



COMUNE DI VILLA D'ALMÈ  
PROVINCIA DI BERGAMO

**PROGETTO DEFINITIVO PER LAVORI DI  
SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE E  
PREVENZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO,  
REGIMAZIONE DEL CORSO D'ACQUA E  
SMALTIMENTO IN CORPO IDRICO DELLE ACQUE  
SUPERFICIALI IN LOCALITÀ CAMPANA**

CUP F98H18000000001 - CIG 86859890E1

**PROGETTO DEFINITIVO**

*RELAZIONE TECNICA IDRAULICA*



SAI Progetti s.r.l.  
Servizi per l'Architettura e l'Ingegneria

Via Baioni, 5  
24123 – Bergamo  
tel. 035234096 fax. 0354122567  
email: [info@saiprogetti.net](mailto:info@saiprogetti.net)  
[www.saiprogetti.net](http://www.saiprogetti.net)



## Sommario

<b><i>RICHIAMI AL PROGETTO</i></b> .....	<b>4</b>
1. <b>PREMESSA E RICHIAMI AL PROGETTO</b> .....	4
<b><i>RELAZIONE TECNICA IDRAULICA</i></b> .....	<b>9</b>
2. <b>CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA DI PIENA</b> .....	9
2.1. <b>Calcolo portata di massima piena con tempi di ritorno T=5, 10, 50, 100, 200 anni</b> .....	9
3. <b>VERIFICHE IDRAULICHE</b> .....	17
3.1. <b>Verifica idraulica tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm</b> .....	17
3.2. <b>Verifica idraulica tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm</b> .....	19
3.3. <b>Verifica canale rettangolare a pelo libero con fondo e pareti laterali realizzate in pietra locale, larghezza 700 mm</b> .....	23
3.4. <b>Verifica canale trapezoidale a pelo libero con fondo costituito da materassi metallici e pietrame, larghezza base 700 mm</b> .....	25
3.5. <b>Dimensionamento manufatto di derivazione</b> .....	27
3.6. <b>Dimensionamento gaveta rettangolare di derivazione</b> .....	27
3.7. <b>Dimensionamento gaveta trapezia di scarico della briglia nel caso di eventi valutati con riferimento ad un tempo di ritorno T=200 anni</b> .....	28
3.8. <b>Profilo trasversale del manufatto di derivazione</b> .....	29
<b><i>VERIFICA COMPATIBILITÀ IMMISSIONE DEL RETICOLO MINORE NEL TORRENTE GIONGO</i></b> .....	<b>30</b>
4. <b>CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA DI PIENA TORRENTE GIONGO</b> .....	30
4.1. <b>Calcolo portata di massima piena con tempo di ritorno T=100 anni</b> .....	30
5. <b>VERIFICA COMPATIBILITÀ IMMISSIONE DEL RETICOLO MINORE NEL TORRENTE GIONGO</b> .....	32
5.1. <b>Verifica compatibilità immissione del reticolo minore nel Torrente Giongo</b> .....	32
<b><i>CONCLUSIONI</i></b> .....	<b>36</b>
6. <b>CONCLUSIONI</b> .....	36

## ***RICHIAMI AL PROGETTO***

### ***1. PREMESSA E RICHIAMI AL PROGETTO***

La presente relazione tecnica idraulica è prodotta a supporto del “PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVA FOGNATURA PER LA RACCOLTA E SMALTIMENTO IN CORPO IDRICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI IN LOCALITÀ CAMPANA”.

Il progetto, che segue uno studio di fattibilità nel quale sono state comparate diverse ipotesi di intervento alternative, è stato concepito allo scopo di individuare i presidi atti a garantire la protezione delle abitazioni di via Campana dalle tracimazioni delle acque del torrente, appartenente al reticolo idrico minore, che discende dal versante nord del Monte Bastia per confluire nel torrente Giongo (reticolo idrico principale), sempre in territorio del comune di Villa d'Almè.

L'area oggetto delle valutazioni effettuate e delle elaborazioni prodotte si colloca sul territorio del comune di Villa d'Almè (BG), a monte dell'abitato di località Campana (cfr. Figura).



**Figura 1.** *Inquadramento territoriale area oggetto dell'intervento di realizzazione nuova fognatura per la raccolta e smaltimento in corpo idrico delle acque superficiali in località Campana.*

Gli studi idraulici e gli approfondimenti tecnici sono stati condotti su incarico dell'Amministrazione Comunale a seguito del ripetersi di sempre più frequenti fenomeni di esondazione del torrente nei quali il deflusso idrico tracima e scorre erodendo i terreni contigui all'alveo, tendendo a riappropriarsi dei vecchi percorsi naturali e creando seri problemi al centro abitato di località Campana.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati per meglio comprendere le dinamiche del dissesto, è emerso che nel tempo il tratto terminale del corso d'acqua ha assunto un andamento diverso da quello indicato nella planimetria di cui alla “Carta idrografica con elementi di idrologia” allegata al PGT del Comune di Villa d'Almè, arrivando a confondersi con il pendio e deviando pericolosamente verso le abitazioni piuttosto che confluire verso l'originario recapito nel torrente Giongo.

Recentemente sull'asta del torrente è stata realizzata una briglia in pietrame che limita i fenomeni di trasporto solido, contenendo solo parzialmente le problematiche che poi si verificano a valle della medesima.

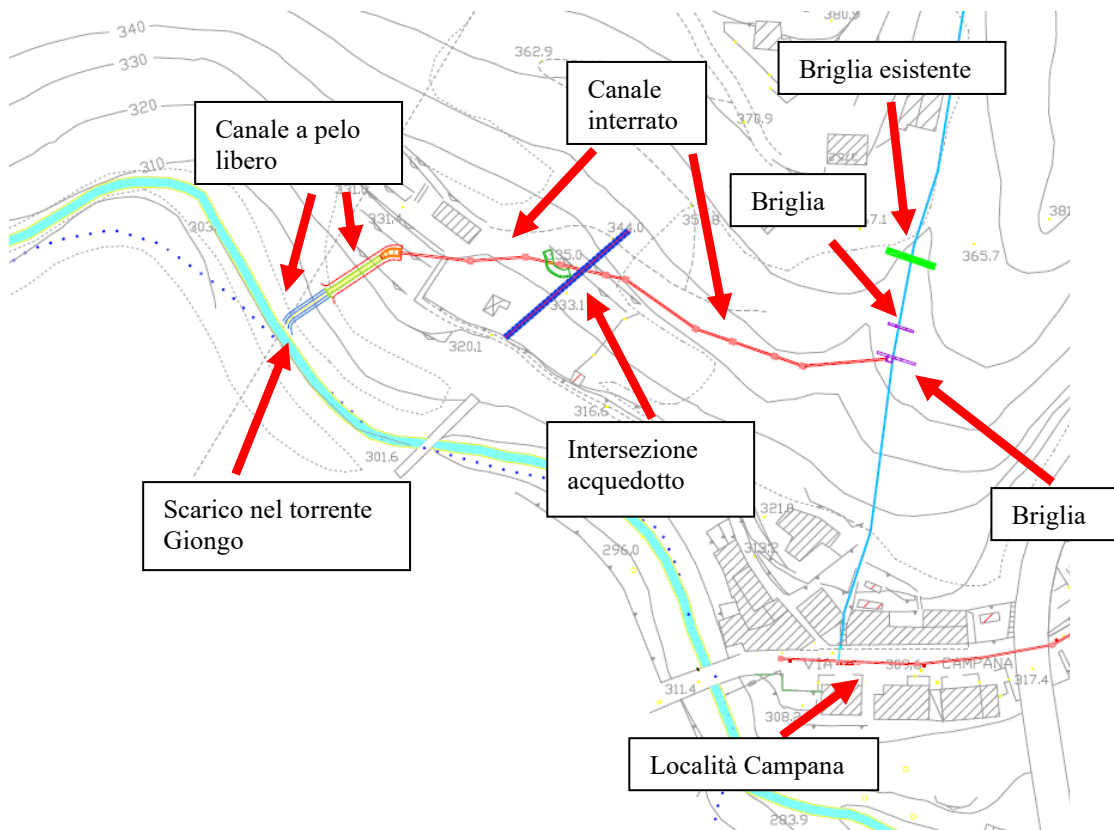
Su via Campana, dunque, durante le intense piogge temporalesche, si riversa gran parte della portata del torrente, convogliata sulla piattaforma stradale dalla scaletta che sale verso il bosco tra le case dell'abitato.

A seguito di una serie di incontri e sopralluoghi tenutisi alla presenza di rappresentanti dell'Amministrazione Comunale e funzionari dell'Ufficio Tecnico, è stata sviluppato il seguente progetto.

Secondo questa soluzione le acque di piena verranno intercettate a monte dell'abitato, a quota 353,00 m s.l.m., mediante la costruzione di una nuova briglia e di una vasca di raccolta e derivazione posta a circa 31 m a valle della briglia esistente.

Le portate intercettate, mediante un canale interrato di lunghezza pari a circa 150 m con tubo in polietilene spiralato, verranno poi trasferite a quota 325,00 m, a valle della costruzione esistente. Da qui mediante manufatto idraulico di raccordo saranno convogliate al recapito nel torrente Giongo attraverso un canale a cielo aperto realizzato parzialmente in pietra locale (in un primo tratto di circa 25 m) e parzialmente costituito da materassi metallici e pietrame (tratto finale di circa 15 m).

Quest'ultima soluzione è stata quella ritenuta maggiormente efficace ed adeguata a risolvere le problematiche in essere, e a partire da essa si è proceduto allo sviluppo della versione DEFINITIVA del progetto, a cui si riferisce il presente documento.



**Figura 2.** Rappresentazione schematica degli interventi individuati dal progetto preliminare.

Al fine di rallentare la corrente e contenere i materiali trasportati a valle dal flusso, nel caso si verificano importanti fenomeni di trasporto solido, si prevede la formazione di un ulteriore briglia (indicata nel seguito come briglia B) posta circa 9 m a monte del manufatto di raccolta e derivazione.

È previsto che le portate affluenti alla vasca transitino attraverso un dispositivo di derivazione per immettersi nel canale concepito per trasferirle al recapito.

Il tempo di ritorno T scelto come riferimento per il dimensionamento del nuovo canale di scarico è pari a 100 anni.

Per eventi di maggior intensità e minor frequenza, si prevede che parte delle portate non vengano intercettate dalla nuova condotta, ma lasciate defluire lungo l'attuale percorso. Il manufatto di derivazione è stato dunque concepito per regolare il valore massimo delle portate in ingresso alla nuova linea, di modo da scongiurare il rischio di eventuali, indesiderati, sovraccarichi della medesima.

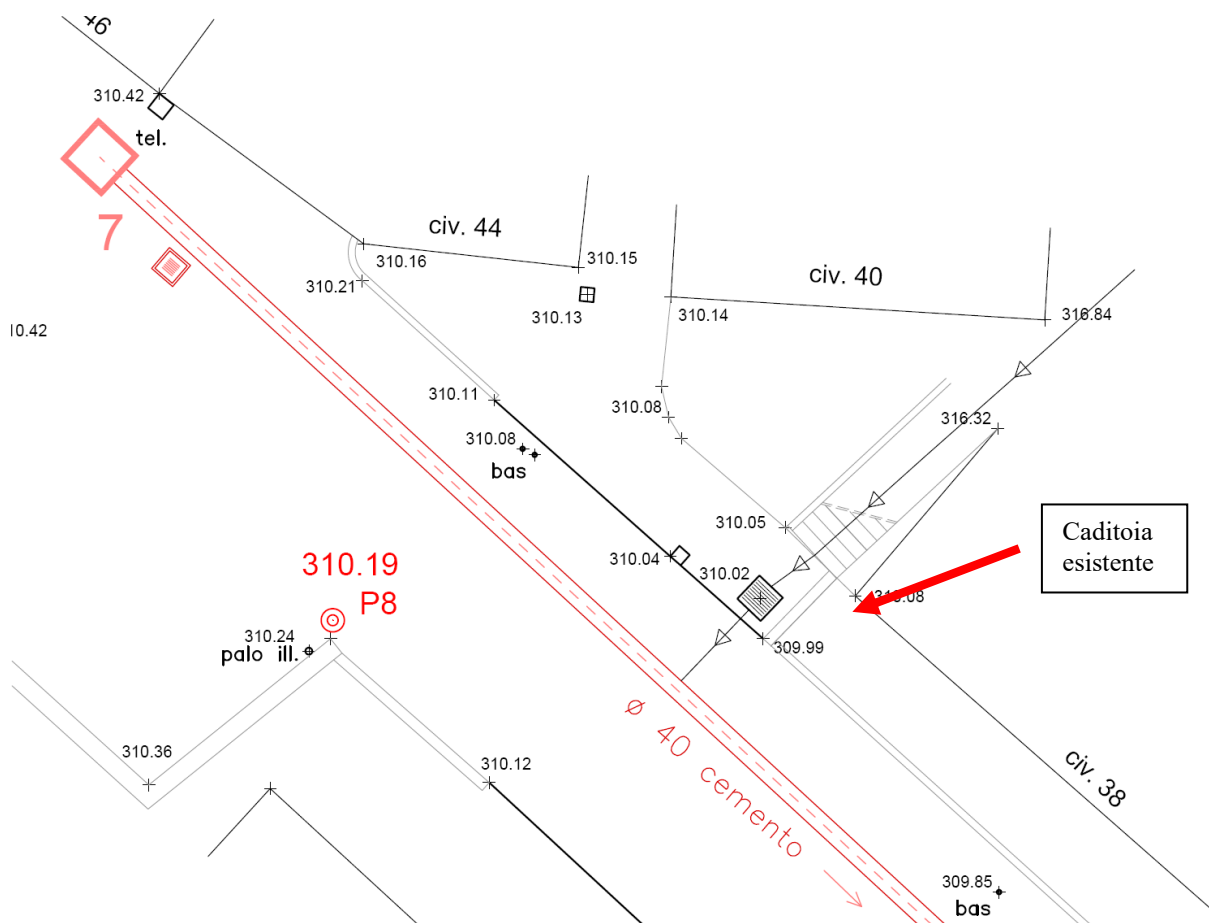
Il dimensionamento della gaveta di derivazione è stato sviluppato considerando i seguenti valori di portata:

- portata piena di progetto (selezionata dalla gaveta di derivazione e trasferita al canale di nuova formazione):  $Q_p(T100) = 913,44 \text{ l/s}$ ;
- portata massima attesa con riferimento ad un tempo di ritorno  $T=200$  anni:  $Q_p(T200) = 1.002,76 \text{ l/s}$ ;
- portata immessa lungo l'attuale percorso nel caso di eventi valutati con riferimento ad un tempo di ritorno  $T=200$  anni:  $\Delta Q_p(T200) = 1.022,76 \text{ l/s} - 913,44 \text{ l/s} = 109,32 \text{ l/s}$ .

