REGIONE LIGURIA

CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA

COMUNE DI MONTOGGIO

ADEGUAMENTO DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CARPI TRAMITE L'ESECUZIONE DI UN CANALE DEVIATORE DELLA PORTATA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

BARTOLOMEO VISCONTI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Ingegnere
30.09.2024 08:54:44
GMT+00:00

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA INTEGRATIVA

Mandataria:

EDes Earth Design

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI

Dott. Ing. Chiara PALESE

Mandanti:

ENARCH S.r.l.

Dott. Ing. Paolo RUGGIERI

Dott. Arch. Grazia PRASSA

Dott. Ing. Vittorio Schettini

Studio di Ingegneria Curcio e Remonda

Dott. For. Elena Pittana

Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino Tel. +39 011.0262900
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

Elaborato		*Revisione*			*Redatto*	*Controllato e approvato*
37		0	SET.2024	Prima emissione	Ing. Francesca D'EMILIO	Ing. Bartolomeo VISCONTI
Scala	-					
Codice	*23034-P51-0_IDR-INT*					

COMMITTENTE
Comune di Montoggio

REGIONE LIGURIA **COMUNE DI MONTOGGIO** **CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA**

COMUNE DI MONTOGGIO

ADEGUAMENTO DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CARPI TRAMITE L'ESECUZIONE DI UN CANALE DEVIATORE DELLA PORTATA

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA INTEGRATIVA

INDICE

1. PREMESSA 1

2. AGGIORNAMENTO PIOGGE 1

2.1. AUTORITÀ DI BACINO 1

2.2. STAZIONI ARPA 1

2.3. AGGIORNAMENTO AUTORITÀ DI BACINO 2

2.4. CONFRONTO CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE 2

3. CALCOLO PORTATE 3

3.1. METODO RAZIONALE 3

3.2. AGGIORNAMENTO MODELLO IDROLOGICO 5

4. RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA 6

5. CONCLUSIONI 8

1. PREMESSA

Come illustrato nel capitolo 4 "Parametri idrologici" della relazione idraulica, nel presente progetto sono stati adottati gli stessi valori di portata calcolati e utilizzati nel progetto del 2016 "Messa in sicurezza del rio Carpi a Montoggio (GE) – Progetto degli interventi a breve termine" a firma degli scriventi professionisti. Questa scelta è stata effettuata in quanto il valore indicato nella tavola "T3-Corografia con i sottobacini idrografici (Scrivia)" della Variante al Piano Territoriale di coordinamento della provincia di Genova riporta una superficie di bacino errata, e un valore di portata di conseguenza non corretto.

A seguito di un confronto con il Settore Assetto del Territorio della Regione Liguria, sono state fatte ulteriori valutazioni idrologiche che tengano conto degli aggiornamenti dei valori di pioggia dell'Autorità di Bacino, forniti dai funzionari tecnici. Nella presente relazione è stato fatto un confronto tra diversi set di dati di pioggia e diversi metodi di calcolo, compreso quello utilizzato nell'ambito del citato progetto sul rio Carpi.

Per completezza di trattazione sono pertanto state calcolate le seguenti portate:

- Portate Tr200 calcolate con il metodo razionale e tre set di dati di pioggia a disposizione;
- Portata Tr200 calcolata con il modello idrologico Hec-HMS utilizzato nel progetto del 2016, con l'aggiornamento delle piogge ai dati più recenti.

2. AGGIORNAMENTO PIOGGE

Nel presente capitolo è stato effettuato un confronto dei seguenti dati di precipitazione e curve di possibilità pluviometriche (nel seguito CPP):

1. CPP proposte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; questi dati corrispondono ai dati utilizzati nell'ambito del citato progetto sul rio Carpi;
2. CPP associate a stazioni pluviometriche di Arpa Liguria;
3. CPP aggiornate dall'Autorità di Bacino, in riferimento al rapporto "Caratterizzazione del regime di frequenza degli estremi idrologici nel Distretto Po, anche considerando scenari di cambiamento climatico".

