

1	Premessa	2
2	Valutazione della portata dei corsi d'acqua	3
2.1	Analisi dei dati pluviometrici.....	3
	<i>L'elaborazione dei dati pluviometrici di Ranzi R., M. Mariani, E. Rossini, B. Armanelli, B. Bacchi.....</i>	<i>4</i>
2.2	Portata critica dei corsi d'acqua	6
2.2.1	Il modello regionalizzato (o della portata indice).	6
2.2.2	Il modello razionale.	7
2.2.3	Il modello Giandotti –metodoto Giandotti-Visentini	8
3	Verifiche idrauliche	11
3.1	ML 03: Rio Vallaro	12
3.2	ML 04: Valazzello di Côle	13
3.3	ML 05: Valle Franchina	14
3.4	ML 05-04: Valle di Landò	15
3.5	ML 06-04: Valle della Ferromin.....	16

1 Premessa

Nell'ambito dell'individuazione del reticolo idraulico minore del Comune di Malonno, secondo le indicazioni contenute nella D.G.R. n° 7/7868 del 25 gennaio 2002, per i corsi d'acqua minori per i quali vengono proposte delle fasce di rispetto dell'ampiezza pari a 4 m, sono state eseguite delle verifiche idrauliche o comunque viene giustificata la scelta.

Mentre per la maggior parte dei corsi d'acqua vengono riportate le valutazioni idrogeologiche ed i calcoli di portata, i corsi d'acqua sottoposti a verifiche idrauliche sono essenzialmente:

ML 03 Rio Vallaro: tratto compreso fra l'intersezione della Linea Ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo e la SS42 *del Tonale e della Mendola*;

ML 04 Valzello di Cole: nel tratto a cielo aperto all'interno dell'abitato;

ML 05 Valle Franchina: nel tratto a valle di Via Cremeria;

ML 05 04 Valle di Landò: nel tratto immediatamente a monte della confluenza alla Valle Franchina;

ML 06 Valle della Ferromin: nel tratto a cielo aperto a valle della Linea Ferroviaria.

Per quanto riguarda la proposta di fasce di rispetto dell'ampiezza pari a 4 metri per:

ML 07 Valle di Lava

ML 09 Reticolo idrico a monte di Via Miravalle;

ML 16 Torrente Ogliolo.

come riportato nella cartografia di dettaglio, si rimanda ai risultati delle verifiche idrauliche contenute negli elaborati di progetto degli interventi di regimazione idraulica eseguiti a seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2000. Il dimensionamento dei nuovi alvei, condotti ed attraversamenti, si è attenuto a verifiche idrauliche condotte su portate calcolate per tempi di ritorno $TR = 100$ anni. La proposta di perimetrazione effettuata potrà divenire attuativa solo a seguito del collaudo delle opere.

Di seguito si riporta la descrizione delle metodologie di calcolo utilizzate per la stima delle portate di massima piena ai corsi d'acqua presenti nel territorio comunale e per le verifiche idrauliche, come illustrato nei fogli di calcolo in allegato. Le sezioni sottoposte a verifiche idrauliche sono state ricavate da rilievi speditivi eseguiti lungo i corsi d'acqua.

Si riporta inoltre una breve descrizione dei risultati, rimandando alle proposte di normativa in allegato.

2 Valutazione della portata dei corsi d'acqua

Nel presente paragrafo viene descritta la metodologia di calcolo utilizzata per la valutazione delle portate critiche dei corsi d'acqua in esame, attenendosi agli aspetti morfometrici desunti dall'esame della cartografia tecnica di base (Carta Tecnica Regionale).

In primo luogo sono stati presi in considerazione gli aspetti pluviometrici relativi alle stazioni presenti nell'ambito dell'area di indagine e successivamente è stata fatta una stima della portata di massima piena sia relativamente alla frazione liquida, sia relativamente alla portata liquida comprensiva del trasporto solido.

2.1 Analisi dei dati pluviometrici

Nella fase preliminare dell'indagine sono stati esaminati i valori massimi delle precipitazioni registrati alle stazioni presenti nell'area d'indagine e riportate nello "*Studio delle precipitazioni intense in provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente*" (Provincia di Brescia, 1985). In particolare, sono stati presi in esame i valori registrati alla stazione di Edolo, ritenuta rappresentativa del regime pluviometrico del territorio studiato.

I dati sono riferiti alle serie dei massimi annuali di precipitazione consecutive di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore nonché di 1 giorno convenzionale. L'entità delle precipitazioni è riportata in termini di altezze di pioggia espresse in millimetri; per ogni singolo evento è riportata la data di registrazione.

