

REGIONE PIEMONTE

Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Verellese

EVENTO ALLUVIONALE DICEMBRE 2008
D.Lgs. 102/04 – art. 5, comma 6
L.R. 17/99 e s.m.i.

DATA

GIUGNO 2018

INTERVENTO DI RIPRISTINO DELLE INFRASTRUTTURE
IRRIGUE E DI BONIFICA DANNEGGIATE

AGGIORNAMENTO

LAVORI DI COMPLETAMENTO A SEGUITO DI RISOLUZIONE CONTRATTUALE

ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:



IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

PROGETTO ESECUTIVO

PRATICA N°10451/E

MODIFICHE
AGGIORNAMENTI

Aggiornamento

Data

CONTROLLO

OPERATORE

CONTROLLO

APPROVAZIONE

Firma

GV

DC

DC

INDICE

PARTE A - RELAZIONE IDROLOGICA	1
1. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DI PERTINENZA DEI CORSI D'ACQUA INTERESSATI	1
2. INTERVENTI PREVISTI IN ATTUAZIONE CON IL PRESENTE PROGETTO DEFINITIVO.....	2
3. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA PER ASSOCIATO TEMPO DI RITORNO	3
3.1 CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA CON IL METODO TCEV	3
3.1.1 <i>Calcolo del tempo di corrivazione "tc"</i>	7
3.1.2 <i>Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica</i>	9
4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI DIMENSIONAMENTO – METODO RAZIONALE	10
4.1 RISULTATI OTTENUTI	15
PARTE B - RELAZIONE IDRAULICA	16
1. INTRODUZIONE	16
2. VERIFICA DEL COMPORTAMENTO IDRAULICO DELLE SEZIONI TIPO OGGETTO DI INTERVENTO	16
2.1.1 <i>Intervento 2</i>	18
2.1.2 <i>Intervento 4</i>	19
2.1.3 <i>Intervento 5</i>	21
2.1.4 <i>Intervento 15</i>	22
2.1.5 <i>Intervento 21</i>	24

REGIONE PIEMONTE

CONSORZIO DI BONIFICA DELLA BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE

EVENTO ALLUVIONALE DICEMBRE 2008

D.Lgs. 102/04 – art. 5, comma 6

L.R. 17/99 e s.m.i.

INTERVENTO DI RIPRISTINO DELLE INFRASTRUTTURE
IRRIGUE E DI BONIFICA DANNEGGIATE
LAVORI DI COMPLETAMENTO A SEGUITO DI RISOLUZIONE CONTRATTUALE

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione idrologica e idraulica

Parte A - RELAZIONE IDROLOGICA

1. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DI PERTINENZA DEI CORSI D'ACQUA INTERESSATI

Gli interventi di ripristino previsti in attuazione con il presente progetto sono ubicati in una porzione di territorio racchiusa dal Torrente Cervo ad est e dal Fiume Sesia ad ovest. Nella presente relazione viene trattata l'analisi idrologica e idraulica del reticolo idrografico naturale costituito dal torrente Marchiazza e dai Rio dei Rumi, il Rio Valle e il Rio Milani, caratterizzati, all'interno del comprensorio irriguo sede degli interventi in progetto, da bacini idrografici e dai corrispondenti valori di portata al colmo di piena per associato tempo di ritorno. I restanti corsi d'acqua e canali sui quali sono ubicati gli altri interventi sono assoggettati ad un deflusso di portata regimato e regolato a monte per concessione e, pur restando sottoposti a fenomeni erosivi localizzati sono, comunque, soggetti con minore frequenza e intensità a

condizioni di piena dovute ad eventi meteorici.

Poiché gli interventi in progetto sono distribuiti lungo sia lungo il Torrente Marchiazza e lungo una serie di Rii minori si è ritenuto opportuno determinare per ciascun intervento il corrispondente bacino sotteso alla rispettiva sezione di chiusura localizzata in corrispondenza ad ogni intervento in progetto.

2. INTERVENTI PREVISTI IN ATTUAZIONE CON IL PRESENTE PROGETTO DEFINITIVO

Tutti gli interventi previsti in progetto ricadono in un'area irrigua omogenea, denominata "Centro Sesia", situata all'interno del Comprensorio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese con le stesse peculiarità irrigue e problematiche di carenze idriche nelle stagioni irrigue, al fine di poter razionalizzare le risorse in fase di redazione progettuale, appalto e cantierizzazione il Consorzio di Bonifica ha richiesto di poter procedere alla stesura di un'unica progettazione contenente i singoli interventi ciascuno con i propri elaborati e con il proprio contributo assegnato, così come meglio specificato nell'allegata Relazione Illustrativa.

Gli interventi di cui si dà ampia descrizione nella citata Relazione Illustrativa sono stati identificati come appresso descritto:

Intervento	Corso d'acqua	Tipologia intervento
2	Rio Milani	Ripristino funzionalità infrastruttura idraulica di derivazione irrigua
4	Rio dei Rumi	Ripristino funzionalità infrastruttura idraulica di derivazione irrigua
5	Torrente Marchiazza	Ripristino funzionalità infrastruttura idraulica di derivazione irrigua
15	Torrente Marchiazza	Ripristino difese spondali
21	Rio Valle	Ripristino difese spondali

3. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA PER ASSOCIATO TEMPO DI RITORNO

In relazione alla mancanza di dati idrometrici per i corsi d'acqua minori, da elaborare per la valutazione diretta delle portate di piena, si è fatto ricorso alla stima indiretta delle portate utilizzando il metodo del TCEV proposto dalla Regione Piemonte a mezzo di uno studio idrologico esteso all'intero territorio e volto a correlare la zonizzazione idrologica della Regione con i principali dati che individuano il bacino in studio.

3.1 CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA CON IL METODO TCEV

Lo studio idrologico è volto alla determinazione delle portate di colmo generate dall'evento meteorico di breve durata e massima intensità i cui effetti sono tali da provocare la crisi del sistema di smaltimento delle acque di pioggia.

L'analisi idrologica è condotta con gli usuali metodi classici oltre che con i più usuali modelli di trasformazione afflussi-deflussi che possono tenere in conto eventuali effetti di laminazione della rete.

Il calcolo delle altezze di precipitazione di assegnato tempo di ritorno è stato effettuato utilizzando lo studio relativo alla "Regionalizzazione delle piogge" tramite il modello TCEV (two component extreme value) – "progetto VAPI", redatto a cura della Regione Piemonte – Assessorato Difesa Suolo e Assetto Idrografico. Questo modello è stato ideato per lo studio statistico delle massime altezze di precipitazione di assegnato tempo di ritorno e durata 1: 24 ore nell'ambito regionale piemontese. La procedura consente di determinare il tempo di ritorno associato ad una data altezza di precipitazione verificatesi su un'area caratterizzata dalla propria altitudine media e dal fatto di essere contenuta in una particolare zona pluviometricamente omogenea. La stessa procedura può anche essere applicata nell'ordine inverso per determinare un'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno su un dato bacino imbrifero.

Il calcolo dei tempi di ritorno viene effettuato attraverso due passaggi matematici.

