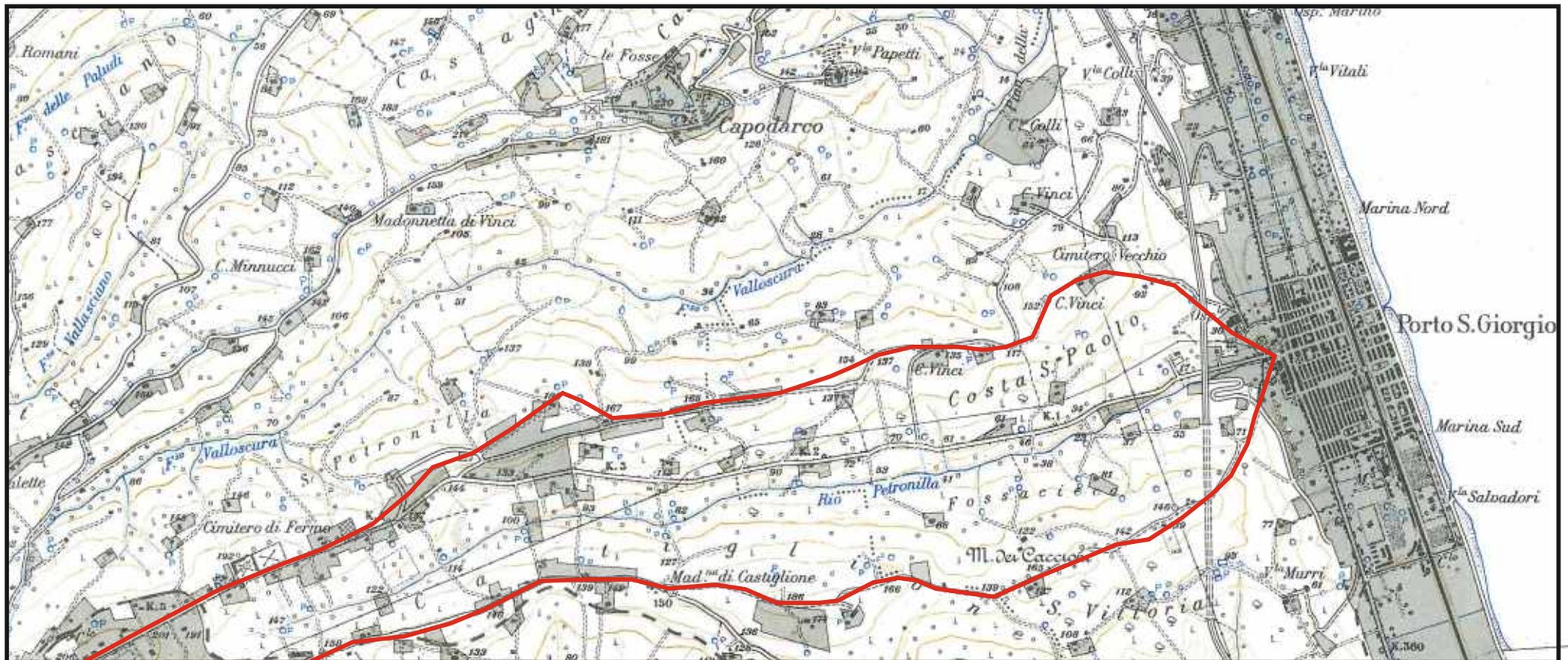
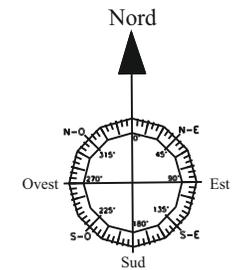


- COROGRAFIA -

Elaborato: **INDIVIDUAZIONE BACINO
IDROGRAFICO SUPERFICIALE**
Scala 1 : 25.000



Limite del bacino idrografico
(Spartiacque superficiale)



PLANIMETRIA LIVELLO FONDO CANALE