Il testo consultato, per la stazione di Edolo, ricostruisce le rette di possibilità climatica in funzione del tempo di ritorno; questo è un dato statistico e corrisponde al numero di anni medio nel quale un dato evento può uguagliarsi o superarsi. Il tempo di ritorno non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un evento ma solo un suo valore medio.

L'espressione delle curve segnalatrici di possibilità climatica, che permettono di definire l'altezza di pioggia massima prevedibile nell'area considerata in funzione del tempo di ritorno e della durata della pioggia, è del tipo:

$$h(d,TR) = a \times d^n$$

dove

h = precipitazione in mm per un determinato Tempo di Ritorno;

d = durata della precipitazione in ore;

a, n = coefficienti delle curve segnalatrici per un assegnato tempo di ritorno.

Mediante tali espressioni, assegnata la durata della pioggia, è possibile valutare l'altezza di pioggia massima attendibile in funzione del tempo di ritorno espresso in anni. Per quanto

riguarda la stazione di Edolo, i valori dei coefficienti della curva per un tempo di ritorno (TR) pari a 100 anni sono i seguenti:

EDOLO	a	n
TR= 100 anni	36.2386	0.4053

- L'elaborazione dei dati pluviometrici di Ranzi R., M. Mariani, E. Rossini, B. Armanelli, B. Bacchi

Nel recente lavoro dell'Università degli Studi di Brescia - Dipartimento di Ingegneria Civile, - Analisi e sintesi delle piogge intense del territorio bresciano - R. Ranzi, M. Mariani, E. Rossini, B. Armanelli, B. Bacchi, vengono presi in esame i dati delle precipitazioni massime annuali di durata compresa fra 1 e 24 ore, oltre alle precipitazioni massime giornaliere, disponibili relativamente al territorio della Provincia di Brescia. L'analisi condotta ha portato alla stima dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali, attraverso l'elaborazione statistica dei dati relativi alle precipitazioni di massima intensità con i metodi di Gumbel e GEV. I risultati del lavoro sono riassunti in mappe e tabelle ed il regime pluviometrico del territorio esaminato viene espresso da una curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, rappresentata dalla seguente espressione:

$$h(d, T) = a_t * d^{n_1}$$

dove

$$a_t = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV \sqrt{6}}{\pi} \left[\varepsilon + \text{LnLn} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

è l'altezza di pioggia massima oraria di tempo di ritorno T in cui:

CV = coefficiente di variazione medio areale delle precipitazioni massime annuali di durata compresa fra 1 e 24 ore;

m_1 = media areale delle precipitazioni massime annuali di durata 1 ora;

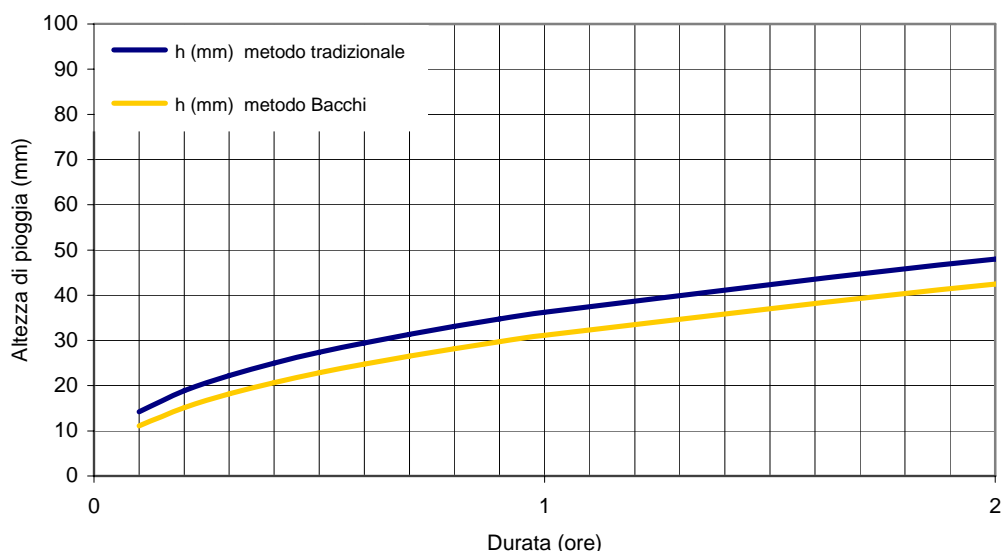
n_1 = media areale dell'esponente di scala delle altezze medie dei massimi annuali delle piogge di durata d compresa fra 1 e 24 ore.