2.1. AUTORITÀ DI BACINO

Di seguito si riportano i valori di *a* e di *n* dell'Autorità di Bacino del Fiume Po per le celle di interesse dell'area, e la media delle stesse:

Cella	**Coordinate EST UTM Cella di calcolo**	**Coordinate NORD UTM Cella di calcolo**	*a* **Tr 20**	*n* **Tr 20**	*a* **Tr 100**	*n* **Tr 100**	*a* **Tr 200**	*n* **Tr 200**
CX136	503000	4929000	63.2	0.402	79.22	0.407	86.04	0.408
CX137	503000	4927000	63.99	0.405	79.93	0.411	86.71	0.412
CY136	505000	4929000	65.94	0.385	83.3	0.385	90.69	0.385
CY137	505000	4927000	67.29	0.386	84.83	0.386	92.30	0.386
media	504000	4928000	65.11	0.395	81.82	0.397	88.94	0.398

2.2. STAZIONI ARPA

La stazione ArpaL di riferimento è la stazione "Diga Val Noci" di cui si riportano i parametri della distribuzione GEV per il calcolo della curva di possibilità pluviometrica:

Stazione ArpaL	**a**	**n**	**α**	**k**	**ε**
Diga Val Noci	38.9	0.391	0.23	-0.08	0.847

Da questi dati sono stati calcolati i fattori di crescita per i tempi di ritorno di interesse, tramite la seguente formulazione:

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

ArpaL	K50	K200	K500
	1.900	2.364	2.698

2.3. AGGIORNAMENTO AUTORITÀ DI BACINO

Il Settore Assetto del Territorio della Regione Liguria ha condiviso con i sottoscritti i parametri aggiornati all'interno del "Rapporto sulle attività del WP1 (Sviluppo e sperimentazione di tecniche di stima del regime degli estremi di precipitazione a scala puntuale)" redatto nel novembre 2023.

Il Rapporto riporta i seguenti dati raster in formato ascii, caratterizzati da una risoluzione di 1km e ottenuti con metodo Patched Kriging:

- "CPP_a": coefficiente pluviale orario *a* delle curve di probabilità pluviometrica;
- "CPP_n": esponente di invarianza di scala *n* delle curve di probabilità pluviometrica;
- "K_T_medio": fattore di crescita K relativo a periodo di ritorno T.

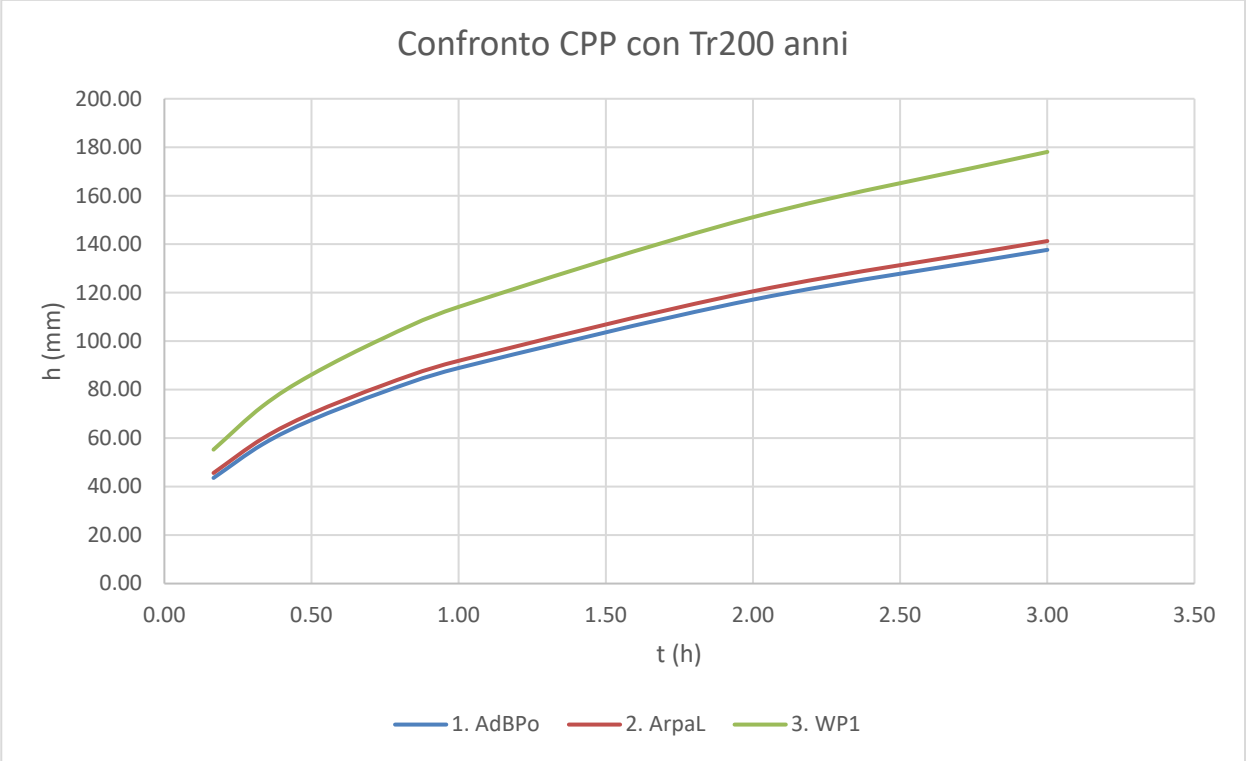
Tali raster sono stati ritagliati sull'area del bacino ottenendo così i valori medi da adottare, e di seguito riportati:

Rapporto WP1	a	n	K50	K200	K500
Clip_bacino	40.9	0.405	2.114	2.791	3.319

2.4. CONFRONTO CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE

Di seguito si riportano le piogge calcolate per diverse durate, e con i diversi set di dati, e le curve di possibilità pluviometrica ottenute.

t (min)	t (h)	Tr200		
		1. AdBPo	2. ArpaL	3. WP1
10	0.17	43.61	45.63	55.25
20	0.33	57.45	59.84	73.16
30	0.50	67.51	70.12	86.21
45	0.75	79.32	82.17	101.60
60	1	88.94	91.95	114.15
120	2	117.17	120.57	151.15
180	3	137.67	141.29	178.12
360	6	181.38	185.27	235.85
720	12	238.96	242.94	312.29



Come si può notare dalle curve di possibilità pluviometrica l'aggiornamento dei dati di Autorità di Bacino prevedono un incremento netto delle piogge.

3. CALCOLO PORTATE

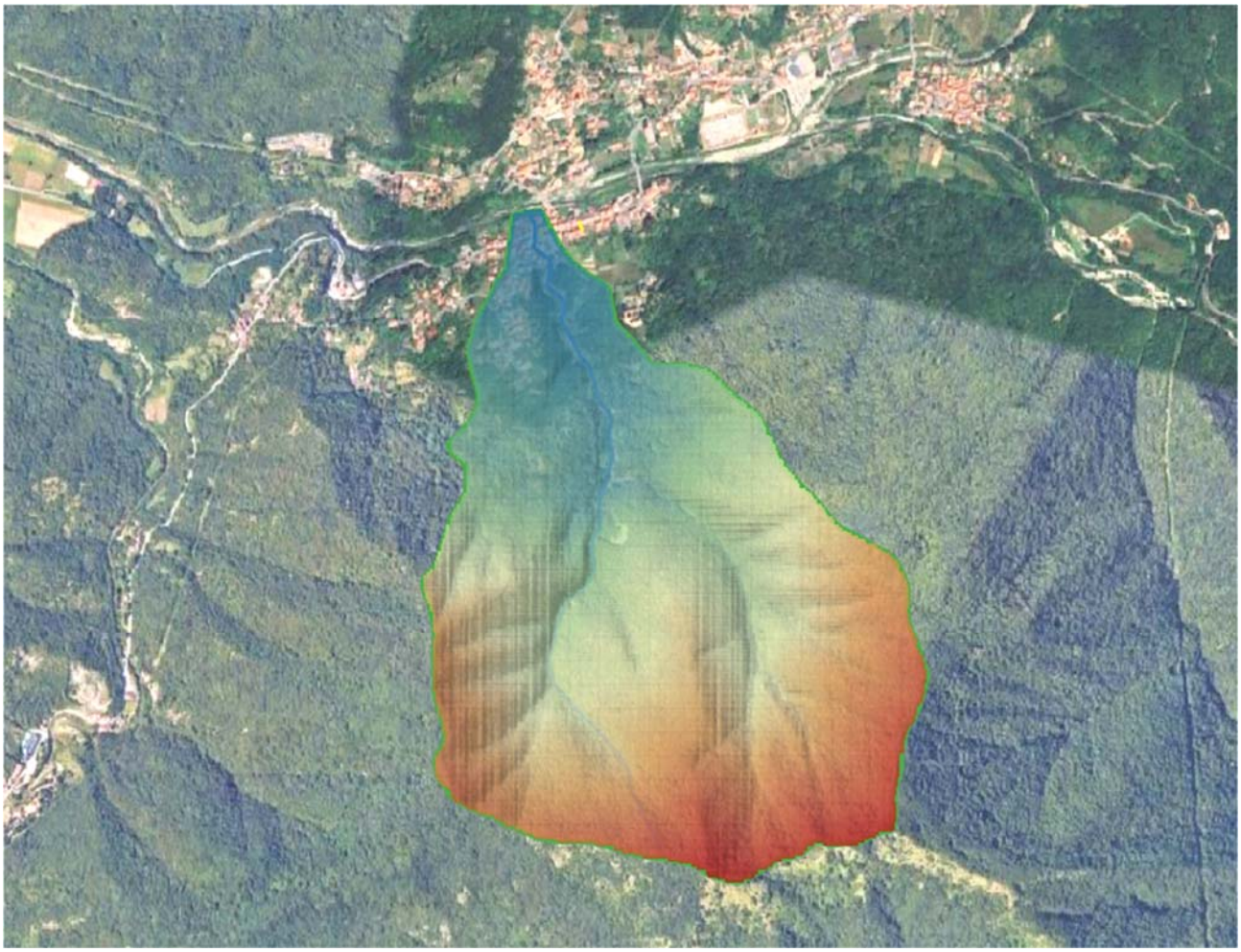
3.1. METODO RAZIONALE

Nel presente capitolo sono state calcolate le portate del rio Carpi per i diversi set di dati di pioggia riportati del capitolo precedente.

I valori di portata attesi sono stati ottenuti con metodi indiretti mediante l'utilizzo di formulazioni che facciano riferimento ai dati di pioggia e ai parametri morfologici del bacino sotteso alla sezione di chiusura corrispondente allo sbocco in Scrivia, e riportati nella seguente tabella.

Area *(km^2)*	1.375
Lunghezza asta principale *(km)*	1.60
Quota sezione di chiusura *(m s.l.m.)*	439
Quota media del bacino *(m s.l.m.)*	700

Nella successiva immagine si riporta la perimetrazione descritta.



Sulla base delle curve di possibilità pluviometrica individuate al capitolo precedente, la determinazione delle portate di progetto è stata condotta mediante l'utilizzo del modello cinematico o di corrivazione, per quanto attiene la trasformazione degli afflussi meteorici nel fenomeno di formazione della piena.

Tale modello individua come durata critica della precipitazione quella corrispondente ad un tempo pari a quello di corrivazione.

Il tempo di corrivazione è definito come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino dalla sezione di chiusura, a raggiungere la sezione stessa. Nel caso in esame il tempo di corrivazione è stato calcolato secondo la formulazione di Giandotti, generalmente adatta per bacini di dimensioni superiori a quello in oggetto, ma che in via cautelativa può essere considerato idoneo in quanto per bacini di dimensioni pari a quelle del rio Carpi tende a sottostimare il tempo di corrivazione e di conseguenza a sovrastimare i valori di portata.