Per eventi con tempo di ritorno superiore a 100 anni dunque una frazione delle portate intercettate (pari a 109,32 l/s per eventi con  $T=200$  anni) continuerà a fluire lungo l'alveo esistente, per essere raccolta dalla caditoia posta a valle della scalinata collocata all'altezza del civico 40 e trasferita alla rete fognaria comunale.

In questo tratto il collettore è costituito da tubazione in calcestruzzo con diametro interno pari a 400 mm e pendenza media del 2 % ( $Q_{max} = 436,25 \text{ l/s}$  con grado di riempimento del 95%). La rete esistente converge più a valle in un dispositivo sfioratore dimensionato per selezionare le portate meteoriche e scaricarle nel fiume Brembo.

Nel corso degli approfondimenti condotti sono state raccolte testimonianze relative all'immissione sulla piattaforma stradale del ponte che attraversa il torrente Giongo, in corrispondenza di eventi particolarmente intensi, di portate parassite provenienti dai pendii situati sulla destra orografica del corpo idrico. Tali acque raggiungono in questi episodi via Campana creando ulteriori problemi alla rete esistente, che in origine non è stata concepita per accoglierle. Si sottolinea come per risolvere le anomalie riscontrate non si possa prescindere dall'affrontare questa anomalia, eventualmente coordinandosi con il vicino comune di Sedrina, sul cui territorio ha origine il fenomeno.



**Figura 3.** Schema fognario con evidenza della caditoia esistente posta all'altezza del civico 40 e collegata alla rete fognaria comunale.

Da quota 353,00 m s.l.m. a quota 325,00 m s.l.m. si ipotizza la realizzazione di un canale interrato di lunghezza complessiva pari a circa 150 m costituito da:

- tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, per condotte di scarico interrate non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm;
- tubo corrugato in polietilene ad alta densità *SLOW MOTION* per condotte di scarico interrate non in pressione, prodotto in conformità alla norma EN 13476-3 eccetto la "ridotta scabrezza", corrugato sia internamente che esternamente, concepito per l'impiego in fognature interrate non in pressione che necessitano di un maggiore effetto di limitazione della velocità di scorrimento dei fluidi in condotta, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm.

L'estensione dell'utilizzo di tubazioni del tipo SLOW MOTION, corrugate internamente, è prevista per i tratti di condotta ove la pendenza risulta tale da generare valori di velocità del flusso eccessivamente elevati.

È previsto che la tratta interrata del canale sia dotata di idonei pozzetti di ispezione, collocati in corrispondenza dei salti di fondo e comunque in modo tale da garantire sempre distanze inferiori a 25 m tra due manufatti consecutivi.

Il progetto prevede che, a valle della costruzione esistente posta a quota 331,00 m s.l.m., le acque vengano trasferite al recapito (quota 302,00 m s.l.m.) transitando prima attraverso un manufatto idraulico di raccordo e successivamente scorrendo all'interno di un canale a cielo aperto. Si ipotizza in questa sede che il canale sia realizzato adottando due sezioni tipologicamente distinte:

- per il primo tratto, di lunghezza pari a circa 25 m, si opta per una sezione rettangolare, con fondo e pareti laterali realizzate in pietra;
- per il secondo tratto, di lunghezza pari a circa 25 m, si opta per una sezione trapezoidale, con fondo costituito da materassi metallici e pietrame e pareti formate mediante la stesura e l'ancoraggio al substrato di materiale arido rinvenuto in loco, trattenuto grazie all'impiego di geogriglie tridimensionali (tipo Fortrac 3D-60) e rivestito da strato di terreno vegetale naturale.

Particolare attenzione è stata posta all'inserimento ambientale delle opere oltre che alla loro efficacia e durabilità.

A seguito di accurati rilievi sono state studiate le soluzioni ritenute più idonee a risolvere le interferenze delle opere a progetto con le infrastrutture esistenti.

Tra queste si segnala l'intersezione presso quota 338,00 m s.l.m. tra la nuova condotta e la dorsale acquedottistica esistente, costituita da n° 2 tubi affiancati in ghisa D450 mm interrati mediamente a una profondità pari a 80-90 cm, valutati a partire dall'estradosso. Al fine di contenere i rischi legati all'esecuzione di delicate operazioni di scavo in prossimità dell'infrastruttura acquedottistica di importanza sovra comunale, si è optato per una soluzione che prevede il passaggio della nuova tubazione in polietilene ad una quota superiore rispetto a quelle esistenti in ghisa, inserendo poi un salto di quota immediatamente a valle dell'attraversamento. Per un migliore inserimento ambientale di quello che potrebbe risultare uno dei punti maggiormente critici del tracciato della condotta, si prevede la realizzazione di una struttura di sostegno del terreno rimodellato in prossimità del salto di quota, eseguita con la tecnica della palificata doppia viva.

Si sottolinea per concludere che gli interventi sopra descritti, sviluppati a livello di progettazione DEFINITIVA, hanno comportato un approfondimento di indagine riguardante la componente geologica, con particolare riferimento allo studio della portata di eventuali fenomeni di trasporto solido (vedi Relazione Geologica allegata). Questo al fine di verificare in modo analitico il dimensionamento delle opere di trattenuta in grado di esercitare un controllo selettivo sul trasporto solido e sul materiale fluitato in concomitanza degli eventi di piena più gravosi.

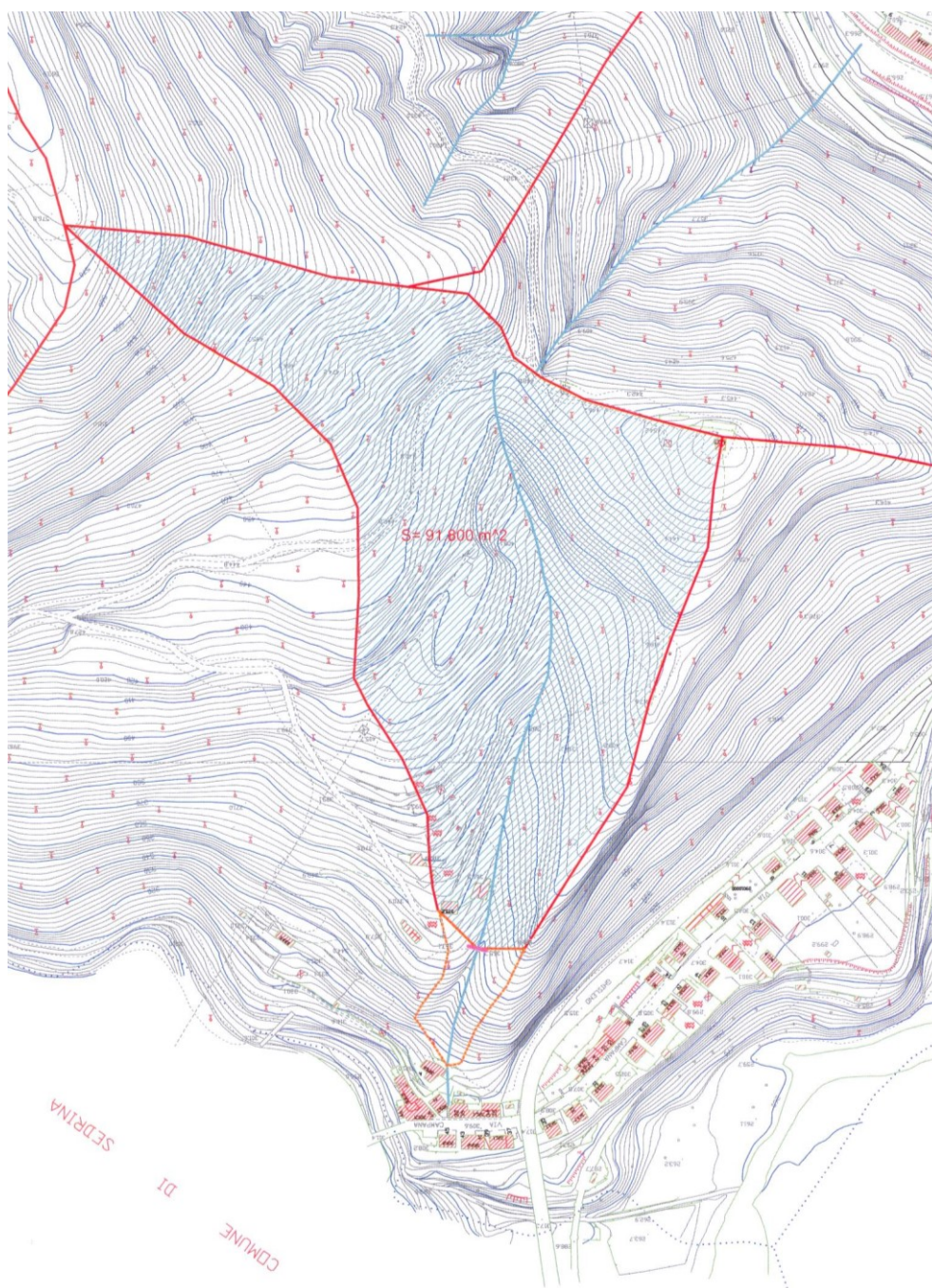
Per una migliore e più esaustiva comprensione del presente progetto si rimanda agli allegati elaborati grafici.

## **RELAZIONE TECNICA IDRAULICA**

### **2. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA DI PIENA**

#### **2.1. Calcolo portata di massima piena con tempi di ritorno $T=5, 10, 50, 100, 200$ anni**

Nella figura seguente è rappresentata la corografia del bacino sotteso dalla sezione di chiusura in corrispondenza delle opere di raccolta e derivazione delle acque.



**Figura 4.** Corografia del bacino sotteso dalla sezione di chiusura.

Per il calcolo delle portate di piena circolanti nel torrente si è fatto riferimento a tempi di ritorno pari rispettivamente a 5, 10, 50, 100 e 200 anni.

Il calcolo di  $Q_p$  è stato effettuato utilizzando il programma Urbis<sup>1</sup> con i seguenti dati in ingresso:

- la superficie  $S_b$  del bacino idrografico del torrente, che può essere calcolata utilizzando le carte topografiche, e pari a 91.890 m<sup>2</sup>;
- il tempo di corrivazione  $T_c$  del bacino, calcolato utilizzando la formula di Giandotti, che vale:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S_b} + 1,5 \cdot L_a}{0,8 \cdot \sqrt{h}}$$

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{0,0918} + 1,5 \cdot 0,677}{0,8 \cdot \sqrt{75,4}} = 0,321 \text{ [ore]}$$

$$T_c = 0,321 \text{ [ore]}$$

dove  $S_b$  è la superficie del bacino (0,0918 km<sup>2</sup>),  $L_a$  è la lunghezza (0,677 km) dell'asta principale e  $h$  è l'altitudine media (75,4 m s.l.m.) del bacino rispetto alla sezione di chiusura.

Nel caso in esame  $T_c$  risulta pari a 0,32 ore.

#### Tempo di corrivazione

$$T \text{ [ore]} = (4 \cdot S^{0,5} + 1,5 \cdot L) / (0,8 \cdot y^{0,5})$$

S	91890	0,092	km <sup>2</sup>
L	705	0,705	km
H <sub>med</sub>		435,398	m
H <sub>min</sub>		360,000	m
y	H <sub>med</sub> -H <sub>min</sub>	75,398	m
T	0,327	19,61	minuti

**Tabella 1.** Calcolo del tempo di corrivazione del bacino.

I dati di pioggia con durata oraria o pluri-oraria sono diffusi e disponibili anche in rete; essi permettono di valutare le curve di possibilità pluviometrica con differenti tempi di ritorno. Questi dati si possono calcolare da specifici file dell'Autorità di Bacino del Po (AdBPo) utilizzati per determinare la pioggia critica per la portata di piena di fiumi e torrenti. Si possono ottenere dal sito ARPA di Regione Lombardia perché generalmente forniscono valori più conservativi rispetto a quelli dell'AdBPo.

Sul sito regionale di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>) è disponibile un apposito servizio che permette di visualizzare e/o scaricare ed utilizzare i dati delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (periodo 1997-2011). Anche i dati che si ricavano da ARPA Lombardia al momento sono ritenuti molto affidabili; essi permettono, mediante la determinazione di alcuni parametri caratteristici definiti da un apposito studio regionale con elaborazione statistica GEV, la definizione delle curve di possibilità pluviometrica con diversi tempi di ritorno e di determinare la quantità di pioggia specifica per periodi di ritorno compresi tra 5 e 500 anni e per piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore.