Nel testo consultato, per la stazione di Edolo, sono riportati i valori dei parametri necessari per il calcolo della curva segnalatrice della possibilità pluviometrica:

EDOLO	CV	m_1	n_1
TR= 100 anni	0.298	16.09	0.447

Per ogni bacino idrografico, attraverso le curve di possibilità pluviometrica è possibile stimare la massima pioggia caduta conoscendo il tempo di corrivazione.

Rette di possibilità climatica per TR = 100 anni



Il tempo di corrivazione è un elemento caratteristico di ogni bacino idrografico ed indica il tempo che impiega la goccia di pioggia caduta alla massima distanza ad arrivare alla sezione di chiusura. In pratica definisce il momento in cui alla sezione di chiusura giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino stesso, dando la portata di massima piena. Per ogni corso d'acqua la sezione di chiusura del bacino è stata posta poco a monte degli abitati.

Il confronto della rappresentazione grafica delle rette di possibilità climatica definite con i metodi illustrati (vedasi grafico), consente di analizzarne i risultati e meglio definire l'applicabilità dei metodi per diversi tempi di corrivazione. In particolare, si osserva come la curva ottenuta con i metodi tradizionali fornisca in ogni caso dei valori di pioggia maggiori rispetto al metodo di Bacchi.

Codice corso d'acqua	Tempo corrivazione Tc (ore)	h pioggia	
		metodo Bacchi	metodi tradizionali
ML 01	0.43	21.34	25.2
ML 02	0.78	27.91	32.0
ML 03	0.33	19.03	22.1
ML 04	0.27	17.31	21.1

Comune di Malonno (BS)	Relazione idrologica ed idraulica	Individuazione del reticolo idrico minore e delle fasce di rispetto (ai sensi della D.G.R. n° 7/7868 del 25/1/2003)	
ML 05	0.65	25.71	29.3
ML 05-04	0.22	15.91	19.0
ML 06	0.39	20.39	23.6
ML 07	0.80	29.89	33.1
ML 08	0.41	20.87	24.2
ML 012	0.10	11.25	16.0
ML 013	0.15	13.31	18.3
ML 014	0.19	14.69	19.0
ML 015	0.19	14.74	18.1
ML 017	0.23	15.77	20.1

Allo scopo di operare in sicurezza, per la valutazione delle massime portate liquide affluenti alle sezioni di riferimento, si ritiene per tanto opportuno applicare i metodi tradizionali.

2.2 Portata critica dei corsi d'acqua

Per la valutazione delle portate massime lungo gli impluvi, sono state effettuate delle valutazioni sulla base delle metodologie disponibili in letteratura. I risultati dell'analisi condotta sono riassunti nei fogli di calcolo riportati in allegato a fine testo, nei quali viene riportata una sintetica descrizione dei metodi utilizzati.

Valutate le modalità di alimentazione considerate, particolare attenzione è stata volta al MODELLO RAZIONALE (afflussi/deflussi) ed al MODELLO REGIONALE, cercando di elaborare criticamente i coefficienti che influiscono sulle condizioni di deflusso.

2.2.1 Il modello regionalizzato (o della portata indice).

Il valore delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno (TR) per la generica sezione d'interesse del reticolo idrografico dei corsi d'acqua bresciani, può essere espresso mediante il metodo della portata indice, basato sulla stima della legge di distribuzione di probabilità del rapporto tra la portata al colmo e la sua media, supposta uniformemente distribuita. La relazione ottenuta per i bacini della provincia di Brescia ed illustrata in *Valutazione delle portate di piena della Provincia di Brescia – B. Bacchi, B. Armanelli, E. Rossini (Università degli Studi di Brescia/Dipartimento di Ingegneria Civile)* ha la forma:

Il valore della portata di massima piena alla sezione d'interesse lungo un corso d'acqua, che sottende un bacino con estensione A, può essere calcolata come il prodotto

$$Q_{c,T} = m(Q_c) X_T$$

$$X_T = \frac{Q_c}{\mu(Q_c)} = 1 + 0,53 \frac{(\exp(0,0521 * Y_G) - 1,033)}{0,072}$$

dove le stime di $m(Q_c)$ e $u(Q_c)$, per le dimensioni del bacino in esame, possono essere calcolate con la seguente relazione:

$$m(Q_c) = 3,24 * A^{0,73}$$

2.2.2 Il modello razionale.

Per la stima delle portate massime attendibili alle sezioni di chiusura del bacino idrografico, è stato applicato il metodo afflussi deflussi, mediante l'applicazione della formula:

$$Q_{c,T} = \frac{1}{3.6} \times \Phi \times r(A, d) \times A \times a_T \times T_c^{n_1 - 1}$$