Il tempo di corrivazione secondo Giandotti vale:

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5\,L}{0{,}8\sqrt{(H-h)}}\ (ore)$$

dove:

S rappresenta l'estensione del bacino *(km^2)*

L rappresenta la lunghezza dell'asta principale *(km)*

H rappresenta l'altitudine media del bacino imbrifero sotteso *(m.s.l.m.)*

h rappresenta la quota della sezione considerata *(m s.l.m.)*

Il tempo di corrivazione risulta quindi pari a:

t_c = 0.55 h per il rio Carpi alla sezione di chiusura.

Il calcolo della portata è stato quindi realizzato mediante l'applicazione della formula del metodo razionale, che risulta essere la seguente:

$$Q_{max} = \frac{C \cdot h \cdot S}{3{,}6 \cdot t_c} \ (m^3/s)$$

dove

c coefficiente di deflusso (variabile secondo le caratteristiche orografiche e di copertura vegetale)

h altezza di pioggia dedotta dalle curve di possibilità pluviometrica per un tempo *(mm)*

t_c tempo di corrivazione *(h)*

S superficie del bacino *(km^2)*

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggior elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il parametro tiene conto, in forma implicita, di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia.

Nel caso in esame, pur trattandosi prevalentemente di boschi, è stato adottato un coefficiente di deflusso pari a 0.75 in quanto il bacino presenta una generale elevata pendenza di versante.

Sulla base di quanto riportato sono state calcolate le precipitazioni e i valori di portata per il tempo di ritorno duecentennale e i tre diversi set di pioggia del capitolo precedente.

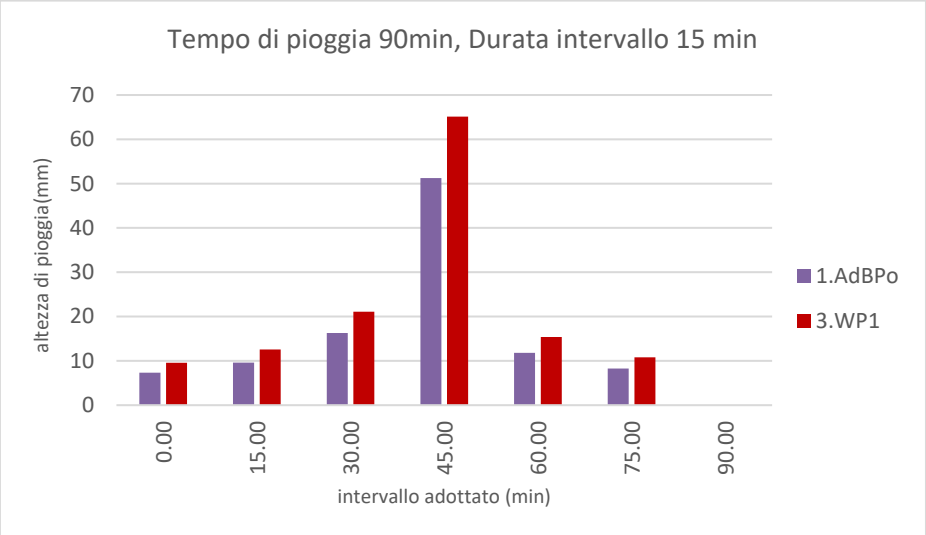
	h (t) (mm)	i(t) (mm/h)	Q_{200} (m^3/s)	U ($m^3/s/km^2$)
1. AdBPo	70.11	127.48	36.5	26.58
2. ArpaL	72.71	132.54	38.0	27.61
3. WP1	89.51	163.16	46.4	33.99