<sup>1</sup> Copyright: Centro Studi Idraulica Urbana (CSDU) 2003 c/o Politecnico di Milano, DIAR

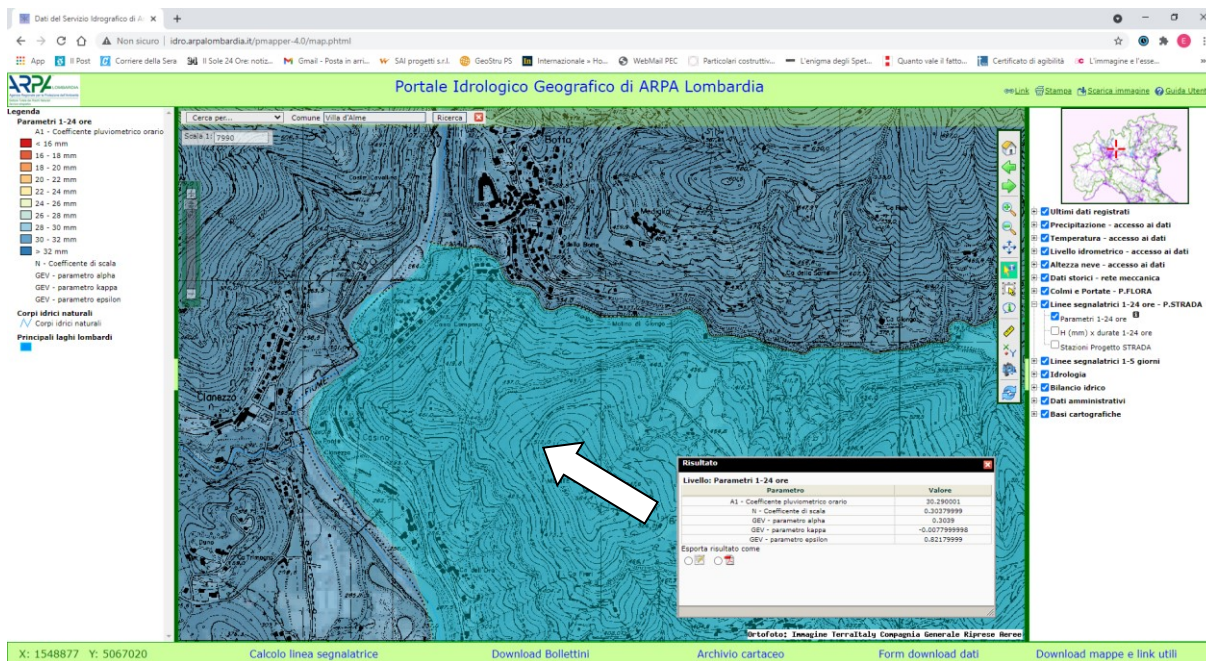


Figura 5. Inquadramento dal Portale Idrologico di ARPA Lombardia.

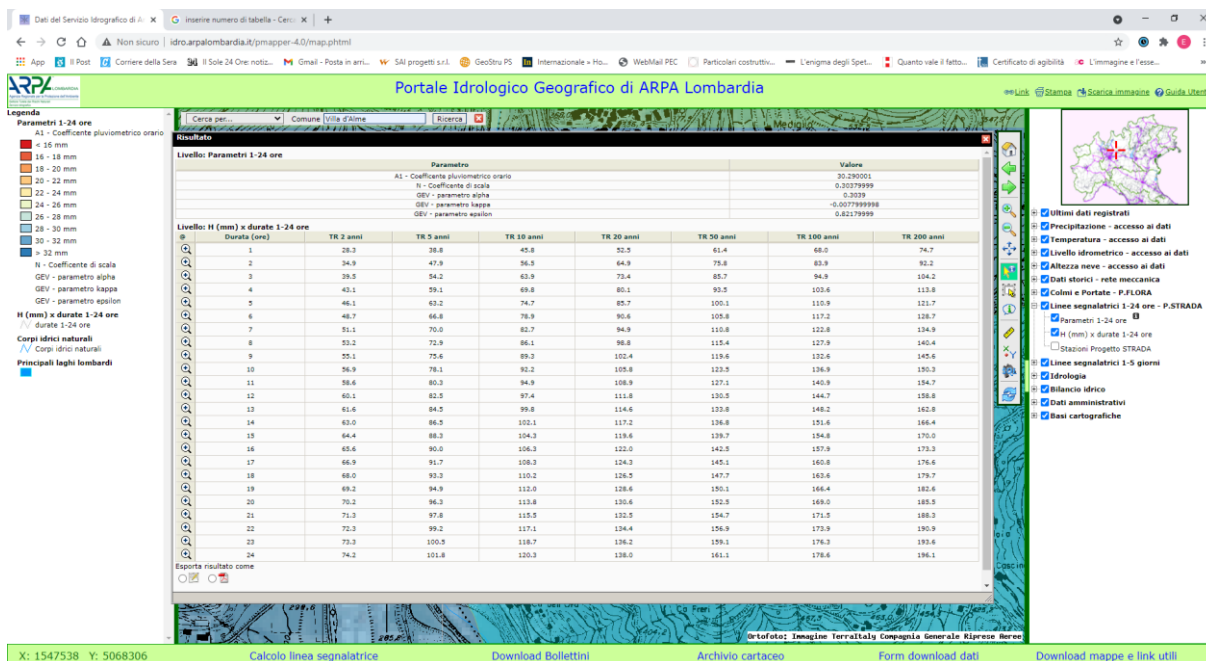


Figura 6. Parametri dal Portale Idrologico di ARPA Lombardia.

## Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: .....

Coordinate: .....

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario   
N - Coefficiente di scala   
GEV - parametro alpha   
GEV - parametro kappa   
GEV - parametro epsilon

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]   
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

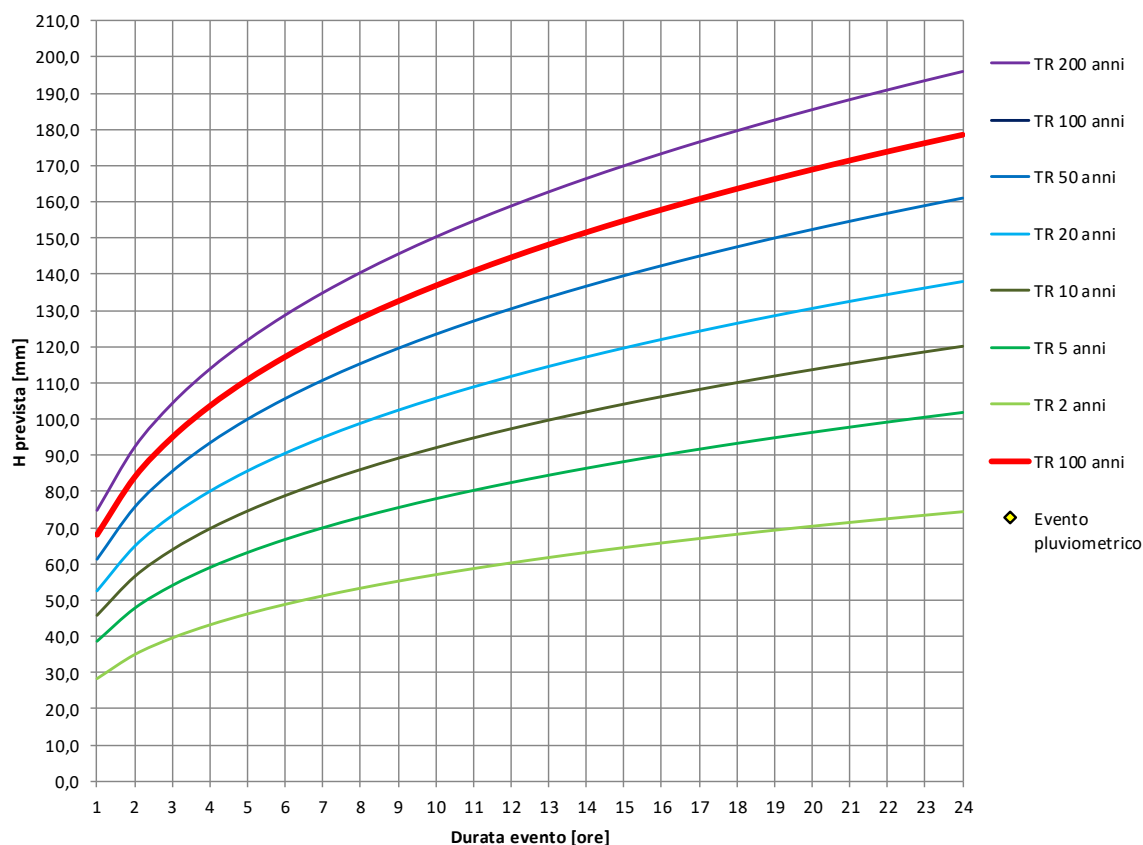
[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf)

### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,93334	1,28031	1,51172	1,73498	2,02583	2,24517	2,46490	2,24516869
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	28,3	38,8	45,8	52,6	61,4	68,0	74,7	68,006162
2	34,9	47,9	56,5	64,9	75,7	83,9	92,2	83,9462259
3	39,5	54,1	63,9	73,4	85,7	95,0	104,2	94,9505967
4	43,1	59,1	69,8	80,1	93,5	103,6	113,8	103,622505
5	46,1	63,2	74,7	85,7	100,1	110,9	121,7	110,890756
6	48,7	66,8	78,9	90,6	105,8	117,2	128,7	117,206206
7	51,1	70,0	82,7	94,9	110,8	122,8	134,8	122,825642
8	53,2	72,9	86,1	98,8	115,4	127,9	140,4	127,910735
9	55,1	75,6	89,3	102,4	119,6	132,6	145,5	132,570572
10	56,9	78,1	92,2	105,8	123,5	136,9	150,3	136,882603
11	58,6	80,4	94,9	108,9	127,1	140,9	154,7	140,90401
12	60,1	82,5	97,4	111,8	130,5	144,7	158,8	144,67834
13	61,6	84,5	99,8	114,6	133,8	148,2	162,7	148,239604
14	63,0	86,5	102,1	117,2	136,8	151,6	166,5	151,614924
15	64,4	88,3	104,2	119,6	139,7	154,8	170,0	154,826315
16	65,6	90,0	106,3	122,0	142,5	157,9	173,3	157,891919
17	66,9	91,7	108,3	124,3	145,1	160,8	176,6	160,82688
18	68,0	93,3	110,2	126,5	147,7	163,6	179,7	163,643983
19	69,2	94,9	112,0	128,6	150,1	166,4	182,6	166,354134
20	70,2	96,4	113,8	130,6	152,5	169,0	185,5	168,966717
21	71,3	97,8	115,5	132,5	154,7	171,5	188,3	171,489871
22	72,3	99,2	117,1	134,4	156,9	173,9	191,0	173,930707
23	73,3	100,5	118,7	136,2	159,1	176,3	193,5	176,295476
24	74,2	101,8	120,2	138,0	161,1	178,6	196,1	178,589708

Figura 7. Calcolo curve segnatrici 1-24 h per T=5, 10, 50, 100 e 200 anni.

## Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



**Figura 8.** Curve segnalatrici 1-24 h per  $T=5, 10, 50, 100$  e 200 anni.

La curva di possibilità pluviometrica ottenuta da questi parametri per periodo di ritorno di 5 anni è:

$$h = 38,78 \cdot t^{0,304} \quad T=5 \text{ anni}$$

Dove:

$$a = A_1 \cdot w_T = 30,290001 \cdot 1,28031 = 38,78$$

$$n = 0,30379999$$

La curva di possibilità pluviometrica ottenuta da questi parametri per periodo di ritorno di 10 anni è:

$$h = 45,79 \cdot t^{0,304} \quad T=10 \text{ anni}$$

Dove:

$$a = A_1 \cdot w_T = 30,290001 \cdot 1,51172 = 45,79$$

$$n = 0,30379999$$

La curva di possibilità pluviometrica ottenuta da questi parametri per periodo di ritorno di 50 anni è:

$$h = 61,36 \cdot t^{0,304} \quad T=50 \text{ anni}$$

Dove:

$$a = A_1 \cdot w_T = 30,290001 \cdot 2,02583 = 61,36$$

$$n = 0,30379999$$

La curva di possibilità pluviometrica ottenuta da questi parametri per periodo di ritorno di 100 anni è:

$$h = 68,01 \cdot t^{0,304} \quad T=100 \text{ anni}$$

Dove:

$$a = A_1 \cdot w_T = 30,290001 \cdot 2,24517 = 68,01$$

$$n = 0,30379999$$

La curva di possibilità pluviometrica ottenuta da questi parametri per periodo di ritorno di 200 anni è:

$$h = 74,66 \cdot t^{0,304} \quad T=200 \text{ anni}$$

Dove:

$$a = A_1 \cdot w_T = 30,290001 \cdot 2,46490 = 74,66$$

$$n = 0,30379999$$

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro  $n$  per il quale si indica il valore  $n = 0,5$  in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica<sup>2</sup>.

T = 5 anni	a = 38,78	e	n = 0,304 (1-24 h)	-	n = 0,5 (< 1 h)
T = 10 anni	a = 45,79	e	n = 0,304 (1-24 h)	-	n = 0,5 (< 1 h)
T = 50 anni	a = 61,36	e	n = 0,304 (1-24 h)	-	n = 0,5 (< 1 h)
T = 100 anni	a = 68,01	e	n = 0,304 (1-24 h)	-	n = 0,5 (< 1 h)
T = 200 anni	a = 74,66	e	n = 0,304 (1-24 h)	-	n = 0,5 (< 1 h)

**Tabella 2.** Parametri  $a$  e  $n$  delle curve segnalatrici 1-24 h per  $T=5, 10, 50, 100$  e 200 anni.

Il coefficiente  $\varphi_b$  di afflusso del bacino che è stato assunto pari a 0,40 (valore molto cautelativo).

Il programma Urbis è stato impostato in modo tale da utilizzare uno ietogramma di progetto di tipo rettangolare, calcolando le piogge nette con il metodo percentuale (coefficiente di afflusso 0,40), determinando lo IUH con il metodo del serbatoio lineare (con  $k = 0,7 \cdot T_c$ ).

Il programma fornisce in output il valore della portata  $Q_p$ .

Si riportano di seguito i report di calcolo relativi a ciascun tempo di ritorno considerato.