Di seguito vengono descritti i singoli passi, ed i risultati dei calcoli sono riportati nei fogli di calcolo riportati a fine testo:

dalla relazione della curva segnalatrice di possibilità proposta in precedenza (*Bacchi et al.*) è stata ricavata l'altezza di pioggia media puntuale sul bacino;

il valore medio areale viene definito sulla base del *ragguaglio*, valutato con il metodo proposto da *Moisello e Papiri* (1986), che fornisce il coefficiente di ragguaglio r in funzione dell'area A e della durata di pioggia considerata d;

$$r(A, d) = 1 - \exp \left[- 2.472 A^{-0.242} d^{0.6 - \exp(-0.643 A^{0.235})} \right]$$

viene stimato il tempo di corrivazione T_c mediante la formula

$$T_c = \frac{3.3\sqrt{A} + 3.2L}{\sqrt{H_{med} - H_{idr}}}$$

il parametro Φ viene espresso in funzione dell'estensione del bacino e del TR secondo la seguente relazione:

$$\Phi = 0.298 \cdot T^{0.052} \cdot A^{0.085}$$

valida per $20 < A < 300 \text{ km}^2$ e per $10 < T < 200$ anni

In realtà i bacini idrografici considerati hanno superfici nettamente inferiori ai 20 km², di conseguenza l'espressione per il calcolo del coefficiente di deflusso appena vista perde validità.

Le massime piene si registrano in corrispondenza di eventi piovosi prolungati quando il terreno, completamente saturo, non è più in grado di assorbire acqua. In tali condizioni, trascurando l'effetto dell'evapotraspirazione, tutta la pioggia che cade all'interno del bacino si trasforma in deflusso che attraversa la sezione di chiusura. In tali condizioni il coefficiente di deflusso (indicato come il rapporto tra afflussi e deflussi) risulta essere pari ad 1. Con queste ipotesi è possibile procedere con la stima della portata dei corsi d'acqua per ogni bacino.

2.2.3 Il modello Giandotti – modello Giandotti-Visentini

Il metodo Giandotti, comunemente usato, ha il pregio di considerare gli aspetti cinematici che agiscono nel bacino e nel corso d'acqua considerandone l'area, l'altitudine media e lunghezza dell'asta fluviale.

Dopo aver calcolato il tempo di corrivazione t_c , parametro strettamente collegato alle caratteristiche del bacino tributario, si definisce l'altezza h_c di pioggia caduta nel tempo t_c che viene raggiunta in funzione alle caratteristiche del bacino tributario.

$$t_c = \frac{4 \times \sqrt{S_b} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_m}} =$$

$$Q_c = 0,278 \times \frac{\gamma \times \psi}{\lambda \times t_c} \times h_{cr} \times S_b \times Cd =$$

La portata massima si ottiene in occasione di eventi meteorici nei quali si registra un'altezza di pioggia pari all'altezza critica (h_c) in un tempo pari al tempo di corrivazione (t_c).

Il metodo Giandotti, valido per bacini di tipo montano o collinare di grandi dimensioni, tende a sovrastimare la portata critica per quelli di piccole dimensioni come quelli in esame.

Visentini, modificando il metodo Giandotti, dà una stima anche del trasporto solido del un corso d'acqua.

I dati di portata proposti sono il risultato dell'elaborazione dei dati idrologici ed idraulici a disposizione; tali elementi, in relazione al significato del metodo razionale adottato per il calcolo dei valori di portata, in mancanza di misure idrauliche dirette e continue, sono da ritenere dunque rappresentativi delle reali condizioni che regolano il deflusso delle acque meteoriche nel bacino in esame. A solo scopo di confronto, nei fogli di calcolo a fine testo sono riportati i risultati dell'applicazione dei metodi di calcolo normalmente utilizzati; i parametri introdotti sono tarati alle condizioni dell'ambito in esame e ricavati dalle tabelle di confronto riportate in letteratura.