Il primo consiste nel definire il parametro E, corrispondente alla media delle altezze massime di precipitazione registrate in un dato intervallo di tempo. La funzione che definisce tale parametri varia da zona a zona, per cui sono state definite per la Regione Piemonte 6 aree pluviometricamente omogenee, a cui corrispondono le seguenti funzioni caratteristiche:

- ZONA OMOGENEA 1: $E1 = 30,86 * t^{(0,412+0,00024*Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 2: $E2 = 25,37 * t^{(0,469+0,00023*Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 3: $E3 = 22,62 * t^{(0,3377+0,000178*Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 4: $E4 = 36,58 * t^{(0,504+0,000186*Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 5: $E5 = 18,37 * t^{(0,827+0,000075*Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 6: $E6 = 16,07 * t^{(0,69+0,00007*Z)/1,38}$

Dove t corrisponde alla durata della pioggia considerata (ore) e Z l'altitudine sul livello del mare (m.s.m.).

Dal rapporto tra l'altezza di pioggia misurata XT ed il valore E si ricava $X1 = XT/E$.

Introducendo quest'ultimo parametro nelle seguenti funzioni, che descrivono le tre curve di crescita caratteristiche di altrettante aree in cui è stata suddivisa la regione Piemonte, si ottiene la probabilità di non superamento SZ:

- ZONA PLUVIOMETRICA 1: $SEZ1 = e^{[-15,81*19,452^{(-X1)}-1,885*7,179^{(-X1)}]}$
- ZONA PLUVIOMETRICA 2: $SEZ2 = e^{[-20,38*25,078^{(-X1)}-2,231*8,498^{(-X1)}]}$
- ZONA PLUVIOMETRICA 3: $SEZ3 = e^{[-43,35*53,35^{(-X1)}-3,684*14,21^{(-X1)}]}$

Dal parametro SZ si ricava infine il tempo di ritorno di un determinato evento TR dalla seguente relazione:

$$T_R = \frac{1}{1 - SZ}$$

Applicando a ritroso le stesse funzioni sono state ricavate le altezze di precipitazione di assegnato tempo di ritorno utilizzate nel calcolo delle portate tramite il metodo razionale.

In particolare, il territorio analizzato ricade nella zona omogenea 1 (Fig. 1).

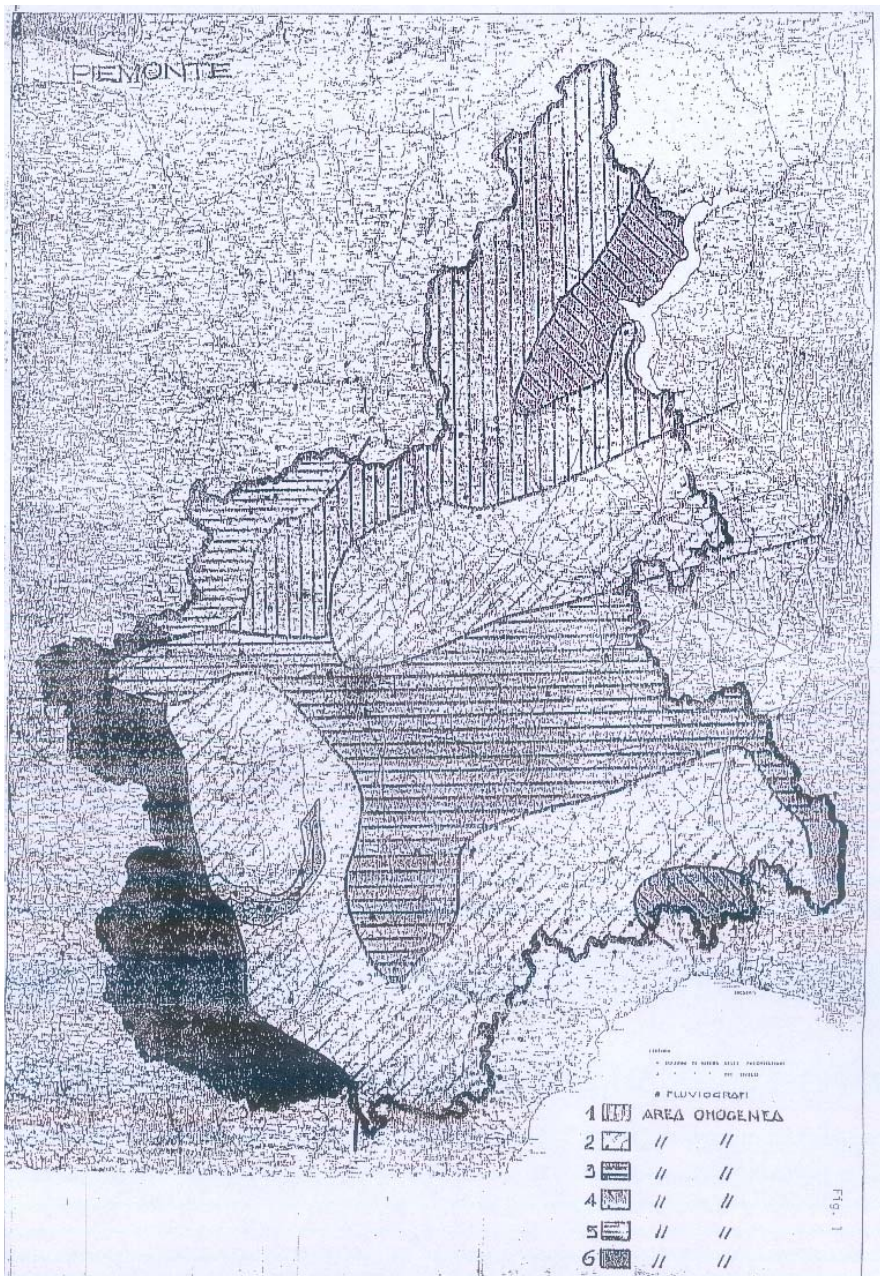


Fig. 1 – Regione Piemonte – Aree pluviometriche omogenee

In Fig. 2 sono riportate le curve funzione del tempo di ritorno e dell'ulteriore suddivisione in zone omogenee che consentano la valutazione dell'afflusso in correlazione alla frequenza di non superamento dell'evento. I bacini considerati ricadono nella zona SZ02.