#### T = 5 anni

Coefficienti curva di possibilità pluviometrica	a = 38,78	[-]
	n = 0,50	[-]
Tempo di corrivazione	$T_c = 20,00$	[min]
Portata costante di precipitazione	$p(0) = 685,79$	[l/s]
Superficie bacino	$S_b = 91.890$	[m <sup>2</sup> ]
Durata della pioggia di intensità massima	d = 20	[min]
	$k = 0,7 \cdot T_c = 14$	[-]
Intensità massima	i = 67,17	[mm/h]
Coefficiente di afflusso	$\varphi_b = 40$	[%]
<b>Portata di piena</b>	<b><math>Q_p(T_5) = 520,86</math></b>	[l/s]

**Tabella 3.** Report di calcolo portate al colmo per  $T=5$  anni.

<sup>2</sup> Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i. Allegato G

**T = 10 anni**

Coefficienti curva di possibilità pluviometrica	a = 45,79	[-]
	n = 0,50	[-]
Tempo di corrivazione	$T_c = 20,00$	[min]
Portata costante di precipitazione	$p(0) = 809,76$	[l/s]
Superficie bacino	$S_b = 91.890$	[m <sup>2</sup> ]
Durata della pioggia di intensità massima	d = 20	[min]
	$k = 0,7 \cdot T_c = 14$	[-]
Intensità massima	i = 79,31	[mm/h]
Coefficiente di afflusso	$\varphi_b = 40$	[%]
<b>Portata di piena</b>	$Q_p(T_{10}) = 615,01$	[l/s]

**Tabella 4.** Report di calcolo portate al colmo per  $T=10$  anni.

**T = 50 anni**

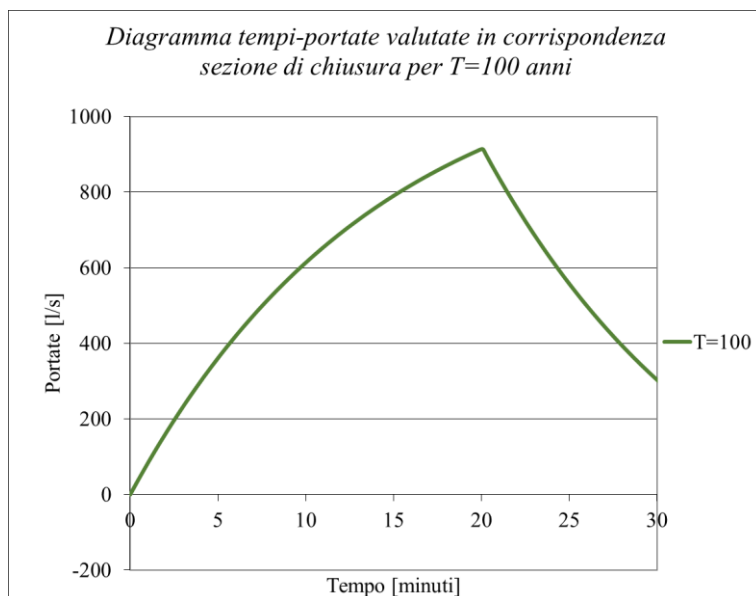
Coefficienti curva di possibilità pluviometrica	a = 61,36	[-]
	n = 0,50	[-]
Tempo di corrivazione	$T_c = 20,00$	[min]
Portata costante di precipitazione	$p(0) = 1.085,10$	[l/s]
Superficie bacino	$S_b = 91.890$	[m <sup>2</sup> ]
Durata della pioggia di intensità massima	d = 20	[min]
	$k = 0,7 \cdot T_c = 14$	[-]
Intensità massima	i = 106,28	[mm/h]
Coefficiente di afflusso	$\varphi_b = 40$	[%]
<b>Portata di piena</b>	$Q_p(T_{50}) = 824,13$	[l/s]

**Tabella 5.** Report di calcolo portate al colmo per  $T=50$  anni.

**T = 100 anni**

Coefficienti curva di possibilità pluviometrica	a = 68,01	[-]
	n = 0,50	[-]
Tempo di corrivazione	$T_c = 20,00$	[min]
Portata costante di precipitazione	$p(0) = 1.202,70$	[l/s]
Superficie bacino	$S_b = 91.890$	[m <sup>2</sup> ]
Durata della pioggia di intensità massima	d = 20	[min]
	$k = 0,7 \cdot T_c = 14$	[-]
Intensità massima	i = 117,98	[mm/h]
Coefficiente di afflusso	$\varphi_b = 40$	[%]
<b>Portata di piena</b>	$Q_p(T_{100}) = 913,44$	[l/s]

**Tabella 6.** Report di calcolo portate al colmo per  $T=100$  anni.



**Figura 9.** Diagramma tempi-portate valutate in corrispondenza sezione di chiusura per T=100 anni.

**T = 200 anni**

Coefficienti curva di possibilità pluviometrica	a = 74,66	[-]
	n = 0,50	[-]
Tempo di corrvazione	$T_c = 20,00$	[min]
Portata costante di precipitazione	$p(0) = 1.320,30$	[l/s]
Superficie bacino	$S_b = 91.890$	[m <sup>2</sup> ]
Durata della pioggia di intensità massima	d = 20	[min]
	$k = 0,7 \cdot T_c = 14$	[-]
Intensità massima	i = 129,315	[mm/h]
Coefficiente di afflusso	$\varphi_b = 40$	[%]
<b>Portata di piena</b>	<b><math>Q_p(T_{200}) = 1.002,76</math></b>	<b>[l/s]</b>

**Tabella 7.** Report di calcolo portate al colmo per T=200 anni.

### 3. VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche verranno condotte con riferimento alla piena di progetto valutata per un tempo di ritorno T pari a 100 anni.

Portata piena di progetto:  $Q_p(T_{100}) = 913,44$  l/s.

#### **3.1. Verifica idraulica tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm**

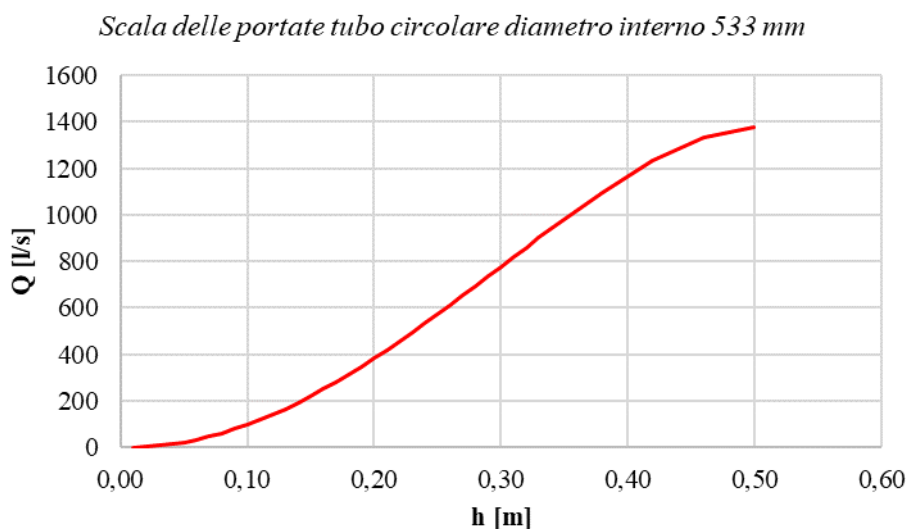
Nei tratti a minor pendenza (paria al 10%), la nuova condotta a gravità ed i relativi manufatti accessori avranno le seguenti caratteristiche:

- tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, per condotte di scarico interrate non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm con guarnizioni elastomeriche; messa in opera secondo le modalità previste dai fornitori e le norme vigenti (giunzioni a tenuta minima 0,5 bar); distanza minima in pianta dagli altri sottoservizi di cm 50 con esclusione dell'eventualità di posa di altri sottoservizi sopra e sotto di essa;
- stesura, sopra le tubazioni, ad una distanza di circa 30 cm dalle stesse, di apposita rete segnalatrice di colore bianco con scritta "FOGNATURA";
- rivestimento delle tubazioni posate con idoneo materiale (sabbia, pietrischetto, calcestruzzo); copertura con materiale arido compatto e ben costipato, a strati di 25-30 cm; ricoprimento minimo a partire dall'estradosso superiore del condotto rispetto al piano quotato di progetto di 0,50 m e inferiore al valore massimo di 2,5 m;
- pendenze pari al 7,5 %;
- camerette di ispezione sulla fognatura di dimensioni minime interne pari a cm 120x120; perfetta tenuta idraulica, rivestimento in resina epossidica sul fondo e fino all'estradosso delle tubazioni e per profondità tra cm 150 e cm 250 dotate di appositi gradini alla marinara realizzati in acciaio e rivestiti con polietilene o polipropilene secondo quanto indicato nella UNI EN 13101 "Gradini per camere di ispezione sotterranee"; dotazione di chiusino tondo in ghisa sferoidale conforme alla norma UNI EN 124 avente diametro della luce pari a Ø 60 cm, classe D400, con scritta "FOGNATURA", cerniera e guarnizioni antivibranti; si prevedono camerette almeno ogni m 25, nei punti di cambiamento di direzione, di pendenza e di salto delle tubazioni;
- in presenza di camerette di salto verrà installata sulla parete di valle della cameretta apposita lastra di acciaio fissata con tasselli d'acciaio.

Di seguito sono riportate le scale delle portate per le tubazioni previste per il nuovo collettore e per il valore di pendenza minimo del 7,5 %.

Per i valori di scabrezza ( $K_s$  Gauckler-Stricker) si considera  $K_s = 80$ .

Le tubazioni adottate sono in grado di smaltire le portate previste (portata max pari a 913,44 l/s) con grado di riempimento massimo del 63 % e velocità di 6,22 m/s.



**Figura 10.** Scala delle portate tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm –  $p=7,5\%$ .

Raggio (m)	h (m)	a (rad)	S (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	x (Gaukler-Stricker)	V (m/s)	Q (l/s)	r
0,267									
Scabrezza									
<b>80</b>	0,01	0,55	0,001	0,147	0,01	34,66	0,77	0,75	0,02
	0,02	0,78	0,003	0,208	0,01	38,84	1,22	3,32	0,04
Pendenza									
<b>7,5%</b>	0,03	0,96	0,005	0,256	0,02	41,49	1,59	7,89	0,06
	0,04	1,11	0,008	0,296	0,03	43,47	1,91	14,54	0,07
	0,05	1,24	0,011	0,332	0,03	45,04	2,20	23,30	0,09
	0,06	1,37	0,014	0,365	0,04	46,36	2,47	34,17	0,11
	0,07	1,48	0,017	0,396	0,04	47,49	2,72	47,12	0,13
	0,08	1,59	0,021	0,424	0,05	48,48	2,96	62,14	0,15
	0,09	1,69	0,025	0,452	0,06	49,36	3,18	79,18	0,17
	0,1	1,79	0,029	0,478	0,06	50,15	3,38	98,20	0,19
	0,11	1,88	0,033	0,503	0,07	50,87	3,58	119,15	0,21
	0,12	1,98	0,038	0,527	0,07	51,53	3,77	141,95	0,22
	0,13	2,06	0,042	0,551	0,08	52,13	3,95	166,55	0,24
	0,14	2,15	0,047	0,574	0,08	52,68	4,12	192,87	0,26
	0,15	2,23	0,052	0,597	0,09	53,19	4,28	220,84	0,28
	0,16	2,32	0,056	0,619	0,09	53,67	4,44	250,39	0,30
	0,17	2,40	0,061	0,640	0,10	54,12	4,59	281,42	0,32
	0,18	2,48	0,066	0,662	0,10	54,53	4,73	313,85	0,34
	0,19	2,56	0,071	0,683	0,10	54,92	4,87	347,60	0,36
	0,2	2,63	0,077	0,703	0,11	55,28	5,00	382,57	0,37
	0,21	2,71	0,082	0,724	0,11	55,62	5,12	418,66	0,39
	0,22	2,79	0,087	0,744	0,12	55,94	5,24	455,78	0,41
	0,23	2,86	0,092	0,765	0,12	56,24	5,35	493,82	0,43
	0,24	2,94	0,098	0,785	0,12	56,52	5,46	532,68	0,45
	0,25	3,01	0,103	0,805	0,13	56,78	5,56	572,25	0,47
	0,26	3,09	0,108	0,825	0,13	57,03	5,66	612,42	0,49
	0,27	3,16	0,114	0,845	0,13	57,26	5,75	653,08	0,51
	0,28	3,24	0,119	0,865	0,14	57,47	5,84	694,11	0,52

0,29	3,31	0,124	0,885	0,14	57,68	5,92	735,39	0,54
0,3	3,39	0,130	0,905	0,14	57,86	6,00	776,79	0,56
0,31	3,47	0,135	0,925	0,15	58,04	6,07	818,18	0,58
0,32	3,54	0,140	0,946	0,15	58,19	6,13	859,44	0,60
0,33	3,62	0,145	0,966	0,15	58,34	6,20	900,43	0,62
0,34	3,70	0,150	0,987	0,15	58,47	6,25	941,00	0,64
0,38	4,02	0,170	1,072	0,16	58,88	6,43	1096,12	0,71
0,42	4,36	0,189	1,165	0,16	59,08	6,52	1231,51	0,79
0,46	4,76	0,205	1,270	0,16	59,04	6,50	1333,33	0,86
0,5	5,26	0,218	1,405	0,16	58,64	6,33	1378,68	0,94

**Tabella 8.** Scala delle portate tubo strutturato in polietilene ad alta densità, coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, diametro esterno 630 mm e diametro interno 533 mm –  $p=7,5\%$ .

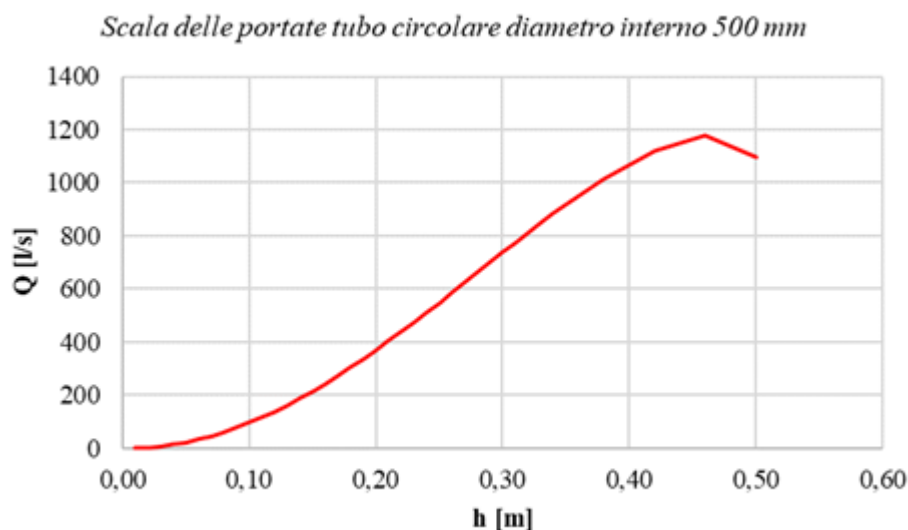
### 3.2. Verifica idraulica tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm

Nei tratti dove la pendenza risulta maggiormente sostenuta (paria o superiore al 15%), la nuova condotta a gravità ed i relativi manufatti accessori avranno le seguenti caratteristiche:

- tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, per condotte di scarico interrate non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm con guarnizioni elastomeriche; messa in opera secondo le modalità previste dai fornitori e le norme vigenti (giunzioni a tenuta minima 0,5 bar); distanza minima in pianta dagli altri sottoservizi di cm 50 con esclusione dell'eventualità di posa di altri sottoservizi sopra e sotto di essa;
- stesura, sopra le tubazioni, ad una distanza di circa 30 cm dalle stesse, di apposita rete segnalatrice di colore bianco con scritta "FOGNATURA";
- rivestimento delle tubazioni posate con idoneo materiale (sabbia, pietrischetto, calcestruzzo); copertura con materiale arido compatto e ben costipato, a strati di 25-30 cm; ricoprimento minimo a partire dall'estradosso superiore del condotto rispetto al piano quotato di progetto di 0,50 m e inferiore al valore massimo di 2,5 m;
- pendenze comprese tra il 15 e il 20 %;
- camerette di ispezione sulla fognatura di dimensioni minime interne pari a cm 120x120; perfetta tenuta idraulica, rivestimento in resina epossidica sul fondo e fino all'estradosso delle tubazioni e per profondità tra cm 150 e cm 250 dotate di appositi gradini alla marinara realizzati in acciaio e rivestiti con polietilene o polipropilene secondo quanto indicato nella UNI EN 13101 "Gradini per camere di ispezione sotterranee"; dotazione di chiusino tondo in ghisa sferoidale conforme alla norma UNI EN 124 avente diametro della luce pari a Ø 60 cm, classe D400, con scritta "FOGNATURA", cerniera e guarnizioni antivibranti; si prevedono camerette almeno ogni m 25, nei punti di cambiamento di direzione, di pendenza e di salto delle tubazioni;
- in presenza di camerette di salto verrà installata sulla parete di valle della cameretta apposita lastra di acciaio fissata con tasselli d'acciaio.