<i>Metodo</i>	<i>Formula</i>
METODO DI GIANDOTTI	$Q_{\max} = 0,278 \times \frac{\gamma \times \Psi}{\lambda \times t_c} \times h_{cr} \times S_b \times Cd =$
METODO DI GIANDOTTI - VISENTINI	2.3 $Q_{\max} = 0,278 \times \frac{\gamma \times \Psi}{\lambda \times t_c} \times h_{cr} \times S_b \times Cd =$
METODO EMPIRICO DI A. FORTI (1920)	2.4 $Q_c = \left(\alpha \times \frac{500}{S_b + 125} + \beta \right) \times S_b$
METODO EMPIRICO PROPOSTO DA MYER perfezionato ai corsi d'acqua della Valle Camonica negli studi idraulici della L102/90 - Legge Valtellina	2.5 $Q_c = \left(\frac{a \times S_b}{3.6} \right) \times 1.115 \times (S_b)^{-0.193}$

Dalla valutazione critica dei risultati ottenuti e dai confronti con analisi condotte su bacini idrografici aventi caratteristiche simili a quelli dei corsi d'acqua in esame, si ritiene che il valore di portata critica più attendibile, relativo alla sola portata liquida, sia quello ottenuto tramite il Metodo della Formula Razionale.

Tuttavia, valutate le caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico, è necessario considerare un aumento della portata liquida, al fine di tener conto del trasporto solido del torrente (trasporto in sospensione + carico di fondo).

Nell'ipotesi di una miscela liquido+solido con densità pari a:

$$\gamma_{\text{sol+liq}} = 1.2 - 1.4 \text{ t/m}^3$$

considerando per il detrito preso in carico una densità pari a

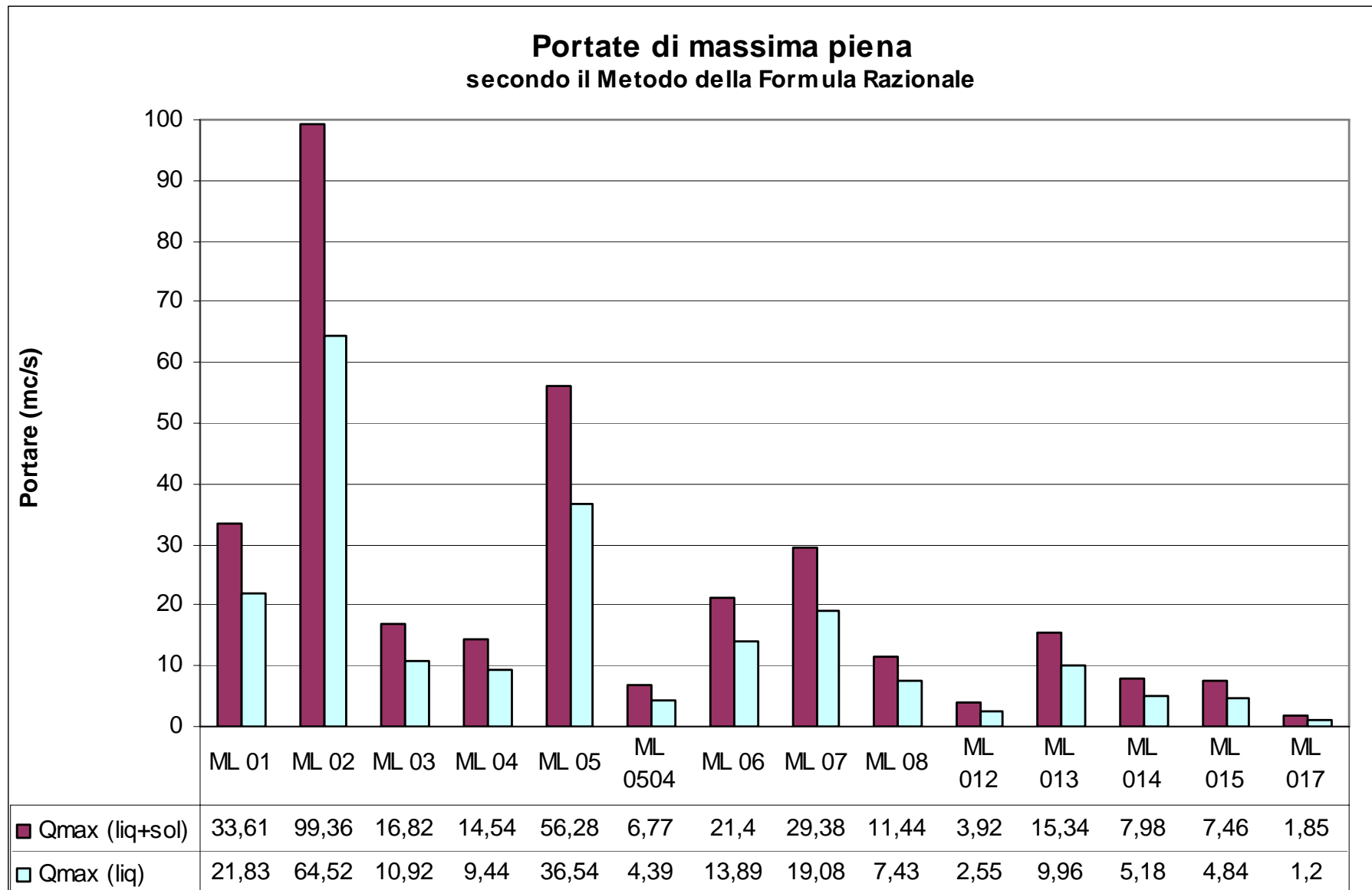
$$\gamma_{\text{sol}} = 2.65 \text{ t/m}^3$$