3.2. AGGIORNAMENTO MODELLO IDROLOGICO

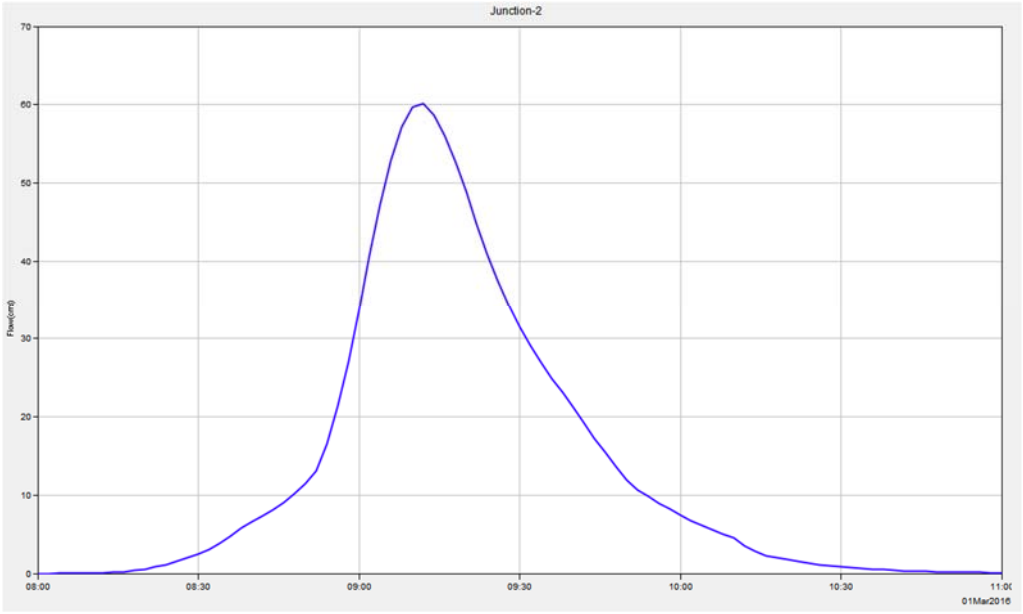
Per completezza di trattazione è stato anche aggiornato il modello idrologico realizzato nell'ambito del progetto del tratto di monte del rio Carpi. Tale studio partiva dai dati di pioggia messi a disposizione dall'Autorità di Bacino, e calcolava una portata duecentennale di 46.4 m^3/s con una modellazione idrologica di tipo afflussi-deflussi con il software Hec-HMS.

Nella presente relazione il modello idrologico è stato implementato con i dati di pioggia dell'Autorità di Bacino, aggiornati nell'ambito del rapporto WP1 "Caratterizzazione del regime di frequenza degli estremi idrologici nel Distretto Po, anche considerando scenari di cambiamento climatico", e mantenendo inalterate tutte le altre variabili del modello.

Lo ietogramma utilizzato prevede un tempo di pioggia di 90 minuti e intervalli di 15 minuti; di seguito si riporta il confronto tra lo ietogramma con le piogge aggiornate (in rosso) e il precedente (in viola).



La portata duecentennale ottenuta è pari a 60.1 m^3/s, come rappresentato nell'immagine seguente.



4. RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA

Di seguito si riportano in sintesi i valori di portata ottenuti con i diversi dati di pioggia e metodi di calcolo:

Tabella 1. Valori di portata duecentennale ottenuti con le diverse combinazioni di calcolo (m^3/s)