Per i valori di scabrezza ( $K_s$  Gauckler-Stricker) si considera  $K_s = 50$ .

Le tubazioni adottate sono in grado di smaltire le portate previste (portata max pari a 913,44 l/s) con grado di riempimento massimo dal 63 % al 72 % e velocità da 5,50 m/s a 6,28 m/s.

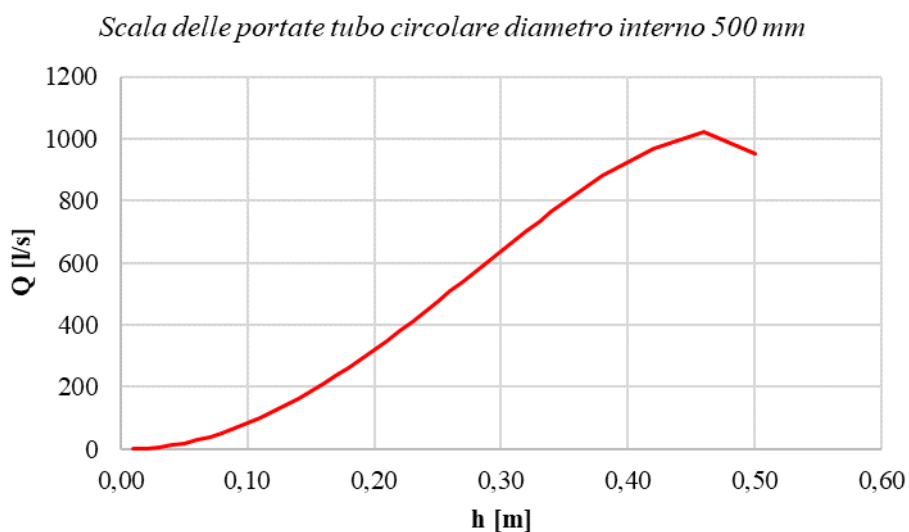


**Figura 11.** Scala delle portate tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, per condotte di scarico interrate non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm con guarnizioni elastomeriche – p=20%.

Raggio (m)	h (m)	a (rad)	S (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	x (Gauckler-Stricker)	V (m/s)	Q (l/s)	r
0,250									
Scabrezza									
<b>50</b>	0,01	0,57	0,001	0,142	0,01	21,66	0,79	0,74	0,02
	0,02	0,81	0,003	0,201	0,01	24,27	1,24	3,27	0,04
Pendenza	0,03	0,99	0,005	0,247	0,02	25,93	1,62	7,77	0,06
<b>20,0%</b>	0,04	1,15	0,007	0,287	0,03	27,16	1,95	14,32	0,08
	0,05	1,29	0,010	0,322	0,03	28,14	2,24	22,92	0,10
	0,06	1,41	0,013	0,354	0,04	28,96	2,52	33,57	0,12
	0,07	1,53	0,017	0,383	0,04	29,66	2,77	46,26	0,14
	0,08	1,65	0,020	0,412	0,05	30,27	3,01	60,95	0,16
	0,09	1,75	0,024	0,438	0,05	30,82	3,23	77,58	0,18
	0,1	1,85	0,028	0,464	0,06	31,31	3,44	96,12	0,20
	0,11	1,95	0,032	0,488	0,07	31,75	3,64	116,50	0,22
	0,12	2,05	0,036	0,512	0,07	32,16	3,83	138,64	0,24
	0,13	2,14	0,041	0,535	0,08	32,53	4,01	162,48	0,26
	0,14	2,23	0,045	0,558	0,08	32,87	4,18	187,95	0,28
	0,15	2,32	0,050	0,580	0,09	33,18	4,34	214,95	0,30
	0,16	2,41	0,054	0,601	0,09	33,48	4,49	243,40	0,32
	0,17	2,49	0,059	0,623	0,09	33,75	4,64	273,22	0,34
	0,18	2,57	0,064	0,644	0,10	34,00	4,78	304,30	0,36
	0,19	2,66	0,068	0,664	0,10	34,24	4,92	336,56	0,38
	0,2	2,74	0,073	0,685	0,11	34,46	5,04	369,89	0,40
	0,21	2,82	0,078	0,705	0,11	34,66	5,16	404,18	0,42
	0,22	2,90	0,083	0,725	0,11	34,85	5,28	439,33	0,44

0,23	2,98	0,088	0,745	0,12	35,03	5,39	475,23	0,46
0,24	3,06	0,093	0,765	0,12	35,20	5,49	511,76	0,48
0,25	3,14	0,098	0,785	0,12	35,36	5,59	548,81	0,50
0,26	3,22	0,103	0,805	0,13	35,50	5,68	586,26	0,52
0,27	3,30	0,108	0,825	0,13	35,63	5,77	623,97	0,54
0,28	3,38	0,113	0,846	0,13	35,76	5,85	661,83	0,56
0,29	3,46	0,118	0,866	0,14	35,87	5,93	699,69	0,58
0,3	3,54	0,123	0,886	0,14	35,98	6,00	737,43	0,60
0,31	3,63	0,128	0,907	0,14	36,07	6,06	774,89	0,62
0,32	3,71	0,133	0,927	0,14	36,16	6,12	811,94	0,64
0,33	3,79	0,137	0,948	0,14	36,24	6,17	848,41	0,66
0,34	3,88	0,142	0,970	0,15	36,31	6,22	884,14	0,68
0,38	4,24	0,160	1,059	0,15	36,50	6,35	1016,21	0,76
0,42	4,64	0,176	1,159	0,15	36,52	6,37	1120,75	0,84
0,46	5,14	0,189	1,284	0,15	36,33	6,23	1178,06	0,92
0,5	6,28	0,196	1,571	0,13	35,36	5,59	1097,63	1,00

**Tabella 9.** Scala delle portate tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, per condotte di scarico interrato non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm con guarnizioni elastomeriche – p=20%.



**Figura 12.** Scala delle portate tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, per condotte di scarico interrato non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm con guarnizioni elastomeriche – p=15%.

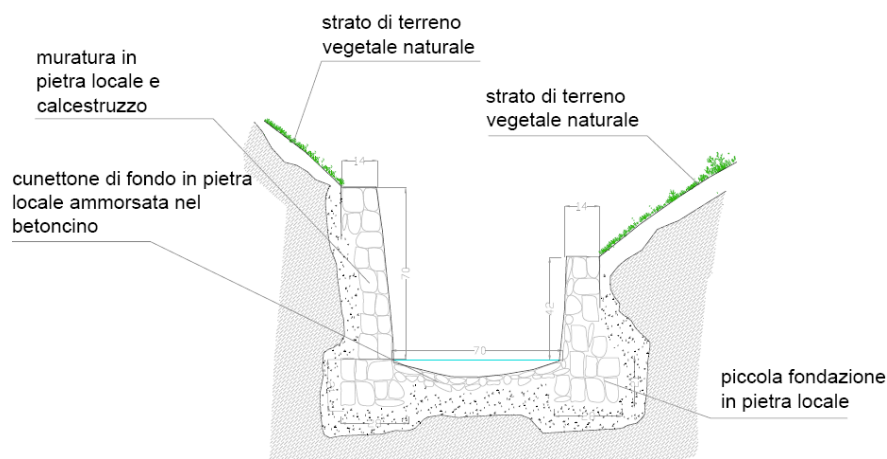
Raggio (m)	h (m)	a (rad)	S (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	x (Gaukler-Stricker)	V (m/s)	Q (l/s)	r
0,250									
Scabrezza <b>50</b>	0,01	0,57	0,001	0,142	0,01	21,66	0,68	0,64	0,02
	0,02	0,81	0,003	0,201	0,01	24,27	1,08	2,83	0,04
Pendenza <b>15,0%</b>	0,03	0,99	0,005	0,247	0,02	25,93	1,40	6,73	0,06
	0,04	1,15	0,007	0,287	0,03	27,16	1,68	12,40	0,08
	0,05	1,29	0,010	0,322	0,03	28,14	1,94	19,85	0,10

0,06	1,41	0,013	0,354	0,04	28,96	2,18	29,07	0,12
0,07	1,53	0,017	0,383	0,04	29,66	2,40	40,06	0,14
0,08	1,65	0,020	0,412	0,05	30,27	2,60	52,78	0,16
0,09	1,75	0,024	0,438	0,05	30,82	2,80	67,19	0,18
0,1	1,85	0,028	0,464	0,06	31,31	2,98	83,24	0,20
0,11	1,95	0,032	0,488	0,07	31,75	3,15	100,89	0,22
0,12	2,05	0,036	0,512	0,07	32,16	3,31	120,07	0,24
0,13	2,14	0,041	0,535	0,08	32,53	3,47	140,72	0,26
0,14	2,23	0,045	0,558	0,08	32,87	3,62	162,77	0,28
0,15	2,32	0,050	0,580	0,09	33,18	3,76	186,15	0,30
0,16	2,41	0,054	0,601	0,09	33,48	3,89	210,79	0,32
0,17	2,49	0,059	0,623	0,09	33,75	4,02	236,62	0,34
0,18	2,57	0,064	0,644	0,10	34,00	4,14	263,54	0,36
0,19	2,66	0,068	0,664	0,10	34,24	4,26	291,47	0,38
0,2	2,74	0,073	0,685	0,11	34,46	4,37	320,33	0,40
0,21	2,82	0,078	0,705	0,11	34,66	4,47	350,03	0,42
0,22	2,90	0,083	0,725	0,11	34,85	4,57	380,47	0,44
0,23	2,98	0,088	0,745	0,12	35,03	4,67	411,56	0,46
0,24	3,06	0,093	0,765	0,12	35,20	4,76	443,20	0,48
0,25	3,14	0,098	0,785	0,12	35,36	4,84	475,29	0,50
0,26	3,22	0,103	0,805	0,13	35,50	4,92	507,71	0,52
0,27	3,30	0,108	0,825	0,13	35,63	5,00	540,38	0,54
0,28	3,38	0,113	0,846	0,13	35,76	5,07	573,16	0,56
0,29	3,46	0,118	0,866	0,14	35,87	5,13	605,95	0,58
0,3	3,54	0,123	0,886	0,14	35,98	5,19	638,63	0,60
0,31	3,63	0,128	0,907	0,14	36,07	5,25	671,08	0,62
0,32	3,71	0,133	0,927	0,14	36,16	5,30	703,16	0,64
0,33	3,79	0,137	0,948	0,14	36,24	5,34	734,74	0,66
0,34	3,88	0,142	0,970	0,15	36,31	5,39	765,69	0,68
0,38	4,24	0,160	1,059	0,15	36,50	5,50	880,06	0,76
0,42	4,64	0,176	1,159	0,15	36,52	5,51	970,60	0,84
0,46	5,14	0,189	1,284	0,15	36,33	5,40	1020,23	0,92
0,5	6,28	0,196	1,571	0,13	35,36	4,84	950,58	1,00

**Tabella 10.** Scala delle portate tubo corrugato in polietilene ad alta densità SLOW MOTION, corrugato sia internamente che esternamente, per condotte di scarico interrato non in pressione, con classe di rigidità pari a SN8 kN/m<sup>2</sup>, diametro esterno 580 mm e diametro interno 500 mm con guarnizioni elastomeriche – p=15%.

### 3.3. Verifica canale rettangolare a pelo libero con fondo e pareti laterali realizzate in pietra locale, larghezza 700 mm

Il progetto prevede che in un tratto il canale di nuova formazione sia realizzato a cielo libero, con sezione rettangolare e pareti laterali realizzate in pietra locale.



**Figura 13.** Sezione tipo canale rettangolare a pelo libero con fondo e pareti laterali realizzate in pietra locale, larghezza 700 mm.

Di seguito è riportata la scala delle portate per il tratto di canale a pelo libero a sezione rettangolare, costruita per un valore di pendenza pari al 40%.

Per i valori di scabrezza ( $c$  Gauckler-Manning) si considera  $c = 35$ .

La sezione adottata è in grado di smaltire le portate previste (portata max pari a 913,44 l/s) con altezza massima del pelo libero pari a 23 cm e velocità della corrente di 5,83 m/s.