si ottiene per la miscela una concentrazione pari a

$$C = 0.12 - 0.24.$$

Sulla base di tali considerazioni la portata complessiva dovuta alla capacità di trasporto della corrente è il risultato del prodotto della portata liquida per un coefficiente compreso fra 1.13 e 1.54.

Le portate massime complessive (liquido+solido) e le portate massime liquide ottenute, per ogni corso d'acqua considerato, sono state riportate nel grafico qui di seguito.



3 Verifiche idrauliche

Dopo aver stimato, con il Metodo della Formula Razionale, la portata massima liquida e quella comprensiva del trasporto solido in sospensione, è possibile eseguire una serie di verifiche idrauliche su alcune sezioni ritenute critiche dei corsi d'acqua.

Per garantire che la portata individuata possa attraversare la sezione senza fuoriuscita di acqua o materiale solido è necessario che questa sia inferiore o al limite uguale alla portata massima transitabile ottenuta dalle verifiche.

La verifica idraulica sulle sezioni dei singoli tratti di canalizzazione è stata effettuata considerando l'equazione di moto uniforme per cui:

$$Q = V \times S$$

Q = Portata transitabile nella sezione S

V = Velocità di deflusso

Per la valutazione della velocità del deflusso, è stata applicata la formula proposta Manning:

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

in cui:

1/n = Coefficiente di Manning

R = raggio idraulico

i = pendenza

Il valore del coefficiente di Manning, detto anche coefficiente di scabrezza, è una misura globale della resistenza al moto dell'acqua. Valori alti indicano maggior scabrezza del fondo dell'alveo comportando una diminuzione nella velocità del flusso. La sua scelta deve essere fatta a seguito di un dettagliato rilievo di campagna considerando i materiali che costituiscono e caratterizzano l'alveo; successivamente dalla letteratura è possibile individuare il valore del coefficiente più adatto per ciascuna sezione. In questo modo è stato possibile ricavare l'altezza del pelo libero della corrente.

Le sezioni sono state posizionate in corrispondenza di ponti e tombotti lungo attraversamenti stradali o in zone ritenute comunque pericolose. La geometria è stata rilevata direttamente in campagna attraverso l'uso di una cordella metrica.

In allegato a fine testo si riportano i fogli di calcolo delle verifiche condotte relative alle sezioni prese in esame.

3.1 ML 03: Rio Vallaro

Il tratto più a monte del corso d'acqua (rappresentato dalla foto 1) dove si ha la possibilità di trasporto solido, permangono fasce di rispetto di 10 m. all'altezza dell'intersezione della linea ferroviaria, è stata realizzata una briglia di trattenuta del trasporto solido: a valle di tale opera si può dunque ritenere che le portate di massima piena transitabili siano pari al solo deflusso liquido.

Nel tratto più a valle, in corrispondenza degli abitati e fino all'attraversamento con la SS 42, risulta importante verificare la possibilità di esondazione. Per tanto sono state analizzate 5 sezioni dell'alveo partendo da monte verso valle.

- *Sezione 1:* tombotto n°3 di sezione rettangolare, posto in corrispondenza della ferrovia e realizzato in sassi e calcestruzzo (foto 2);
- *Sezione 2:* tratto rappresentativo del corso d'acqua compreso tra la ferrovia e via Molbeno caratterizzato da arginatura in sassi e calcestruzzo (foto 3);
- *Sezione 3:* tombotto n°2 con sezione rettangolare lungo via Molbeno realizzato in sassi e calcestruzzo;
- *Sezione 4:* tratto del corso d'acqua situato a valle di via Molbeno realizzato in sassi e calcestruzzo (foto 4);
- *Sezione 5:* tratto regimato in calcestruzzo, situato a monte della SS 42 (foto 5);