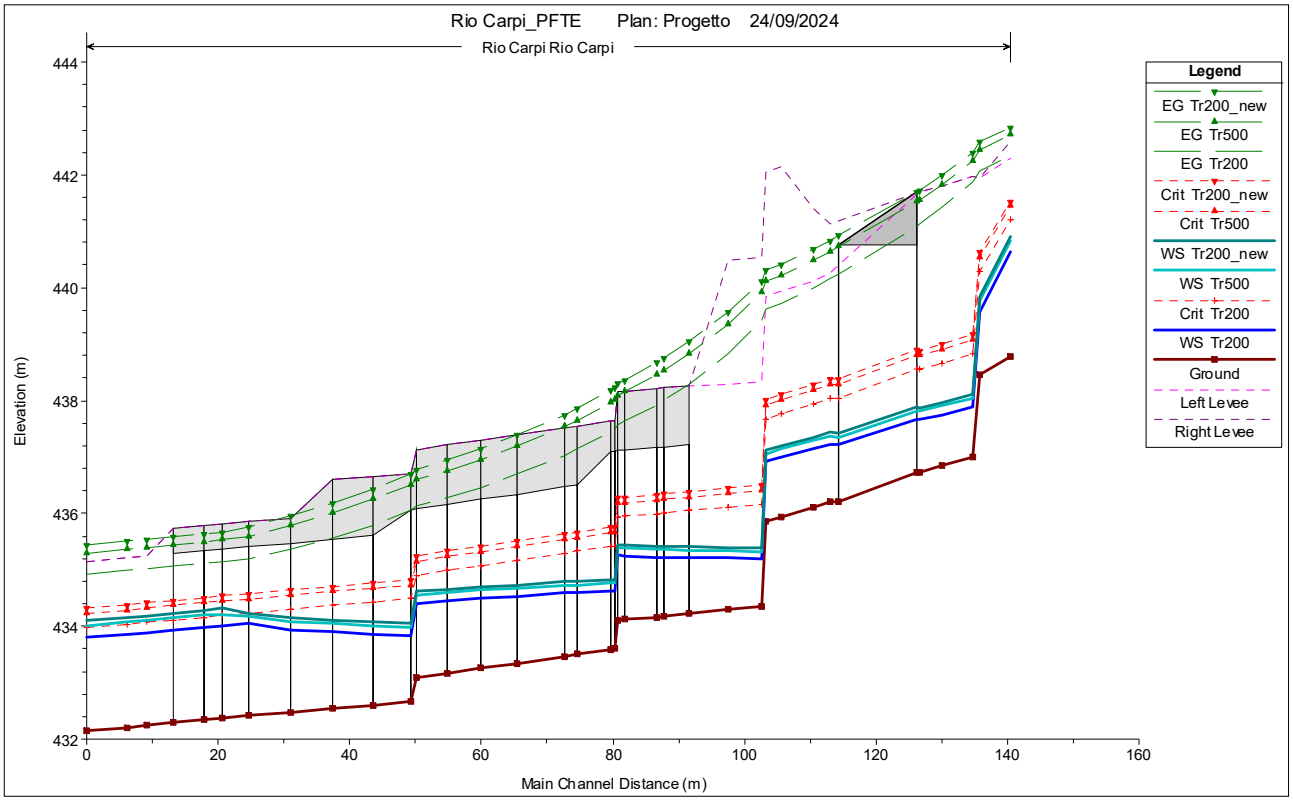
	Tr200		
	1. AdBPo	**2. ArpaL**	**3. WP1**
Metodo razionale	36.5	38.0	46.7
Modello idrologico	46.4	-	60.1

Dal momento che i valori ottenuti con il metodo razionale risultano inferiori o similari ai valori calcolati dal modello idrologico (sia originario, sia aggiornato), si è ritenuto non significativo implementarli nel modello idraulico.

Il modello idraulico è stato invece implementato con il valore di portata maggiore, ottenuto dall'aggiornamento del modello idrologico con l'aggiornamento delle piogge del rapporto WP1.

Di seguito si riportano i risultati delle tre portate considerate lungo l'alveo principale.

- Tr200 = 46.4 m^3/s
- Tr500 = 56.0 m^3/s
- Tr200_new = 60.1 m^3/s



Come si può evincere dall'immagine precedente, nella configurazione di progetto le portate risultano sempre contenute; in particolare la portata cinquecentennale e la portata duecentennale aggiornata vedono un aumento dei tiranti di 20-25cm rispetto ai tiranti con portata duecentennale originaria, come evidenziato nella tabella seguente.

Sez.	**Quota di fondo** *(m s.l.m.)*	**Livello Tr200** *(m s.l.m.)*	**Livello Tr500** *(m s.l.m.)*	**Livello Tr200_new** *(m s.l.m.)*	**Quota intradosso** *(m s.l.m.)*
320 ponte	436.72	437.66	437.81	437.87	440.75
300 ponte	436.21	437.23	437.38	437.44	440.75
250	434.22	435.22	435.35	435.41	437.22
240	434.18	435.23	435.36	435.42	437.18
230	434.16	435.22	435.36	435.41	437.16
220	434.12	435.25	435.39	435.44	437.12
216	434.11	435.26	435.39	435.45	437.11
215	433.6	434.63	434.77	434.83	437.1
210	433.59	434.63	434.77	434.82	437.09