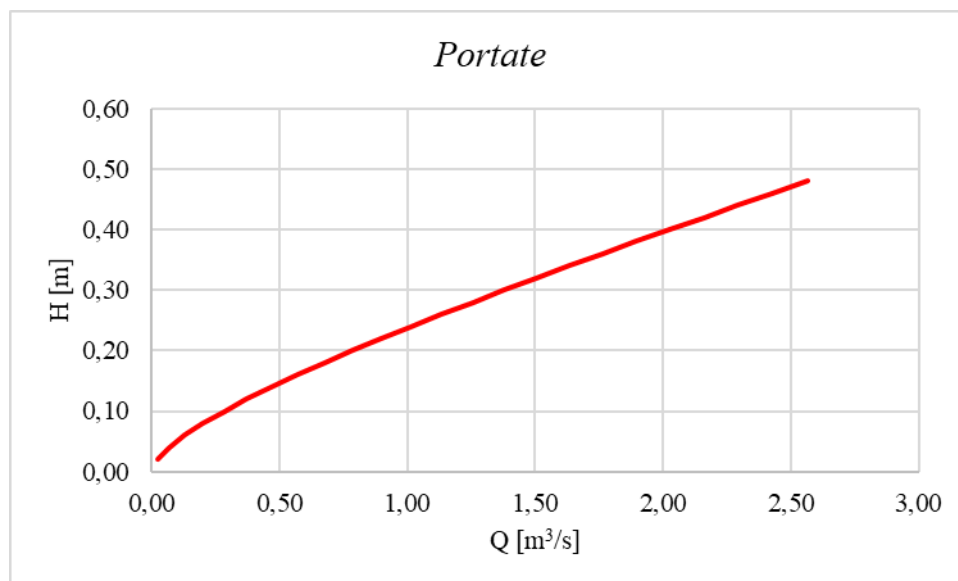
**SCALA DELLE PORTATE**  
GAUCKLER-MANNING  
CANALI NATURALI ASSESTATI  
Giulio De Marchi - Idraulica - §V.II

J=	0,4	pendenza alveo
c=	35	indice di scabrezza
l=	0,7	larghezza base canale in metri
a=	1E+10	1,5707963

pendenza sponda e angolo in radianti formato con l'orizzonte

h [m]	Sezione liquida [m <sup>2</sup> ]	Raggio idraulico [m] R	$\tilde{A} \cdot R \cdot J$	$X = c \cdot R^{1/6}$	$v = X \cdot \tilde{A} \cdot R \cdot J$ [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	h [m]
0,02	0,014	0,019	0,087	18,067	1,572	0,02	0,02
0,04	0,028	0,036	0,120	20,102	2,409	0,07	0,04
0,06	0,042	0,051	0,143	21,329	3,053	0,13	0,06
0,08	0,056	0,065	0,161	22,200	3,583	0,20	0,08
0,10	0,070	0,078	0,176	22,867	4,033	0,28	0,10
0,12	0,084	0,089	0,189	23,402	4,425	0,37	0,12
0,14	0,098	0,100	0,200	23,845	4,769	0,47	0,14
0,16	0,112	0,110	0,210	24,220	5,076	0,57	0,16
0,18	0,126	0,119	0,218	24,542	5,351	0,67	0,18
0,20	0,140	0,127	0,226	24,823	5,601	0,78	0,20
0,22	0,154	0,135	0,232	25,071	5,828	0,90	0,22
0,24	0,168	0,142	0,239	25,291	6,036	1,01	0,24
0,26	0,182	0,149	0,244	25,489	6,226	1,13	0,26
0,28	0,196	0,156	0,249	25,667	6,403	1,25	0,28
0,30	0,210	0,162	0,254	25,829	6,566	1,38	0,30
0,32	0,224	0,167	0,259	25,977	6,717	1,50	0,32
0,34	0,238	0,172	0,263	26,113	6,859	1,63	0,34
0,36	0,252	0,177	0,266	26,237	6,990	1,76	0,36
0,38	0,266	0,182	0,270	26,353	7,114	1,89	0,38
0,40	0,280	0,187	0,273	26,459	7,230	2,02	0,40
0,42	0,294	0,191	0,276	26,559	7,339	2,16	0,42
0,44	0,308	0,195	0,279	26,651	7,442	2,29	0,44
0,46	0,322	0,199	0,282	26,738	7,539	2,43	0,46
0,48	0,336	0,202	0,285	26,819	7,631	2,56	0,48

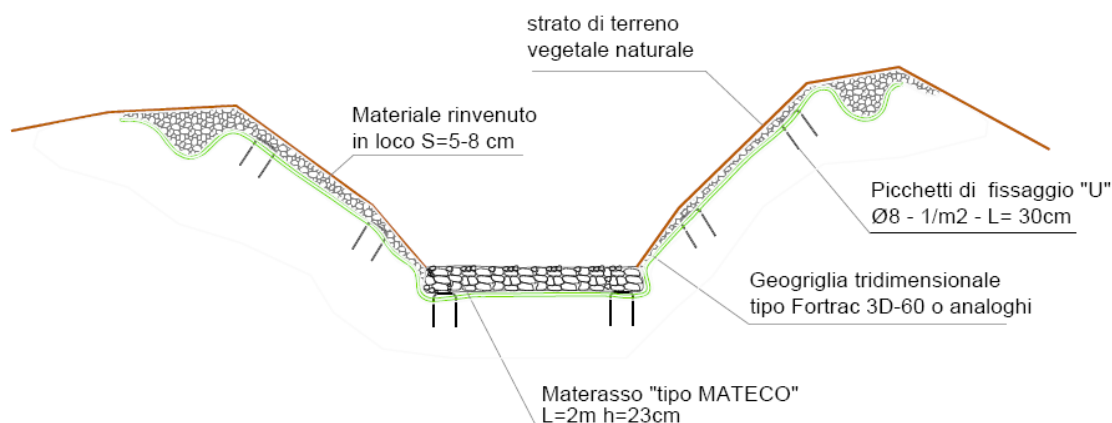
**Tabella 11.** Scala delle portate canale rettangolare a pelo libero con fondo e pareti laterali realizzate in pietra locale, larghezza 700 mm – p=40%.



**Figura 14.** Scala delle portate canale rettangolare a pelo libero con fondo e pareti laterali realizzate in pietra locale, larghezza 700 mm –  $p=40\%$ .

#### 3.4. Verifica canale trapezoidale a pelo libero con fondo costituito da materassi metallici e pietrame, larghezza base 700 mm

Il progetto prevede che in un tratto il canale di nuova formazione sia realizzato a cielo libero, con sezione trapezoidale, con fondo costituito da materassi metallici e pietrame e pareti formate mediante la stesura e l'ancoraggio al substrato di materiale arido rinvenuto in loco, trattenuto grazie all'impiego di geogriglie tridimensionali (tipo Fortrac 3D-60) e rivestito da strato di terreno vegetale naturale.



**Figura 15.** Sezione tipo canale trapezoidale a pelo libero con fondo costituito da materassi metallici e pietrame, larghezza base 700 mm.

Per i valori di scabrezza ( $c$  Gauckler-Manning) si considera  $c = 35$ .

La sezione adottata è in grado di smaltire le portate previste (portata max pari a 913,44 l/s) con altezza massima del pelo libero pari a 15 cm e velocità della corrente di 7,07 m/s.

**SCALA DELLE PORTATE**

GAUCKLER-MANNING

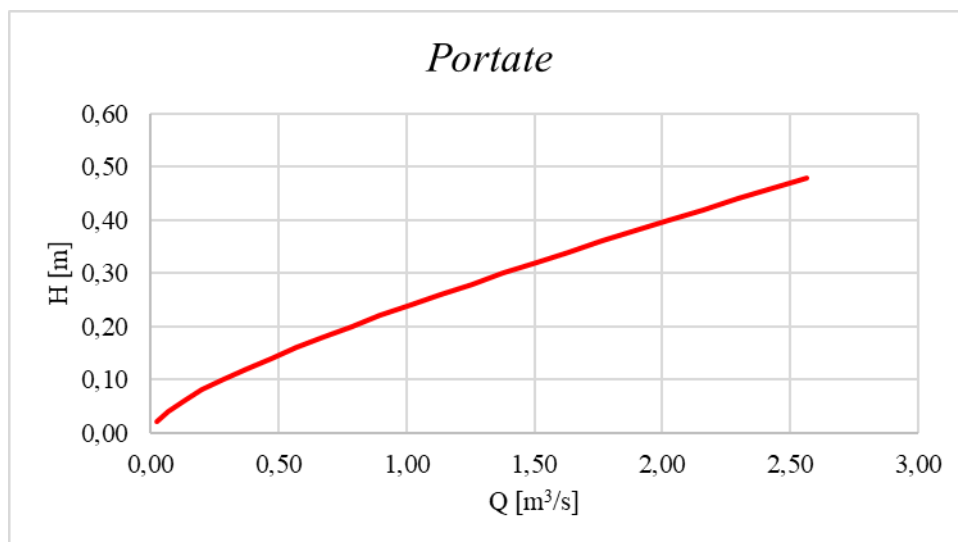
CANALI NATURALI ASSESTATI

Giulio De Marchi - Idraulica - §V.II

J=	0,75	pendenza alveo
c=	35	indice di scabrezza
l=	0,7	larghezza base canale in metri
a=	0,785 0,6655274	pendenza sponda e angolo in radianti formato con l'orizzonte

h [m]	Sezione liquida [m <sup>2</sup> ]	Raggio idraulico [m] R	$\tilde{A} \cdot R \cdot J$	$X = c \cdot R^{1/6}$	$v = X \cdot \tilde{A} \cdot R \cdot J$ [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	h [m]
0,02	0,015	0,019	0,119	18,075	2,156	0,03	0,02
0,04	0,030	0,036	0,165	20,131	3,318	0,10	0,04
0,06	0,047	0,052	0,198	21,389	4,228	0,20	0,06
0,08	0,064	0,067	0,224	22,299	4,995	0,32	0,08
0,10	0,083	0,081	0,246	23,013	5,665	0,47	0,10
0,12	0,102	0,094	0,266	23,601	6,267	0,64	0,12
0,14	0,123	0,107	0,283	24,101	6,815	0,84	0,14
0,16	0,145	0,119	0,298	24,537	7,321	1,06	0,16
0,18	0,167	0,130	0,313	24,923	7,793	1,30	0,18
0,20	0,191	0,142	0,326	25,271	8,238	1,57	0,20
0,22	0,216	0,153	0,338	25,587	8,658	1,87	0,22
0,24	0,241	0,163	0,350	25,878	9,059	2,19	0,24
0,26	0,268	0,174	0,361	26,148	9,442	2,53	0,26
0,28	0,296	0,184	0,372	26,399	9,810	2,90	0,28
0,30	0,325	0,194	0,382	26,634	10,165	3,30	0,30
0,32	0,354	0,204	0,391	26,856	10,508	3,72	0,32
0,34	0,385	0,214	0,401	27,066	10,841	4,18	0,34
0,36	0,417	0,224	0,409	27,266	11,164	4,66	0,36
0,38	0,450	0,233	0,418	27,456	11,478	5,16	0,38
0,40	0,484	0,242	0,426	27,638	11,785	5,70	0,40
0,42	0,519	0,252	0,435	27,812	12,085	6,27	0,42
0,44	0,555	0,261	0,442	27,979	12,379	6,87	0,44
0,46	0,592	0,270	0,450	28,140	12,666	7,49	0,46
0,48	0,630	0,279	0,458	28,296	12,948	8,15	0,48

**Tabella 12.** Scala delle portate canale rettangolare a pelo libero con fondo costituito da materassi metallici e pietrame, larghezza 700 mm – p=40%.



**Figura 16.** Scala delle portate canale rettangolare a pelo libero con fondo costituito da materassi metallici e pietrame, larghezza 700 mm – p=40%.

### 3.5. Dimensionamento manufatto di derivazione

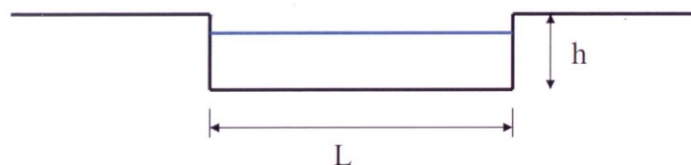
Come indicato ai paragrafi precedenti il tempo di ritorno T scelto come riferimento per il dimensionamento del nuovo canale di scarico è pari a 100 anni.

Per eventi di maggior intensità e minor frequenza, si prevede che parte delle portate non vengano intercettate dalla nuova condotta, ma lasciate defluire lungo l'attuale percorso. Il manufatto di derivazione è stato dunque concepito per regolare il valore massimo delle portate in ingresso alla nuova linea, di modo da scongiurare il rischio di eventuali, indesiderati, sovraccarichi della medesima. Il dimensionamento della gaveta di derivazione è stato sviluppato considerando i seguenti valori di portata:

- portata piena di progetto (selezionata dalla gaveta di derivazione e trasferita al canale di nuova formazione):  $Q_p(T_{100}) = 913,44$  l/s;
- portata massima attesa con riferimento ad un tempo di ritorno T=200 anni:  $Q_p(T_{200}) = 1.002,76$  l/s;
- portata immessa lungo l'attuale percorso nel caso di eventi valutati con riferimento ad un tempo di ritorno T=200 anni:  $\Delta Q_p(T_{200}) = 1.022,76$  l/s – 913,44 l/s = 109,32 l/s.