I risultati ottenuti dalle verifiche permettono di adottare fasce di rispetto di 4m per tutto il tratto di torrente analizzato. Inoltre per la presenza a monte di una briglia di trattenuta per materiale solido, la portata del corso d'acqua diminuisce nettamente, dando un maggior margine di sicurezza contro le possibili esondazioni. I risultati delle verifiche condotte evidenziano tuttavia valori limitati del franco disponibile: in relazione alle assunzioni riportate in merito alla presenza delle opere di difesa idraulica e dell'effettiva possibilità di divagazione nel settore a monte delle aree indagate, si ritiene comunque accettabile la condizione di sicurezza.

Sezione numero	Coefficiente Manning	Velocità (m/s)	Pendenza	Franco (m)	Qmax (m ³ /s)	Oliq (m ³ /s)	Qtransitabile (m ³ /s)
1	0.06	5.93	0.25	1.0	16.82	10.92	17.79
2	0.06	6.12	0.25	0.1	16.82	10.92	18.60
3	0.06	5.93	0.25	0.2	16.82	10.92	16.96
4	0.06	5.48	0.2	0.5	16.82	10.92	16.88
5	0.02	8.22	0.06	0.35	16.82	10.92	17.59

Il corso d'acqua nell'ultimo tratto, a valle della SS 42, è privo di alveo e le fasce proposte sono di 10 m definite a partire dal tracciato desunto dalla cartografia catastale.

3.2 ML 04: Valazzello di Cöle

Nel tratto più a monte il corso d'acqua ha l'alveo inciso nel substrato roccioso. Alla quota di 630 m s.l.m. è stata recentemente realizzata una briglia con vasca di trattenuta per il trasporto solido (foto 2). A monte di tale opera restano per tanto le fasce di rispetto di 10m; le verifiche idrauliche sono state condotte su sezioni posizionate più a valle.

- *Sezione 1:* tombotto n°4 in via Nuova di sezione quadrata (foto 2);
- *Sezione 2:* alveo naturale a valle del tombotto n°4, con sassi sul fondo (foto 3);
- *Sezione 3:* tombotto n°3 (foto 4);
- *Sezione 4:* tratto a valle del tombotto n°3 (foto 5);
- *Sezione 5:* tombotto n°2;
- *Sezione 6:* tratto a valle del tombotto n°2 (foto 6);

La presenza dell'opera di difesa dal trasporto solido consente di ipotizzare con relativa sicurezza come nel tratto a valle della briglia selettiva possa transitare esclusivamente la frazione liquida; pertanto, nelle verifiche idrauliche condotte, sono state verificate le condizioni affinché assicurassero il transito della sola portata liquida come risultato dei calcoli riportati in allegato.

I risultati delle verifiche idrauliche condotte consentono di proporre l'adozione di fasce di rispetto dell'ampiezza pari a 4m.

Sezione numero	Coefficiente Manning	Velocità (m/s)	Pendenza	Franco (m)	Qmax (m ³ /s)	Qliq (m ³ /s)	Qtransitabile (m ³ /s)
1	0.08	5.3	0.36	1.15	14.54	9.44	14.57
2	0.05	7.08	0.3	0.25	14.54	9.44	14.73
3	0.045	6.8	0.25	0.1	14.54	9.44	9.84
4	0.035	8.07	0.3	0.25	14.54	9.44	9.76
5	0.03	9.07	0.3	0.1	14.54	9.44	9.52
6	0.025	8.09	0.13	0.4	14.54	9.44	14.89

3.3 ML 05: Valle Franchina

Il corso d'acqua presenta pericolosità legata ai numerosi eventi franosi che interessando i versanti vanno ad intasare l'alveo e le briglie di trattenuta poste nella parte più a monte dove sono per tanto rispettate le fasce di rispetto dell'ampiezza pari a 10 m.

Le verifiche idrauliche sono state condotte a partire settore più a monte dell'abitato:

- *Sezione 1:* tombotto di sezione rettangolare in corrispondenza del ponte in località Cremesia;
- *Sezione 2:* tratto regimato a valle dell'attraversamento con via Torre
- *Sezione 3:* tombotto n°4 con sezione rettangolare, in corrispondenza del ponte ferroviario (foto 2);
- *Sezione 4:* tratto regimato a valle del tombotto n°3 (foto 4);

I valori di portata transitabili sono stati ottenuti lasciando un franco piuttosto elevato.

Le verifiche permettono di adottare fasce di rispetto dell'ampiezza pari a 4m per tutto il tratto del corso d'acqua analizzato.