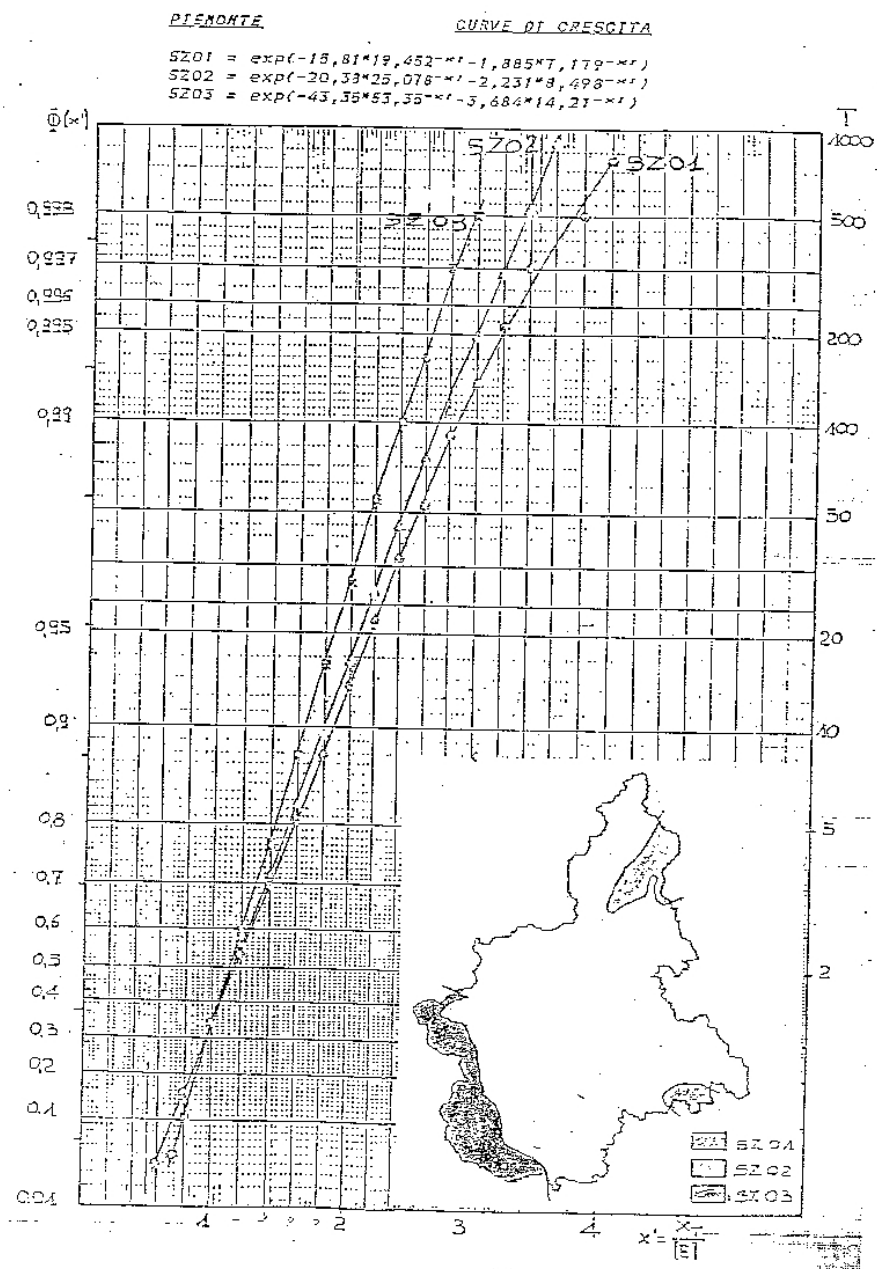


Fig. 2 – Regione Piemonte – Aree omogenee curve di crescita

Definita l'area omogenea di appartenenza dei bacini, la Fig. 3 propone le curve di interpolazione $h(t) (t,z) \equiv E$ per il calcolo della variabile X_T .

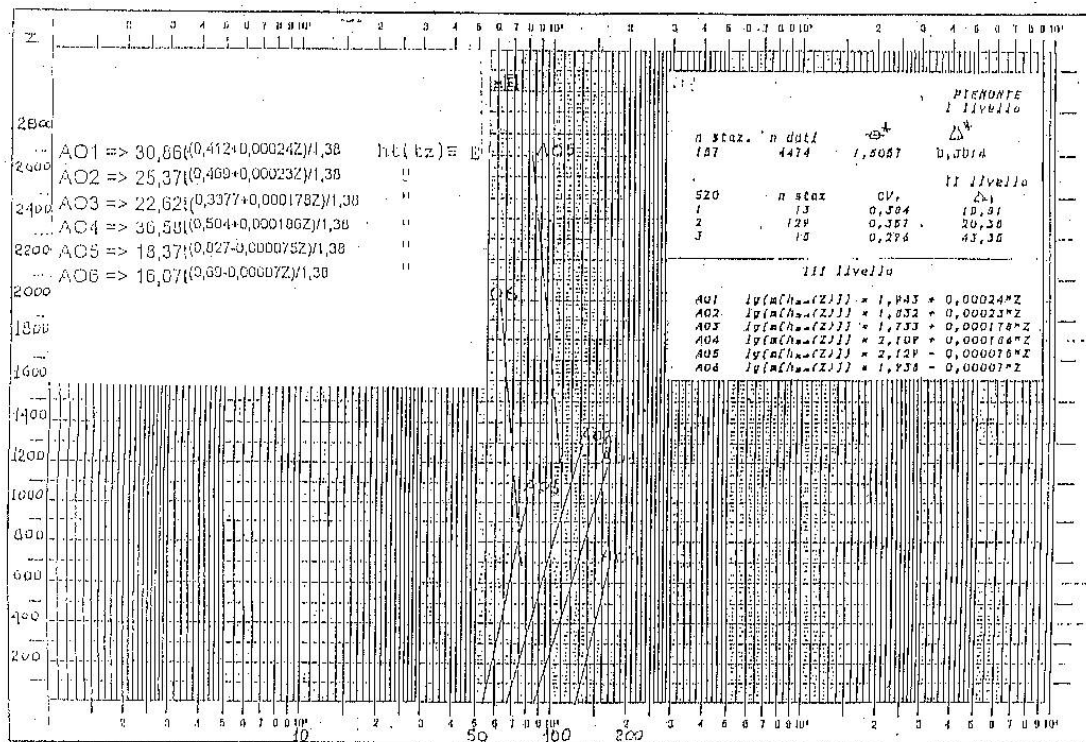


Fig. 3 – Regione Piemonte – Curva di possibilità pluviometrica per area pluviometrica omogenea

3.1.1 Calcolo del tempo di corrivazione "tc"

I parametri morfometrici relativi ai bacini in esame sono stati ricavati dall'analisi del modello altimetrico digitale della Regione Piemonte. Nella seguente tabella sono riportati i valori di superficie del bacino idrografico sotteso alla sezione di chiusura identificata dal corrispondente intervento in progetto, dalla lunghezza dell'asta principale e dalla sua pendenza media nonché dalle quote massima, minima, media.

<i>Intervento</i>	<i>Superficie [km²]</i>	<i>Lunghezza asta principale [km]</i>	<i>Pendenza media alveo</i>	<i>Quota max [m slmm]</i>	<i>Quota min [m slmm]</i>	<i>Quota media [m slmm]</i>
2	1.42	2.67	0.0004	230.00	206.00	217.90
4	1.70	3.67	0.0006	197.00	175.00	189.20
5	22.89	15.46	0.0209	616.80	231.30	319.00
15	43.51	25.28	0.0148	616.80	181.00	267.90
21	4.11	4.32	0.0015	206.00	179.00	192.50

Le usuali formule per il calcolo del tempo di corrivazione, per le particolari condizioni dei bacini in studio, risultano essere le seguenti:

↳ **Formula di Pezzoli**

Tale formula risulta particolarmente idonea per piccoli bacini alpini ed è basata sulla relazione cinematica:

$$t_c = \frac{L}{U_m}$$

dove L è la distanza idraulicamente più lontana dalla sezione di chiusura e U_m è la velocità media lungo il percorso.

Proporzionando la velocità alla pendenza del corso d'acqua si ottiene la formula di applicazione pratica:

$$t_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

con i_m pendenza media del corso d'acqua.