### 3.6. Dimensionamento gaveta rettangolare di derivazione

#### Gaveta RETTANGOLARE



**Figura 17.** Parametri dimensionamento gaveta rettangolare.

Vale la relazione:

$$h = 0,7 \cdot (Q / L)^{2/3}$$

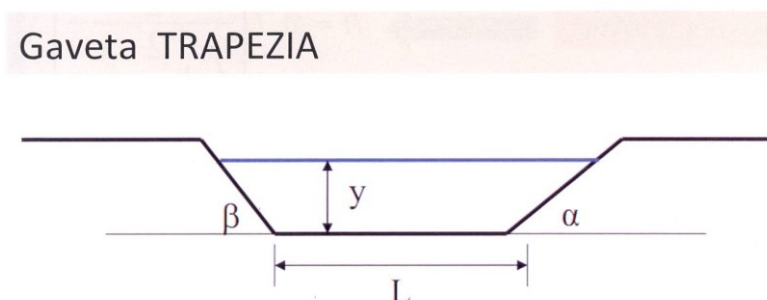
Ponendo  $Q = 1,02 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $L = 1,45 \text{ m}$  l'altezza del pelo libero della corrente sulla gaveta risulta:

$$h = 0,7 \cdot (1,02 / 1,45)^{2/3} = 0,55 \text{ m}$$

Q [m <sup>3</sup> /s]	L [m]	h [m]
0,52086	1,45	0,35
0,61501	1,45	0,40
0,82413	1,45	0,48
0,91344	1,45	0,51
1,02276	1,45	0,55

**Tabella 13.** Altezza pelo libero all'interno della gaveta rettangolare di derivazione per diversi valori di portata.

**3.7. Dimensionamento gaveta trapezia di scarico della briglia nel caso di eventi valutati con riferimento ad un tempo di ritorno  $T=200$  anni**



**Figura 18.** Parametri dimensionamento gaveta trapezia.

Vale la relazione:

$$h = 0,7 \cdot (Q / L^*)^{2/3}$$

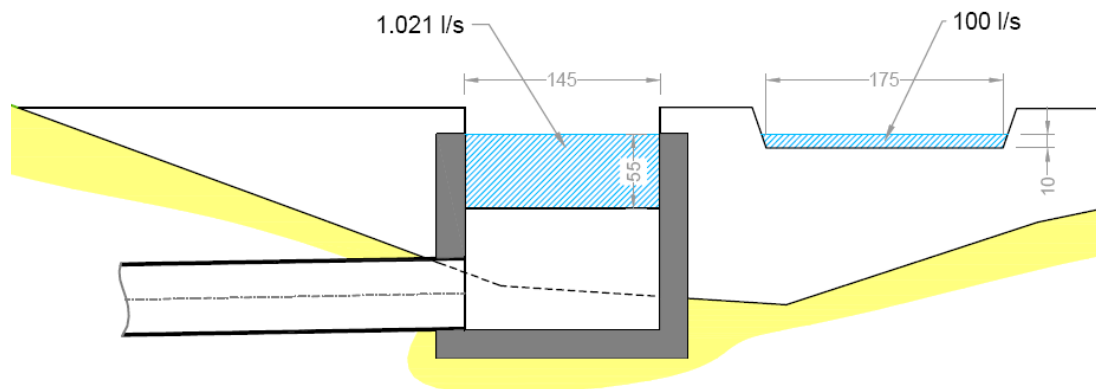
Benini suggerisce una larghezza equivalente  $L^*=L+2\Delta L$

Ponendo  $Q = 0,10932 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $L^* = 1,75 \text{ m}$  l'altezza del pelo libero della corrente sulla gaveta risulta  $h = y = 0,10 \text{ m}$ .

Q [m <sup>3</sup> /s]	L [m]	y [m]	L+2DL [m]	h [m]
0,10932	1,75	0,1	1,816667	0,11

**Figura 19.** Altezza pelo libero all'interno della gaveta trapezio di scarico della briglia nel caso di eventi valutati con riferimento ad un tempo di ritorno  $T=200$  anni.

### 3.8. Profilo trasversale del manufatto di derivazione



**Figura 20.** Profilo trasversale del manufatto di derivazione e portate derivate in caso di piena centenaria.

A valle della gaveta di derivazione, all'interno del manufatto che raccoglie le acque da trasferire alla condotta di scarico, è previsto l'inserimento di una griglia filtrante introdotta allo scopo di evitare l'accidentale immissione di materiale fluitante nel canale di nuova formazione.

## VERIFICA COMPATIBILITÀ IMMISSIONE DEL RETICOLO MINORE NEL TORRENTE GIONGO

### 4. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA DI PIENA TORRENTE GIONGO

#### 4.1. Calcolo portata di massima piena con tempo di ritorno $T=100$ anni

Il Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua (SIBCA) si prefigge di creare un approccio per la definizione di scenari di pericolosità idrogeologica all'interno di bacini idrografici alpini e allo sbocco dei corsi d'acqua sui conoidi.

Lo scopo finale del Sistema Informativo è quella di calcolare in modo semi-automatico la massima portata liquida e la magnitudo di un bacino idrografico costruito partendo da un punto qualunque del reticolo idrografico, scelto dall'utente.

La definizione di semi-automatico deriva dal fatto che l'operatore deve compiere determinate scelte durante i diversi passaggi; inoltre il sistema prevede la possibilità di inserire manualmente dei dati che, altrimenti, vengono calcolati automaticamente.

Tutti i dati idro-morfologici relativi al bacino estratto e al corso d'acqua relativo, i valori di massima portata liquida, per diversi tempi di ritorno, e di magnitudo calcolati sono salvati, dando origine ad un database dei bacini, e sono riportati in un report di consultazione per ciascun bacino salvato.

Attraverso il viewer geografico 2D del Geoportale di Regione Lombardia, caricando il database SIBCA, è possibile visualizzare il bacino idrografico del Torrente Giongo ed estrarre i parametri caratterizzanti lo stesso tra cui le portate massime attese alla sezione di chiusura calcolate per tempi di ritorno T50, T100 e T200.

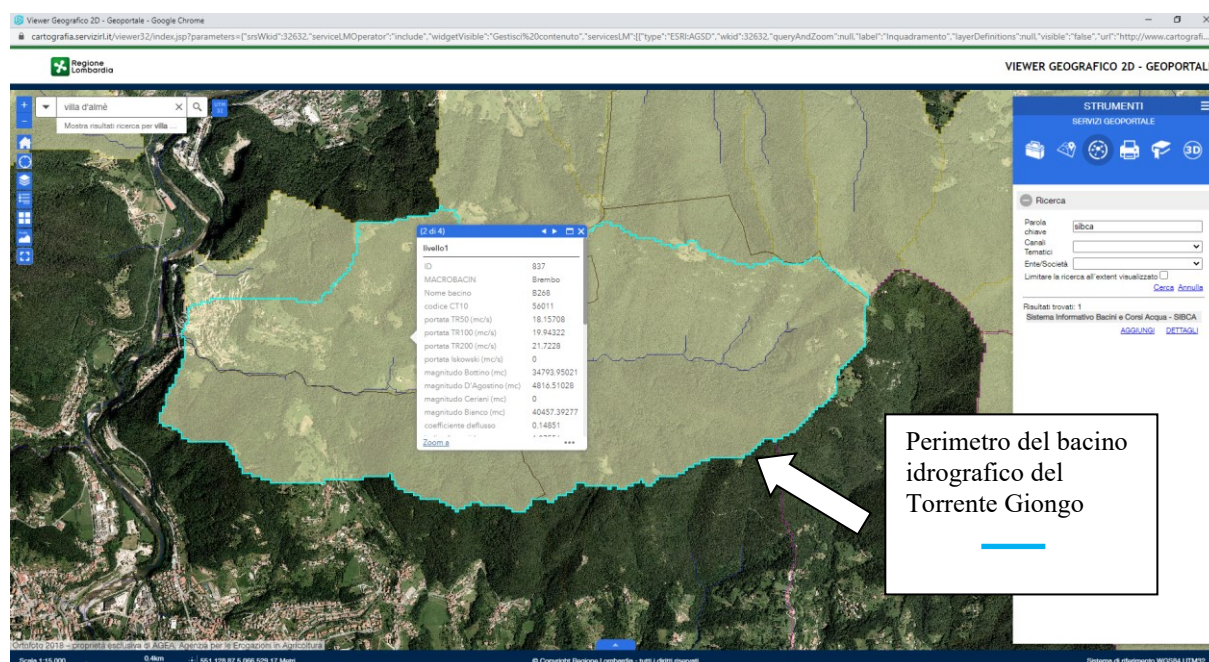
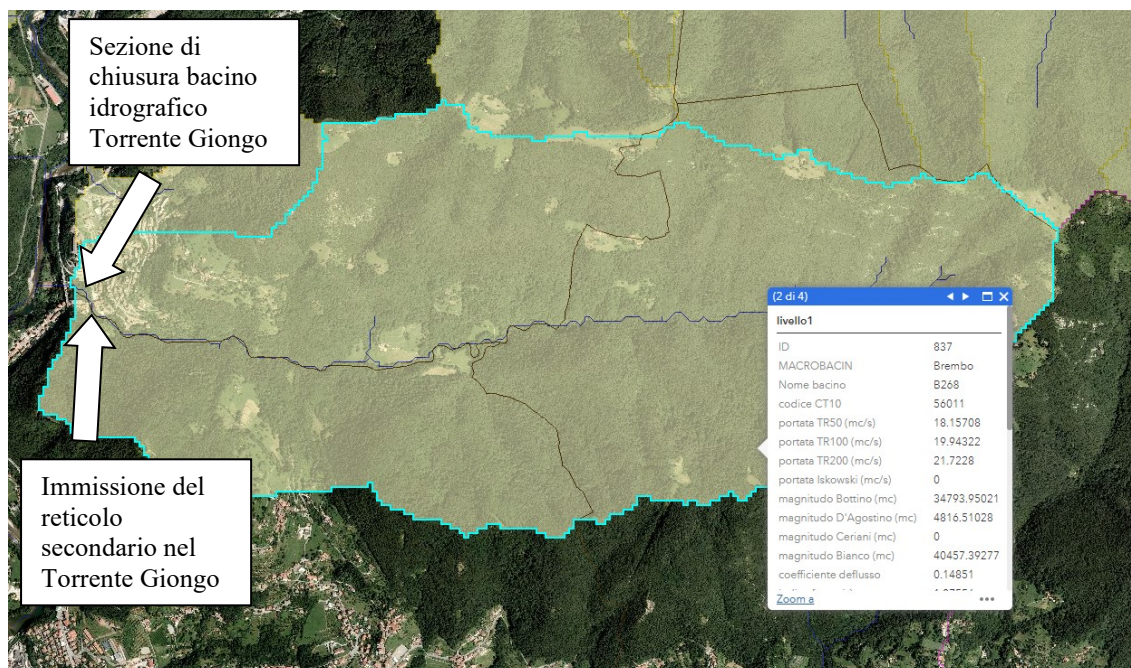


Figura 21. Estratto dal Viewer geografico 2D del Geoportale di Regione Lombardia con visualizzazione del bacino idrografico del Torrente Giongo e del tabulato con indicazione dei parametri caratterizzanti il bacino.



**Figura 22.** Estratto dal Viewer geografico 2D del Geoportale di Regione Lombardia con visualizzazione del bacino idrografico del Torrente Giongo e del tabulato con indicazione dei parametri caratterizzanti il bacino.

ID	837
MACROBACINO	Brembo
Nome bacino	B268
codice CT10	56011
portata TR50 (mc/s)	18,15708
portata TR100 (mc/s)	19,94322
portata TR200 (mc/s)	21,7228
magnitudo Bottino (mc)	34793,95021
magnitudo D'Agostino (mc)	4816,51028
magnitudo Bianco (mc)	40457,39277
coefficiente deflusso	0,14851
indice franosità	1,07556
densità drenaggio (1/Km)	2,40993
tempo corrivazione (h%)	1,22183
pendenza media asta princ. (m/m)	0,121
pendenza 10/85 (m/m)	0,06685
lunghezza totale idrografia (Km)	14,0431
DISTMAXCAN	4,85616
distanza max reticolo coprente (Km)	5,15756

Area planimetrica (km2)	5,8272
area effettiva (km2)	9,50025
rapporto aree	0,61337
indice Melton	0,32372
pendenza media bacino (m/m) lse	0,56172
Quota max bacino (m slm)	1059,56
Quota minima (m slm)	278,11
Quota media (m slm)	578,46

**Tabella 14.** Tabulato estratto dal Viewer geografico 2D del Geoportale di Regione Lombardia con indicazione dei parametri caratterizzanti il bacino del Torrente Giongo.

Le portate massime attese alla sezione di chiusura del Torrente Giongo per i diversi tempi di ritorno considerati sono:

- $Q_p(T50) = 18.157,08$  l/s;
- $Q_p(T100) = 19.943,22$  l/s;
- $Q_p(T200) = 21.722,80$  l/s.

## 5. VERIFICA COMPATIBILITÀ IMMISSIONE DEL RETICOLO MINORE NEL TORRENTE GIONGO

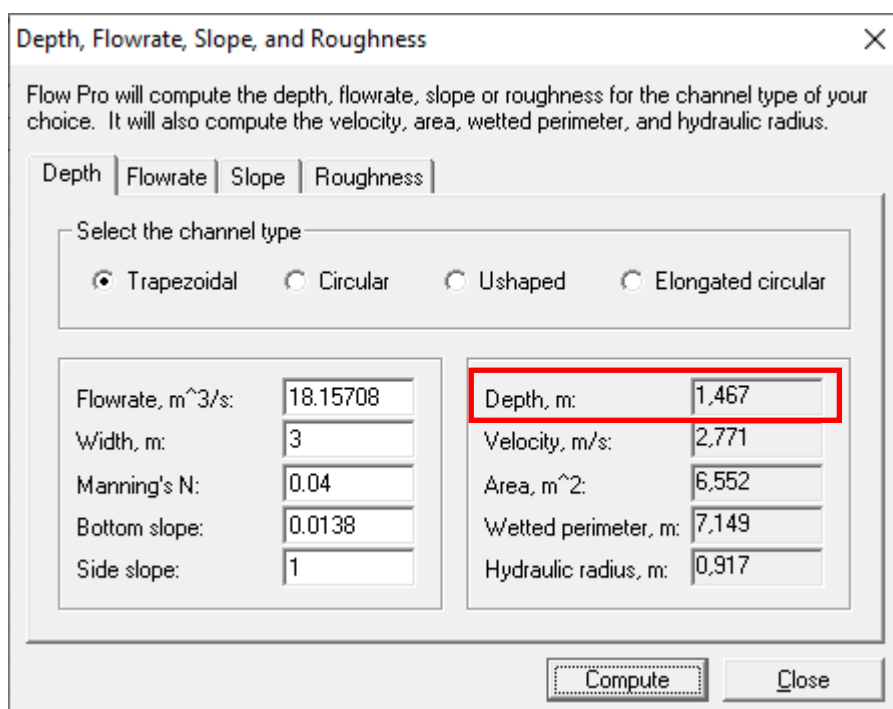
### 5.1. Verifica compatibilità immissione del reticolo minore nel Torrente Giongo

Come si evince dal tabulato riportato di seguito, ove sono comparate le portate massime attese alla sezione di chiusura del Torrente Giongo e le portate recapitate al medesimo attraverso le nuove opere di raccolta e derivazione previste in località Campana per i diversi tempi di ritorno considerati, gli apporti dovuti all'immissione non eccedono il 5% rispetto alle portate del corpo idrico ricettore.