Sez.	Quota di fondo	Livello Tr200	Livello Tr500	Livello Tr200_new	Quota intradosso
200	433.5	434.6	434.73	434.79	436.5
190	433.47	434.59	434.73	434.78	436.47
180	433.34	434.53	434.67	434.73	436.34
170	433.25	434.49	434.64	434.7	436.25
160	433.16	434.45	434.6	434.66	436.16
150	433.08	434.41	434.56	434.62	436.08
140	432.66	433.83	433.98	434.05	436.06
130	432.6	433.85	434.01	434.07	435.5
120	432.54	433.89	434.05	434.11	435.5
110	432.47	433.93	434.08	434.15	435.47
100	432.41	434.06	434.18	434.24	435.41
90	432.37	434.01	434.19	434.32	435.37
80	432.34	433.97	434.19	434.28	435.34

5. CONCLUSIONI

Il calcolo del valore di portata di un bacino piccolo ma complesso come quello del rio Carpi dipende da numerose variabili, non sempre di facile assunzione, e del metodo di calcolo utilizzato. Nella presente trattazione si è evidenziato come il modello idrologico adottato nel precedente progetto sul rio Carpi fosse maggiormente cautelativo rispetto al classico metodo razionale; quest'ultimo con il set di piogge aggiornate porta ad un valore di portata del tutto simile a quello adottato per valore di dimensionamento per il presente progetto.

L'aggiornamento del valore di portata TR 200 utilizzando il modello HEC-HMS porta invece a valori al colmo decisamente superiori, paragonabili di fatto al valore TR 500 derivante dal metodo razionale.

In definitiva, lasciando agli istituti competenti la definizione del metodo da adottare, ai fini del presente progetto, viste le caratteristiche del tratto terminale del rio Carpi, è possibile fare le seguenti considerazioni:

- la linearità e la pendenza del nuovo tratto consente il completo deflusso anche per incrementi di portata, se pure con un corrispondente incremento del carico cinetico;
- le opere di trattenuta già realizzate a monte dovrebbero limitare notevolmente l'incertezza dei tiranti generalmente causati dalla presenza di trasporto solido, e di conseguenza si ritiene che non si dovrebbero verificarsi ulteriori diminuzioni del franco idraulico connesse con fenomeni di trasporto di fondo o flottante;
- in corrispondenza del vecchio alveo si prevede di mantenere il muro di sponda sinistra della nuova sezione a una quota corrispondente al Tr200 anni in condizioni di annullamento del franco; per tiranti superiori, quali quelli della portata cinquecentennale e della portata duecentennale aggiornata, si prevede la riattivazione del vecchio alveo, alleggerendo il nuovo tratto di sezione compreso tra le sezioni RS270 e 190. Si evidenzia che i risultati del modello idraulico sopra riportati tengono conto dell'intera portata e non dell'"alleggerimento" dovuto all'attivazione del vecchio canale;
- il tratto a valle della confluenza dei due canali risulta fortemente vincolato dalla presenza di elementi urbani esistenti e non delocalizzabili; si ritiene che la soluzione progettuale attuale preveda la più ampia sezione di deflusso realizzabile in quel tratto, indipendentemente dalla portata di dimensionamento adottata.

In conclusione, si ritiene che il valore di portata duecentennale adottato possa essere soggetto a incrementi dovuti all'aggiornamento dei dati idrologici, ma che esso sia da ritenersi corretto come assunzione a base di progetto, viste le necessità della progettazione.

Inoltre nella relazione a supporto del progetto era già stata effettuata una valutazione volta a valutare le condizioni di esercizio dell'opera in presenza di una portata maggiore rispetto a quella di progetto connessa con gli effetti dovuti al cambiamento climatico.

Per quanto riguarda il nodo alla confluenza dei due canali, si evidenzia che il canale attuale confluirà nel nuovo canale con un salto di fondo di circa 0.60m, e che – visti i tiranti relativamente contenuti – la dinamica alla confluenza non sia da considerarsi critica.