↳ **Formula di Pasini**

La formula di Pasini introduce nel calcolo di corrivazione t_c le caratteristiche morfologiche del bacino attraverso i parametri:

- S: superficie del bacino idrografico;
- L: distanza idraulicamente più lontana dalla sezione di chiusura;
- i_m : pendenza media del corso d'acqua

La formula è riassunta nella seguente espressione:

$$t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{SL}}{\sqrt{i_m}}$$

❖ Formula di Ventura

La formula di Ventura è espressa in funzione di due parametri morfometrici: la superficie S del bacino e la pendenza media i_m del corso d'acqua.

L'espressione di questa formula è:

$$t_c = 0,1272 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i_m}}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori ottenuti con l'utilizzo delle espressioni proposte. Ai fini della valutazione del tempo di corrivazione si è optato per l'adozione del valor medio dei risultati ottenuti.

<i>Intervento</i>	<i>Tempo di corrivazione</i>			<i>Valore di progetto</i>
	<i>Pezzoli</i>	<i>Pasini</i>	<i>Ventura</i>	
2	10.5	8.1	6.0	8.2
4	9.8	9.0	7.3	8.7
5	8.1	8.0	6.6	7.6
15	14.4	10.8	7.9	11.0
21	11.4	9.2	6.9	9.2

3.1.2 Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica

I bacini sottesi alle sezioni individuanti gli interventi in attuazione con il presente progetto definitivo appartengono alla zona omogenea di classe A01 per la quale l'espressione generale della curva è:

$$h(t) = 30,86 \cdot t^{\frac{0,412+0,00024Z}{1,38}}$$

Per cui avendo determinato il valore della quota media Z , è stato possibile ricavare facilmente per ciascuno di essi la curva di possibilità pluviometrica corrispondente.

Nella tabella seguente per ogni intervento è stato riportato il valore dell'esponente della curva di possibilità pluviometrica n ed il valore del parametro E relativo.

Il tempo di ritorno assunto per la caratterizzazione degli interventi di ripristino delle difese spondali è pari a 30 anni mentre per gli interventi di ripristino dell'adeguatezza idraulica delle infrastrutture di derivazione irrigua è stato assunto un tempo di ritorno di 30 e 200 anni.

<i>Intervento</i>	<i>Coefficiente c.p.p. n</i>	<i>E = h(t_c)</i>	<i>Tempo di ritorno 30 anni X_t = E X' X'=2.23</i>	<i>Tempo di ritorno 200 anni X_t = E X' X'=2.99</i>
2	0.336	62.23	138.78	186.07
4	0.331	60.32	134.52	180.36
5	0.354	55.02	122.69	164.51
15	0.345	66.29	147.82	198.20
21	0.332	58.11	129.59	173.76

4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI DIMENSIONAMENTO – METODO RAZIONALE

Le portate di dimensionamento utilizzate per la progettazione degli interventi di ripristino in oggetto sono associate alla frequenza di non superamento di definite in precedenza al capitolo 2.

Per la determinazione del valore della portata si è fatto riferimento al metodo razionale.

La formula razionale è così strutturata:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot 10^3 \cdot S \cdot h}{3600 \cdot t_c}$$

Il coefficiente φ , di difficile determinazione, è funzione della copertura del suolo, della geomorfologia del medesimo e di ulteriori parametri che ne condizionano il valore.

Associando all'espressione di h il valore rappresentato per il tempo di ritorno prefissato si ottiene la correlazione fra la frequenza dell'evento e la portata ad esso correlata.

La determinazione del coefficiente φ è stato condotto per ogni bacino relazionando diversi valori di φ i quali ne condizionano l'entità finale risultante.

La determinazione del coefficiente di ruscellamento è piuttosto empirica e basata forzatamente sull'ipotesi che detto coefficiente rimanga costante nel tempo e nello spazio nonché sull'esistenza di un rapporto lineare tra la pioggia caduta nel bacino e la portata di deflusso.

In virtù di questa semplificazione, peraltro costituente via obbligata laddove manchino stazioni idrometriche i cui dati di deflusso possano venire relazionati con gli afflussi meteorici in un dato intervallo di tempo, si può procedere correlando il coefficiente di ruscellamento con una serie di parametri caratteristici del bacino in esame.

La definizione analitica del coefficiente di ruscellamento che è stata adottata pertanto è la seguente, che qui proponiamo:

$$\varphi = \varphi_{A,t} \cdot \varphi_i \cdot \varphi_p \cdot \varphi_c \cdot \varphi_e$$

dove:

$\varphi_{A,t}$ = coefficiente dipendente dall'estensione dell'area e del tempo di durata della pioggia

φ_i = coefficiente funzione della pendenza del terreno

φ_p = coefficiente dipendente dalla permeabilità del sottosuolo

φ_c = coefficiente dipendente dalla copertura vegetale

φ_e = coefficiente dipendente dalla evapotraspirazione.

Il coefficiente di ruscellamento definito come prodotto dei diversi coefficienti ora elencati tiene conto di molteplici fattori che influiscono, ciascuno a suo modo, sulla relazione tra afflussi meteorici e deflussi.

Così facendo il valore definitivo risulta da considerazioni di ordine idrologico ($\varphi_{A,t}$), geologico (φ_p), morfologico (φ_i) e dall'analisi del tipo di copertura vegetale esistente.

- Coefficiente $\varphi_{A,t}$

Come dimostrato negli studi condotti su dimensionamento e verifica della rete fognaria di Milano, il coefficiente di ruscellamento decresce con l'estendersi dell'area per una pioggia di durata t_p e, a parità di area, decresce per durate di pioggia crescenti.

La relazione proposta per fornire un'espressione numerica di quanto sostenuto è la seguente:

$$\varphi_{A,t} = \frac{t_p}{t_p + 0,118 + 0,00014 \cdot S} \cdot \frac{2385 + 97 \cdot t_p}{S + 2385 + 97 \cdot t_p}$$

- Coefficiente φ_i

Il ruscellamento è funzione anche della pendenza del terreno in quanto, a parità delle altre condizioni, l'irregolarità del terreno, intesa come presenza sommata di effetti di invaso e velo idrico, si fa molto meno sentire per terreni a forte pendenza mentre per terreni pianeggianti trattiene fortemente l'acqua.

Il calcolo φ_i è stato eseguito con la seguente formula:

$$\varphi_i = \frac{i\% + 1}{i\% + 3}$$

- Coefficiente φ_p

Per il calcolo di questo coefficiente, che tiene debito conto della permeabilità teorica del sottosuolo, si è fatto riferimento allo studio geologico dell'area sottesa supportato dalle pubblicazioni a cura di C.S.I. Piemonte - Regione Piemonte - Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico.

Ciascuna area di competenza del singolo bacino è caratterizzata da un proprio coefficiente di ruscellamento legato alla tipologia di sottosuolo che la contraddistingue.

Forniremo in seguito un elenco di valori proposti per il coefficiente di ruscellamento in funzione del tipo litologico attraversato.

Calcolate le aree di pertinenza dei vari tipi, l'espressione di φ_p è data dalla relazione:

$$\varphi_p = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dove:

φ_i = coefficienti di ruscellamento relativi alla litologia incontrata

A_i = aree dei singoli tipi litologici.