Torrente Giongo alla sezione di chiusura	Sezione di chiusura in corrispondenza delle opere di raccolta e derivazione delle acque località Campana	Somma degli apporti da località Campana	Rapporto percentuale
$Q_p(T50) = 18.157,08$ l/s	$Q_p(T50) = 824,13$ l/s	$Q_p(T50) = 18.981,21$ l/s	+ 4,53 %
$Q_p(T100) = 19.943,22$ l/s	$Q_p(T100) = 913,44$ l/s	$Q_p(T100) = 20.856,66$ l/s	+ 4,58 %

**Tabella 15.** Tabulato con confronto delle portate massime attese alla sezione di chiusura del Torrente Giongo e delle portate recapitate attraverso le nuove opere di raccolta e derivazione previste in località Campana.

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche per il Torrente Giongo nella sezione ove avviene l'immissione, condotte con il software Flow Pro 2.1.



Depth, Flowrate, Slope, and Roughness

Flow Pro will compute the depth, flowrate, slope or roughness for the channel type of your choice. It will also compute the velocity, area, wetted perimeter, and hydraulic radius.

Depth | Flowrate | Slope | Roughness

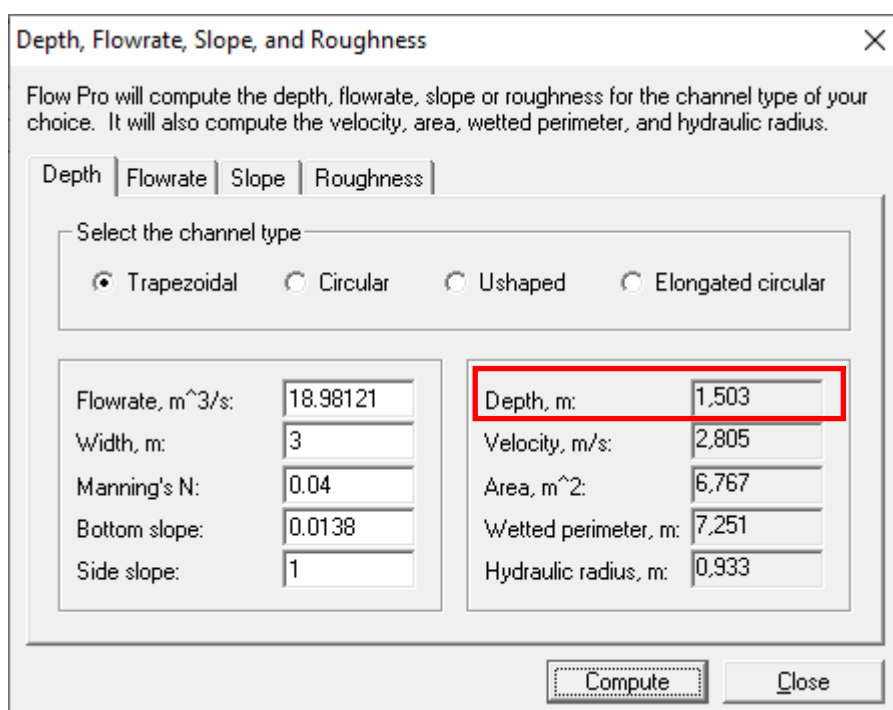
Select the channel type

Trapezoidal  Circular  Ushaped  Elongated circular

Flowrate, m <sup>3</sup> /s:	18.15708	Depth, m:	1.467
Width, m:	3	Velocity, m/s:	2.771
Manning's N:	0.04	Area, m <sup>2</sup> :	6.552
Bottom slope:	0.0138	Wetted perimeter, m:	7.149
Side slope:	1	Hydraulic radius, m:	0.917

Compute Close

Figura 23. Report di calcolo software Flow Pro 2.1. Sezione Torrente Giongo  $Q_p(T50)$  priva di apporti



Depth, Flowrate, Slope, and Roughness

Flow Pro will compute the depth, flowrate, slope or roughness for the channel type of your choice. It will also compute the velocity, area, wetted perimeter, and hydraulic radius.

Depth | Flowrate | Slope | Roughness

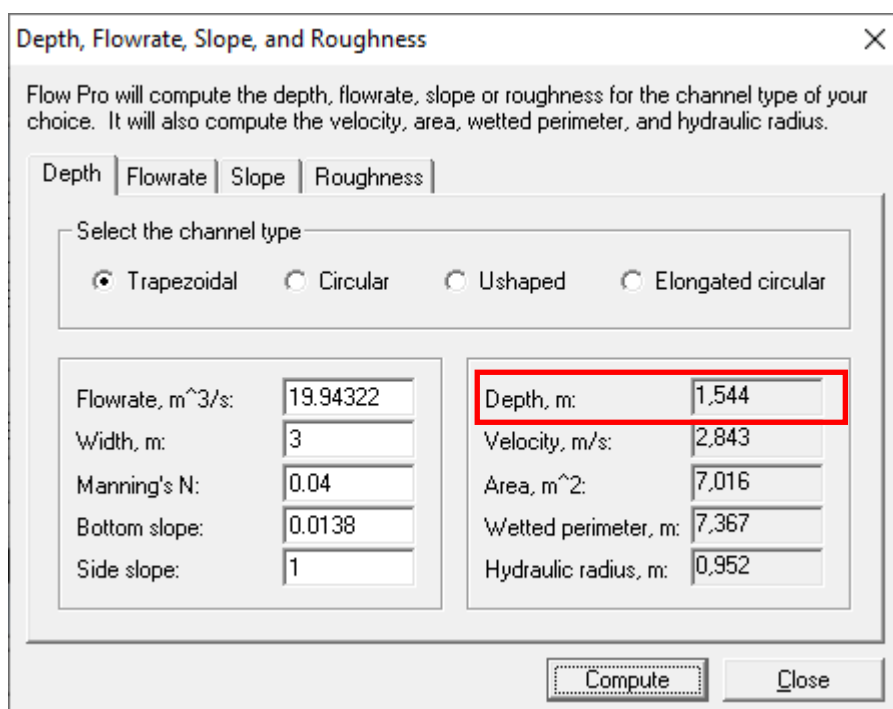
Select the channel type

Trapezoidal  Circular  Ushaped  Elongated circular

Flowrate, m <sup>3</sup> /s:	18.98121	Depth, m:	1.503
Width, m:	3	Velocity, m/s:	2.805
Manning's N:	0.04	Area, m <sup>2</sup> :	6.767
Bottom slope:	0.0138	Wetted perimeter, m:	7.251
Side slope:	1	Hydraulic radius, m:	0.933

Compute Close

Figura 24. Report di calcolo software Flow Pro 2.1. Sezione Torrente Giongo  $Q_p(T50)$  con apporto  $Q_p(T100)$  località Campana



Depth, Flowrate, Slope, and Roughness

Flow Pro will compute the depth, flowrate, slope or roughness for the channel type of your choice. It will also compute the velocity, area, wetted perimeter, and hydraulic radius.

Depth | Flowrate | Slope | Roughness

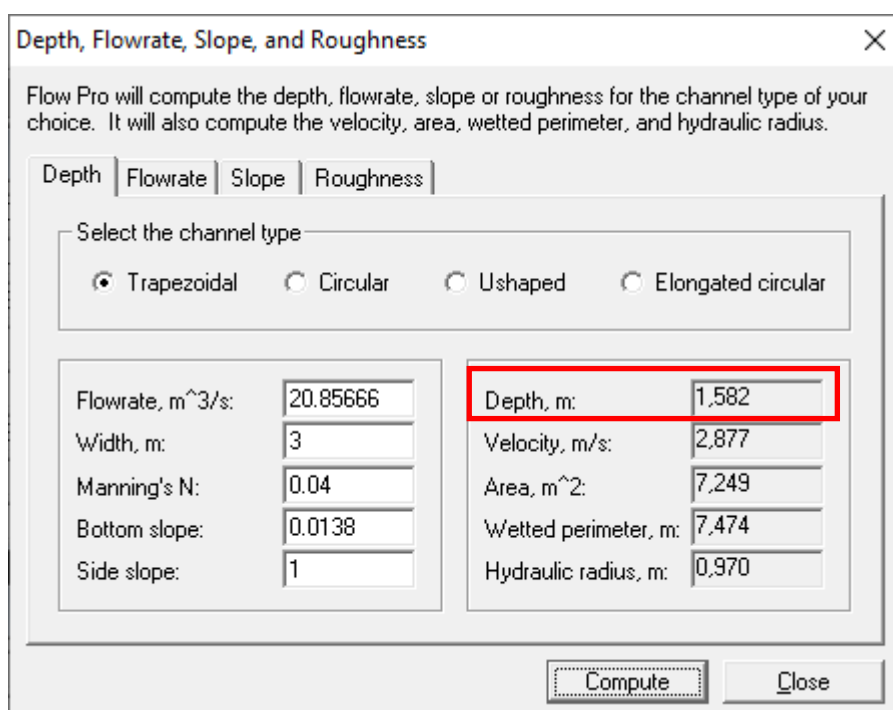
Select the channel type

Trapezoidal  Circular  Ushaped  Elongated circular

Flowrate, m <sup>3</sup> /s:	19.94322	Depth, m:	1,544
Width, m:	3	Velocity, m/s:	2,843
Manning's N:	0.04	Area, m <sup>2</sup> :	7,016
Bottom slope:	0.0138	Wetted perimeter, m:	7,367
Side slope:	1	Hydraulic radius, m:	0,952

Compute Close

Figura 25. Report di calcolo software Flow Pro 2.1. Sezione Torrente Giongo  $Q_p(T100)$  priva di apporti



Depth, Flowrate, Slope, and Roughness

Flow Pro will compute the depth, flowrate, slope or roughness for the channel type of your choice. It will also compute the velocity, area, wetted perimeter, and hydraulic radius.

Depth | Flowrate | Slope | Roughness

Select the channel type

Trapezoidal  Circular  Ushaped  Elongated circular

Flowrate, m <sup>3</sup> /s:	20.85666	Depth, m:	1,582
Width, m:	3	Velocity, m/s:	2,877
Manning's N:	0.04	Area, m <sup>2</sup> :	7,249
Bottom slope:	0.0138	Wetted perimeter, m:	7,474
Side slope:	1	Hydraulic radius, m:	0,970

Compute Close

Figura 26. Report di calcolo software Flow Pro 2.1. Sezione Torrente Giongo  $Q_p(T100)$  con apporto  $Q_p(T100)$  località Campana

	Torrente Giongo alla sezione di chiusura	Somma degli apporti da località Campana	Torrente Giongo alla sezione di chiusura	Somma degli apporti da località Campana
Tempo di ritorno	<b>T50</b>	<b>T50</b>	<b>T100</b>	<b>T100</b>
Portate Qp	18.157,08 l/s	18.981,21 l/s	19.943,22 l/s	20.856,66 l/s
Altezza corrente nella sezione	1,467 m	1,503 m (+3,6 cm)	1,544 m	1,582 m (+3,8 cm)

**Tabella 16.** Tabulato con confronto delle portate massime attese alla sezione di chiusura del Torrente Giongo e delle portate recapitate attraverso le nuove opere di raccolta e derivazione previste in località Campana.

Vista l'entità contenuta degli apporti, sempre inferiori al 5% della portata del sistema recipiente, considerato che le portate immesse confluirebbero comunque al medesimo bacino non alterando di fatto idraulicamente la configurazione originaria e/o antropizzata, si ritiene verificata la compatibilità idraulica dell'immissione del reticolo minore nel Torrente Giongo.

L'immissione avviene in corrispondenza di un tratto di alveo del Torrente Giongo ove questo risulta particolarmente incassato rispetto all'abitato. L'acclività della sponda sinistra del torrente in corrispondenza dell'immissione, e le caratteristiche del sottosuolo in quel tratto prevalentemente caratterizzato da affioramenti rocciosi, sconsigliano un allineamento dell'immissione rispetto alla direzione della corrente. L'immissione laterale viste le portate in gioco non perturba significativamente il normale deflusso della corrente, garantendo comunque dal punto di vista idraulico un corretto funzionamento del nodo di immissione.

## CONCLUSIONI

### 6. CONCLUSIONI

Il dimensionamento dei manufatti e dei presidi adottati per contenere i fenomeni di esondazione è stato effettuato con riferimento ad una piena di progetto valutata per un tempo di ritorno T pari a 100 anni.

Per eventi di maggior intensità e minor frequenza, si prevede che parte delle portate non vengano intercettate dalla nuova condotta, ma lasciate defluire lungo l'attuale percorso.

Per eventi con tempo di ritorno superiore a 100 anni, dunque, una frazione delle portate intercettate continuerà a fluire lungo l'alveo esistente, per essere raccolta dalla caditoia posta a valle della scalinata collocata all'altezza del civico 40 e trasferita alla rete fognaria comunale.

Nel corso degli approfondimenti condotti sono state raccolte testimonianze relative all'immissione sulla piattaforma stradale del ponte che attraversa il torrente Giongo, nel corso di eventi particolarmente intensi, di portate parassite provenienti dai pendii situati sulla destra orografica del corpo idrico. Tali acque raggiungono in questi episodi via Campana creando ulteriori problemi alla rete esistente, che in origine non è stata concepita per accoglierle. Si segnala come per risolvere le anomalie riscontrate non si possa prescindere dall'affrontare questa anomalia, eventualmente coordinandosi con il vicino comune di Sedrina, sul cui territorio ha origine il fenomeno.

Vista l'entità contenuta degli apporti, sempre inferiori al 5% della portata del sistema recipiente, considerato che le portate immesse confluirebbero comunque al medesimo bacino non alterando di fatto idraulicamente la configurazione originaria e/o antropizzata, si ritiene verificata la compatibilità idraulica dell'immissione del reticolo minore nel Torrente Giongo.

L'immissione avviene in corrispondenza di un tratto di alveo del Torrente Giongo ove questo risulta particolarmente incassato rispetto all'abitato. L'acclività della sponda sinistra del torrente in corrispondenza dell'immissione, e le caratteristiche del sottosuolo in quel tratto prevalentemente caratterizzato da affioramenti rocciosi, sconsigliano un allineamento dell'immissione rispetto alla direzione della corrente. L'immissione laterale viste le portate in gioco non perturba significativamente il normale deflusso della corrente, garantendo comunque dal punto di vista idraulico un corretto funzionamento del nodo di immissione.

Bergamo, Maggio 2021

**SAI PROGETTI Srl**

arch. Alberto Cicuttini

ing. Ezio Zucchelli