Sezione numero	Coefficiente Manning	Velocità (m/s)	Pendenza	Franco (m)	Q_{max} (m ³ /s)	Q_{liq} (m ³ /s)	$Q_{transitabile}$ (m ³ /s)
1	0.08	6.28	0.25	1.15	56.28	36.54	55.08
2	0.08	6.33	0.24	0.7	56.28	36.54	56.97
3	0.05	6.39	0.11	0.6	56.28	36.54	53.32
4	0.03	10.68	0.12	1.25	56.28	36.54	59.49

3.4 ML 05-04: Valle di Landò

Le verifiche idrauliche sono state condotte nel settore immediatamente a monte dell'innesto del corso d'acqua con quello principale della Valle Franchina.

- *Sezione 1:* tratto a monte della strada per il cimitero (foto 1);
- *Sezione 2:* sezione rettangolare a monte del tombotto n°9 (foto 2);
- *Sezione 3:* tratto a valle del tombotto n°9 (foto 3);

Valutate le dimensioni del corso d'acqua ed il fatto che l'asta torrentizia presenti un alveo impostato in roccia, con salti di fondo e zone di divagazione nel tratto superiore (legati alla presenza di attraversamenti stradali e tombotti a sezione ridotta), è ipotizzabile il transito, nel tratto immediatamente a monte della confluenza con la Valle Franchina, della sola portata liquida.

Le tre sezioni analizzate permettono il transito della portata liquida.

Sezione numero	Coefficiente Manning	Velocità (m/s)	Pendenza	Franco (m)	Q_{max} (m ³ /s)	Q_{liq} (m ³ /s)	$Q_{transitabile}$ (m ³ /s)
1	0.03	7.5	0.3	0.4	6.77	4.39	5.60
2	0.03	7.8	0.3	0.15	6.77	4.39	5.08
3	0.035	6.4	0.3	0.15	6.77	4.39	5.59

3.5 ML 06: Valle della Ferromin

Le verifiche idrauliche sono state condotte nel tratto del torrente a cielo aperto compreso tra il Ponte Canale della linea Brescia-Iseo-Edolo e il tratto intubato a valle, scegliendo 4 sezioni rappresentative delle condizioni del corso d'acqua.

- *Sezione 1:* Ponte Canale in corrispondenza della Linea Ferroviaria (foto 1);
- *Sezione 2:* alveo arginato con muretto di sassi in sinistra orografica, a valle del ponte canale (foto 2);
- *Sezione 3:* tratto rappresentativo dell'alveo arginato con muretti in sassi e fondo naturale, posta tra le sezioni 2 e 4 (foto 3);
- *Sezione 4:* alveo regimato da sezione in cemento, a monte del tratto intubato (foto 4);

A monte del tratto considerato permangono fasce di rispetto di 10m mentre nel tratto intubato di 4m.

Sezione numero	Coefficiente Manning	Velocità (m/s)	Pendenza	Franco (m)	Q_{max} (m ³ /s)	Q_{liq} (m ³ /s)	$Q_{transitabile}$ (m ³ /s)
1	0.023	12.49	0.30	0.10	21.4	13.89	14.36
2	0.030	8.44	0.02	0.02	21.4	13.89	5.32
3	0.033	9.90	0.35	0.05	21.4	13.89	14.04
4	0.020	11.72	0.30	0.05	21.4	13.89	7.03

Dai risultati delle verifiche condotte emerge come le sezioni del tratto di alveo non siano sufficienti a garantire il transito delle portate stimate: tuttavia, alla luce degli elementi idrografici e morfologici del settore di versante, nonché delle osservazioni dirette di superficie durante gli eventi alluvionali recenti, risulta evidente la possibilità di esondazione del corso d'acqua nei settori superiori, con divagazioni della corrente lungo il tratto di versante e l'afflusso lungo il tracciato della Linea Ferroviaria che nel tratto in esame scorre in trincea.

Inoltre il corso d'acqua, intubato nel tratto a monte del Ponte Canale, in caso di eventi alluvionali tende ad esondare all'imbocco del condotto in sotterraneo spargendo le acque sui versanti adiacenti all'alveo stesso e producendo una diminuzione nella portata uscente che procede verso valle attraverso le sezioni analizzate.

In relazione a tali osservazioni di carattere morfologico, in accordo con quanto riportato nello studio geologico supporto al PRG comunale, si propone di adottare fasce di rispetto dell'ampiezza PAI a 4 metri dalle sponde dell'alveo.