Da studi sperimentali sulla permeabilità del sottosuolo sono stati ricavati i seguenti valori numerici del coefficiente φ_p , correlati in maniera opportuna a determinate caratteristiche geologiche.

Nella seguente tabella vengono esposti i dati risultanti.

Tipo Geologico	φ_p
Gneiss, dioriti, gabbrodioriti calcari, sieniti	1
Graniti porfirici	0,98
Porfidi caolinizzati ferrettizzati	0,96
Depositi morenici, terreni alluvionali alterati, argillosi	0,92
Sabbie, morene recenti	0,88
Alluvioni recenti	0,80

Il passo successivo è basato sulla determinazione della superficie del tipo litologico, delle sue caratteristiche salienti e, infine, sull'attribuzione del valore più opportuno del coefficiente di ruscellamento.

- Coefficiente φ_c

Al pari della struttura geologica anche la copertura superficiale riveste notevole importanza nello stabilire quale percentuale di afflusso meteorico giunge ad alimentare la rete idrografica.

Analogamente a quanto sviluppato nel calcolo del coefficiente φ_p , per determinare φ_c si è provveduto a definire le aree superficiali in funzione del tipo di copertura, assegnando valori medi probabili del coefficiente φ_c .

L'espressione analitica di φ_c è fornita dalla seguente relazione:

$$\varphi_c = \frac{\sum_{i=1}^k A_i \cdot \varphi_{c_i}}{\sum_{i=1}^k A_i}$$

I valori medi assegnati al coefficiente φ_c in funzione della copertura sono riportati in tabella:

Tipo di Copertura	Coefficiente φ_c
Aree urbane	0,90
Terreni sterili	0,80
Pascoli	0,75
Prati	0,72
Seminativi	0,70
Risaie	0,70
Colture speciali	0,70
Frutteti	0,68
Vigneti	0,68
Boschi	0,65
Ghiacciai	0,00

- Coefficiente φ_c

L'evapotraspirazione è un fenomeno assai importante quando si vuole calcolare il coefficiente di ruscellamento medio annuo di un dato bacino.

Viceversa, esso diventa trascurabile per eventi la cui durata è di poche ore, in modo particolare durante forti temporali, quando la temperatura si abbassa a valori sotto la media del periodo.

Pertanto, essendo quest'ultima situazione del tutto simile al caso in esame, facendo riferimento ai testi consultati, il valore suggerito per il coefficiente è:

$$\varphi_c = 1$$

Sulla scorta di quanto esposto in precedenza nella seguente tabella sono stati individuati i valori parziali nonché il valore del coefficiente di ruscellamento.

<i>Intervento</i>	$\varphi_{A,t}$	φ_i	φ_p	φ_c	φ_e	φ
2	0.98	0.34	0.84	0.70	1.00	0.19
4	0.99	0.33	0.84	0.70	1.00	0.19
5	0.98	0.43	0.88	0.75	1	0.28
15	0.97	0.42	0.88	0.75	1	0.27
21	0.97	0.34	0.84	0.70	1.00	0.19

4.1 RISULTATI OTTENUTI

Determinato il valore del coefficiente di ruscellamento, attraverso la formula razionale si giunge a definire l'entità della portata di dimensionamento la cui frequenza di non superamento è determinata dalla curva di possibilità climatica la cui espressione compare in tale formula per ogni bacino in esame.

I risultati conseguiti sono riassunti nella seguente tabella ove si riepilogano anche i principali parametri determinati nel corso della trattazione.

Le portate di dimensionamento calcolate con la formula razionale sono state arrotondate per eccesso come indicato nella colonna $Q^{(p)}_x$. Le portate di dimensionamento adottate sono quindi:

<i>Intervento</i>	<i>Superficie</i> [km ²]	t_c [h]	φ	Q_{30} [m ³ /s]	Q_{200} [m ³ /s]	$Q^{(p)}_{30}$ [m ³ /s]	$Q^{(p)}_{200}$ [m ³ /s]
2	1.42	8.0	0.19	1.31	1.76	2	2
4	1.70	7.6	0.19	1.62	2.18	2	3
5	22.89	5.1	0.28	42.54	57.04	43	57
15	43.51	9.2	0.27	52.22	70.01	52	70
21	4.11	6.7	0.19	4.23	5.67	5	6

Parte B - RELAZIONE IDRAULICA

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è strutturata in modo tale da consentire l'elaborazione dei dati idrologici ottenuti che nella fattispecie riguardano le portate di calcolo con la presenza degli interventi previsti in progetto per i bacini individuati.

Individuate le dimensioni della sezione media, rappresentativa del tratto di alveo oggetto dell'intervento in progetto, si è proceduto alla costruzione della scala di deflusso. Dalla scala di deflusso calcolata per ciascuna sezione si desume la quota alla quale defluisce la portata per associato tempo di ritorno.

2. VERIFICA DEL COMPORTAMENTO IDRAULICO DELLE SEZIONI TIPO OGGETTO DI INTERVENTO

Nei problemi ingegneristici di dimensionamento e verifica di opere puntuali o di estensione limitata se raffrontate alla lunghezza dell'asta, il moto dell'acqua si considera uniforme. Si ammette cioè che la corrente sia caratterizzata da traiettorie rettilinee e parallele con valori costanti nel tempo e nello spazio di tutte le grandezze caratterizzanti la corrente stessa: altezza idrica, velocità media nella sezione trasversale, portata, distribuzione di pressione nella stessa, ecc...

È questo il caso di un corso d'acqua di tipo unicursale, contraddistinto da una morfologia a "canale" piuttosto trincerata con aree golenali di discrete dimensioni e coincidenti con le aree agricole circostanti, percorso da una portata costante e nel quale siano assenti, o molto distanti, tutte le eventuali possibili cause di perturbazione quali salti di fondo, curve, cambiamenti di sezione, ecc..

Sotto queste ipotesi la pendenza media motrice disponibile im , data dal rapporto tra la differenza di quota Y e la distanza L tra il punto di partenza e quello di arrivo è esattamente eguale alla pendenza piezometrica J che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza:

$$i_m = \frac{Y}{L} = \frac{H_m - H_v}{L} = J$$

La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme. La possibilità di adottare questa pendenza in un intorno del tratto di alveo insistente sul singolo intervento in progetto ovvero l'opportunità di realizzare questo in tratti a pendenza differente, dipende dall'andamento altimetrico del terreno lungo il suo percorso.

Supponendo che il moto sia uniforme ($i_m = J$) e turbolento, caratterizzato cioè da resistenze dovute prevalentemente alla turbolenza e non alla viscosità, la velocità media V è esprimibile dalla formula di Chezy:

$$V(h) = \chi(h) \sqrt{R(h) \cdot i_m}$$

dove $R(h)$ è il raggio idraulico, definito come rapporto tra l'area bagnata ed il perimetro bagnato dalla corrente, h è l'altezza dell'acqua dal fondo e χ un coefficiente di resistenza che può essere espresso con la formula di Gauckler – Strickler

$$\chi(h) = K_s \cdot R(h)^{\frac{1}{6}}$$

dove il parametro K_s , dipendente dalle caratteristiche di scabrezza della superficie bagnata, si trova tabellato nei manuali tecnici.

La portata $Q(h)$ è legata alla velocità media attraverso l'area bagnata $V(h)$ dalla relazione:

$$Q(h) = V(h) \cdot A(h) = \chi(h) \cdot A(h) \cdot \sqrt{R(h) \cdot i_m}$$

L'equazione ora scritta che lega la portata all'altezza d'acqua nella sezione, viene tradizionalmente definita "scala delle portate".

Tramite la scala delle portate, data la forma e le dimensioni della sezione trasversale di alveo di nota scabrezza e pendenza i_m , è possibile quindi determinare il valore di portata Q corrispondente ad un assegnato valore del tirante idrico di moto uniforme.

In funzione delle rilevazioni svolte in loco è stato possibile definire anche il valore medio della scabrezza per l'alveo di magra e le aree golenali.

Per quanto concerne il valore di scabrezza è stato assunto il valore di $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ($n = 0,040$) per il Torrente Marchiazza e di $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ($n = 0,033$) per i Rii minori.

Per un confronto tecnico si rimanda anche a quanto suggerito nella pubblicazione V.T. Chow - Open Channel Hydraulics - Mc Graw – Hill nonché a quanto riportato nella Deliberazione dell’Autorità di Bacino.

2.1.1 Intervento 2

Dall’analisi del tutto oggetto di intervento sono state ricavate le dimensioni della sezione tipo. Si è proceduto alla verifica della sezione tramite una portata di 2 m³/s, portata a cui corrisponde un tempo di ritorno pari a 200 anni, valore peraltro estremamente gravoso.

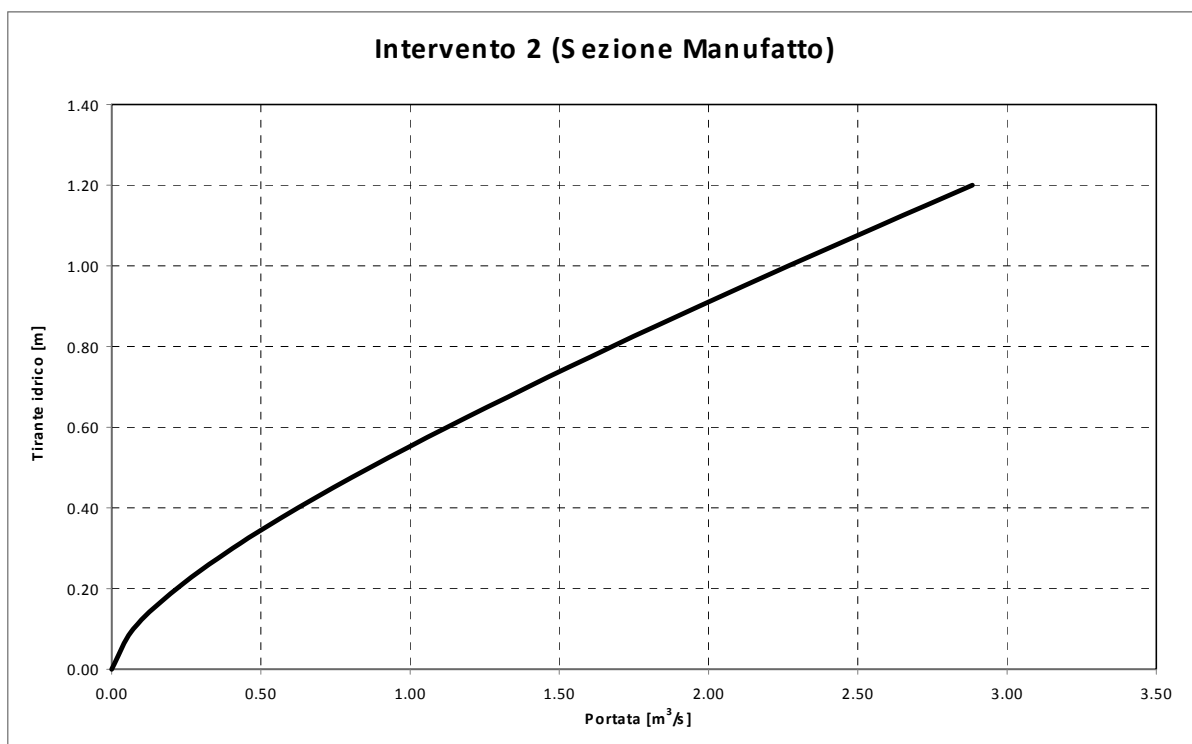
La portata in parola defluisce con un franco pari a circa 30 cm.

Di seguito si riportano la scala di deflusso in forma grafica e tabulare della sezione, posizionata lungo l’intervento, considerata significativa.

La pendenza media in questo tratto risulta essere pari al 3,0 ‰, mentre la scabrezza stimata è uguale a 77 m^{1/3}/s.

Intervento 2 (Sezione Manufatto)

h Tirante idrico [m]	P Perimetro bagnato [m]	A Area sezione [m ²]	R Raggio idraulico sezione [m]	C Indice di resistenza sezione [l]	Q Portata totale sezione [m ³ /s]
0	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	2.20	0.12	0.05	47.42	0.07
0.2	2.40	0.24	0.10	52.46	0.22
0.3	2.60	0.36	0.14	55.38	0.41
0.4	2.80	0.48	0.17	57.39	0.62
0.5	3.00	0.60	0.20	58.88	0.87
0.6	3.20	0.72	0.23	60.05	1.12
0.7	3.40	0.84	0.25	60.99	1.39
0.8	3.60	0.96	0.27	61.78	1.68
0.9	3.80	1.08	0.28	62.44	1.97
1	4.00	1.20	0.30	63.00	2.27
1.1	4.20	1.32	0.31	63.49	2.57
1.2	4.40	1.44	0.33	63.92	2.88



2.1.2 Intervento 4

Dall'analisi del tutto oggetto di intervento sono state ricavate le dimensioni della sezione tipo. Si è proceduto alla verifica della sezione tramite una portata di 3 m³/s, portata a cui corrisponde un tempo di ritorno pari a 200 anni, valore peraltro estremamente gravoso.

La portata in parola defluisce con un franco pari a circa 75 cm.

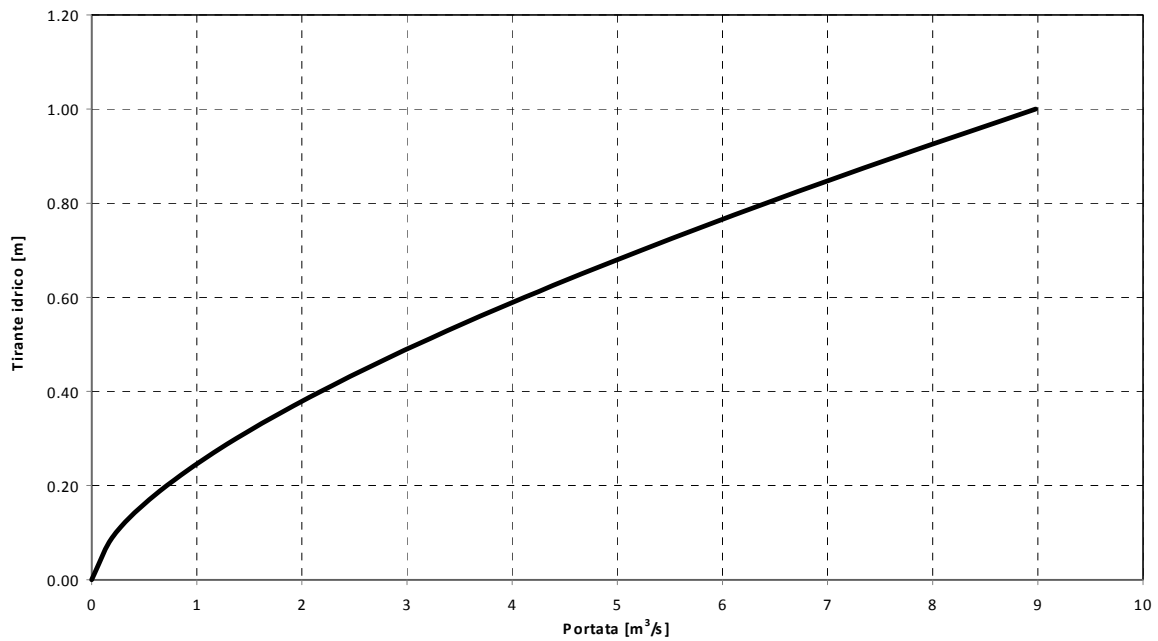
Di seguito si riportata la scala di deflusso in forma grafica e tabulare della sezione, posizionata lungo l'intervento, considerata significativa.

La pendenza media in questo tratto risulta essere pari al 0,6 ‰, mentre la scabrezza stimata è uguale a 77 m^{1/3}/s.

Intervento 4 (Sezione Manufatto)

h Tirante idrico [m]	P Perimetro bagnato [m]	A Area sezione [m ²]	R Raggio idraulico sezione [m]	C Indice di resistenza sezione [l]	Q Portata totale sezione [m ³ /s]
0	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	6.00	0.58	0.10	52.16	0.23
0.2	6.20	1.16	0.19	58.23	0.72
0.3	6.40	1.74	0.27	61.98	1.38
0.4	6.60	2.32	0.35	64.69	2.18
0.5	6.80	2.90	0.43	66.80	3.10
0.6	7.00	3.48	0.50	68.53	4.12
0.7	7.20	4.06	0.56	69.99	5.23
0.8	7.40	4.64	0.63	71.24	6.41
0.9	7.60	5.22	0.69	72.33	7.66
1	7.80	5.80	0.74	73.29	8.98

Intervento 4 (S sezione Manufatto)



2.1.3 Intervento 5

Dall'analisi del tutto oggetto di intervento sono state ricavate le dimensioni della sezione tipo. Si è proceduto alla verifica della sezione tramite una portata di $57 \text{ m}^3/\text{s}$, portata a cui corrisponde un tempo di ritorno pari a 200 anni, valore peraltro estremamente gravoso.

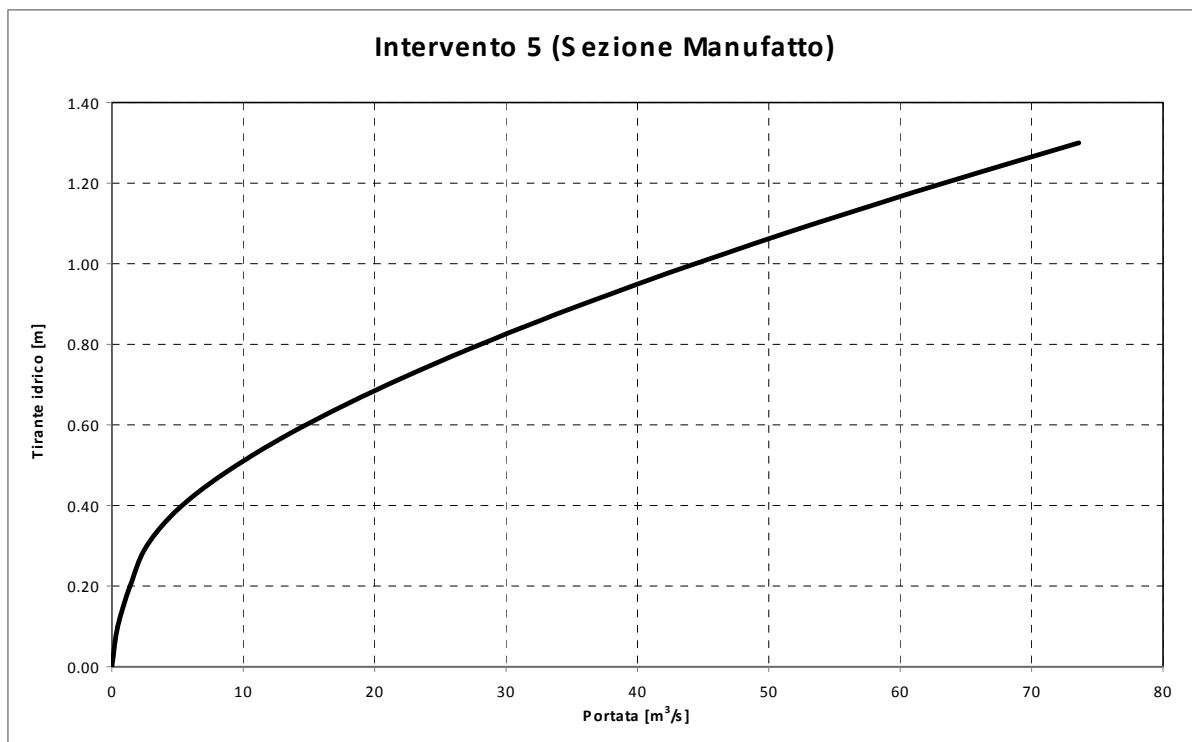
La portata in parola defluisce con un franco pari a circa 20 cm.

Di seguito si riportano la scala di deflusso in forma grafica e tabulare della sezione, posizionata lungo l'intervento, considerata significativa.

La pendenza media in questo tratto risulta essere pari al 5,0 ‰, mentre la scabrezza stimata è uguale a $77 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Intervento 5 (Sezione Manufatto)

h Tirante idrico [m]	P Perimetro bagnato [m]	A Area sezione [m ²]	R Raggio idraulico sezione [m]	C Indice di resistenza sezione [l]	Q Portata totale sezione [m ³ /s]
0	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	4.20	0.40	0.10	52.03	0.45
0.2	4.40	0.80	0.18	57.96	1.40
0.3	4.60	1.20	0.26	61.55	2.67
0.4	13.80	2.50	0.45	116.84	5.35
0.5	14.00	3.80	0.63	125.48	9.51
0.6	14.20	5.10	0.80	131.41	14.78
0.7	14.40	6.40	0.98	136.05	21.00
0.8	14.60	7.70	1.15	139.89	28.07
0.9	14.80	9.00	1.31	143.17	35.89
1	15.00	10.30	1.48	146.06	44.40
1.1	15.20	11.60	1.64	148.62	53.55
1.2	15.40	12.90	1.79	150.94	63.29
1.3	15.60	14.20	1.95	153.06	73.59



2.1.4 Intervento 15

Dall'analisi del tutto oggetto di intervento sono state ricavate le dimensioni della sezione tipo. Si è proceduto alla verifica della sezione tramite una portata di 70 m³/s, portata a cui corrisponde un tempo di ritorno pari a 200 anni, valore peraltro estremamente gravoso.

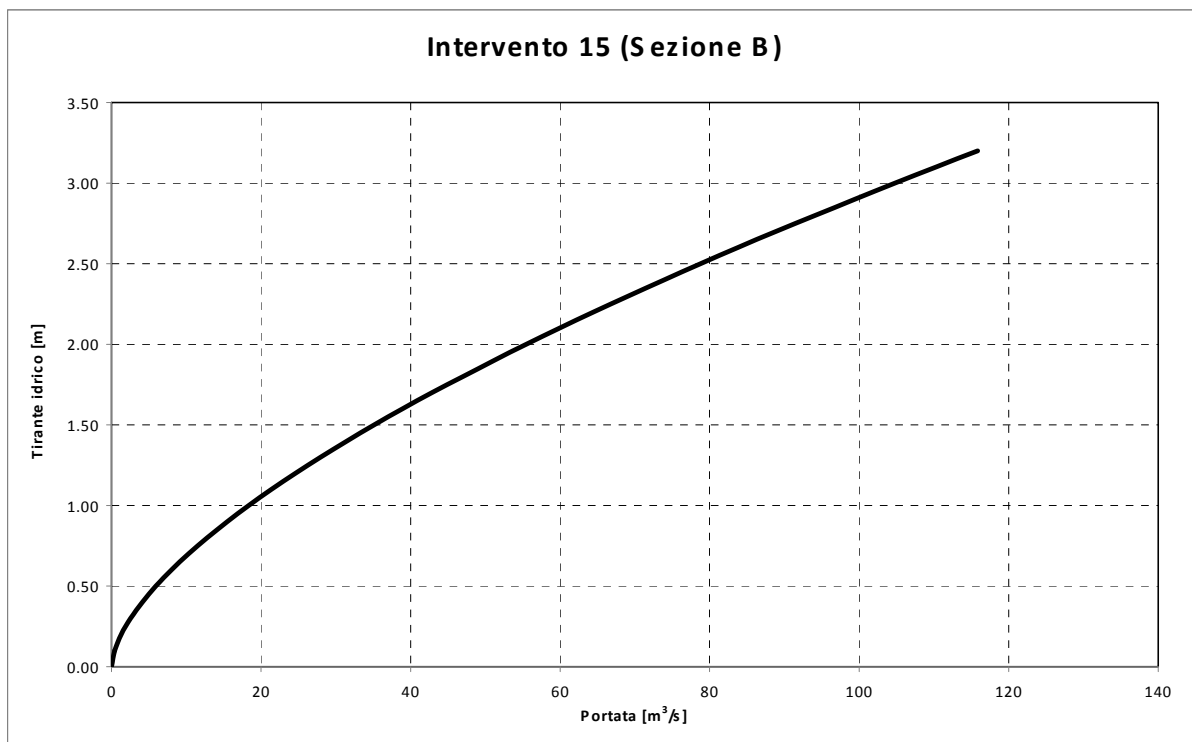
La portata in parola defluisce con un franco pari a circa 90 cm.

Di seguito si riportata la scala di deflusso in forma grafica e tabulare della sezione, posizionata lungo l'intervento, considerata significativa.

La pendenza media in questo tratto risulta essere pari al 3,6 ‰, mentre la scabrezza stimata è uguale a 25 m^{1/3}/s.

Intervento 15 (Sezione B)

h Tirante idrico [m]	P Perimetro bagnato [m]	A Area sezione [m ²]	R Raggio idraulico sezione [m]	C Indice di resistenza sezione [l]	Q Portata totale sezione [m ³ /s]
0	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	13.21	1.30	0.10	16.99	0.42
0.2	13.42	2.61	0.19	19.03	1.32
0.3	13.63	3.93	0.29	20.32	2.57
0.4	13.84	5.25	0.38	21.27	4.13
0.5	14.05	6.58	0.47	22.03	5.95
0.6	14.25	7.91	0.55	22.66	8.01
0.7	14.46	9.25	0.64	23.20	10.30
0.8	14.67	10.59	0.72	23.68	12.79
0.9	14.88	11.95	0.80	24.10	15.48
1	15.09	13.30	0.88	24.48	18.35
1.1	15.30	14.67	0.96	24.82	21.39
1.2	15.51	16.04	1.03	25.14	24.60
1.3	15.72	17.41	1.11	25.43	27.96
1.4	15.93	18.79	1.18	25.70	31.48
1.5	16.14	20.18	1.25	25.95	35.14
1.6	16.34	21.58	1.32	26.18	38.95
1.7	16.55	22.98	1.39	26.40	42.89
1.8	16.76	24.38	1.45	26.61	46.95
1.9	16.97	25.79	1.52	26.81	51.15
2	17.18	27.21	1.58	26.99	55.47
2.1	17.39	28.64	1.65	27.17	59.90
2.2	17.60	30.07	1.71	27.33	64.46
2.3	17.81	31.50	1.77	27.49	69.13
2.4	18.02	32.95	1.83	27.65	73.90
2.5	18.23	34.40	1.89	27.79	78.79
2.6	18.43	35.85	1.94	27.93	83.78
2.7	18.64	37.31	2.00	28.06	88.88
2.8	18.85	38.78	2.06	28.19	94.08
2.9	19.06	40.25	2.11	28.32	99.37
3	19.27	41.73	2.17	28.44	104.77
3.1	19.48	43.21	2.22	28.55	110.26
3.2	19.69	44.71	2.27	28.66	115.85



2.1.5 Intervento 21

Dall'analisi del tutto oggetto di intervento sono state ricavate le dimensioni della sezione tipo. Si è proceduto alla verifica della sezione tramite una portata di $6 \text{ m}^3/\text{s}$, portata a cui corrisponde un tempo di ritorno pari a 200 anni, valore peraltro estremamente gravoso.

La portata in parola defluisce con un franco pari a circa 50 cm.

Di seguito si riportata la scala di deflusso in forma grafica e tabulare della sezione, posizionata lungo l'intervento, considerata significativa.

La pendenza media in questo tratto risulta essere pari al 1,5 ‰, mentre la scabrezza stimata è uguale a $77 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Intervento 21 (Sezione Manufatto)

h Tirante idrico [m]	P Perimetro bagnato [m]	A Area sezione [m ²]	R Raggio idraulico sezione [m]	C Indice di resistenza sezione [l]	Q Portata totale sezione [m ³ /s]
0	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	2.20	0.20	0.09	51.63	0.12
0.2	2.40	0.40	0.17	57.12	0.36
0.3	2.60	0.60	0.23	60.31	0.67
0.4	6.00	1.12	0.40	115.20	1.28
0.5	6.20	1.64	0.56	123.40	2.18
0.6	6.40	2.16	0.71	128.91	3.28
0.7	6.60	2.68	0.86	133.13	4.55
0.8	6.80	3.20	1.00	136.57	5.96
0.9	7.00	3.72	1.13	139.48	7.49
1	7.20	4.24	1.26	142.00	9.14
1.1	7.40	4.76	1.38	144.23	10.89
1.2	7.60	5.28	1.50	146.22	12.73
1.3	7.80	5.80	1.62	148.01	14.66

Intervento 21 (Sezione Manufatto)

