



CITTA' DI TORINO
 DIVISIONE AMBIENTE, VERDE E PROTEZIONE CIVILE
 AREA VERDE
 SERVIZIO GESTIONE GRANDI OPERE



**PROGRAMMA OPERATIVO NAZIONALE
 CITTA' METROPOLITANE (PON METRO) 2014 - 2020**
 Asse 2 - Sostenibilità dei servizi e della mobilità urbana - Misura 2.2.3 Mobilità lenta
 Codice Progetto TO2.2.3.c

**REALIZZAZIONE GREEN BELT
 Ciclopista Parco Dora - Pellerina - Collegno
 Cod. Opera 4426 - CUP. C17B16000090006**

**PROGETTISTA E COORDINATORE
 DEL PROGETTO**

arch. Pier Giorgio AMERIO

PROGETTISTI:

geom. Mauro GRIVA

dott. Mario ANDRIANI

arch. Ivo D'ANGELO

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE:

geom. Francesco RAGONESE

arch. Giorgio COROTTO

ing. Antonio MOLLO

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 E DIRIGENTE DEL SERVIZIO:**

arch. Sabino PALERMO

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE IDROLOGICA E
 IDRAULICA**

**ELAB
 N. 2b**



COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Virgilio Anselmo
 Dott. For. Fulvio Anselmo

Collaboratori:

Dott. For. Davide Spada
 Dott. Ing. Donato Vittore

Studio ANSELMO Associati

Via Vittorio Emanuele n°14

10023 CHIARI (TO)

Tel-Fax. 011 9415835

e-mail: info@anselmoassociati.it



UNIONE EUROPEA
 Fondi Strutturali e di Investimento Europei

Sommario

1	PREMESSA.....	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	1
3	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	2
4	VERIFICA IDRAULICA.....	2
4.1	Geometria del modello	2
4.2	La modellazione idraulica	2
4.2.1	Portate di riferimento.....	3
4.2.2	Condizioni al contorno.....	3
4.2.3	Scabrezza.....	3
4.3	Risultati	4
	APPENDICE - A - Risultati della modellazione	7
	APPENDICE - B -- Sezioni trasversali.....	11
	APPENDICE - C - Repertorio fotografico.....	29
	APPENDICE - D - Aspetti idrologici.....	33
5	PREMESSA.....	35
5.1	Le prime indicazioni dell’Autorità di bacino.....	36
5.2	I contributi scientifici	37
5.3	Le osservazioni comprese negli Studi idrogeomorfologici di supporto al PRGC di Torino 39	
5.4	Le osservazioni in merito all’evento dell’ottobre 2000.....	47
5.5	I risultati del Progetto di Variante del 2006.....	49
6	RIFERIMENTI CITATI	50

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

1 PREMESSA

Il tronco di pista ciclopedonale in progetto si diparte dalla viabilità esistente e si innesta all'ex-ponte canale con cui la Bealera Ceronda attraversava la Dora Riparia. L'ex-ponte canale fa parte della viabilità ciclabile nell'area dell'attuale Parco Calabria connessa alla Pellerina.

Il tronco di pista in argomento si sviluppa sul coronamento del rilevato corrente in fregio alla sponda sinistra della Dora Riparia realizzato dopo il 2001 e pertanto ricade entro la fascia di 10 m dal ciglio della sponda in cui l'art. 96 lettera f) del R.D. 523/1904 vieta la realizzazione di "fabbriche". E' noto che il piede dell'argine, costituente originariamente il limite per il calcolo della distanza, è stato assimilato al ciglio della sponda. Pertanto, si espone la relazione idraulica che segue finalizzata alla verifica delle condizioni di convogliamento nel tronco di alveo di interesse. Alla relazione idraulica è allegata una relazione idrologica che riepiloga i principali passi succedutisi nella assegnazione delle portate di riferimento.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il tronco d'alveo in oggetto compare nella cartografia delle fasce fluviali al limite della Fascia B (Figura 2-1) e negli elaborati grafici allegato al Piano per la gestione del rischio di alluvione (PGRA,

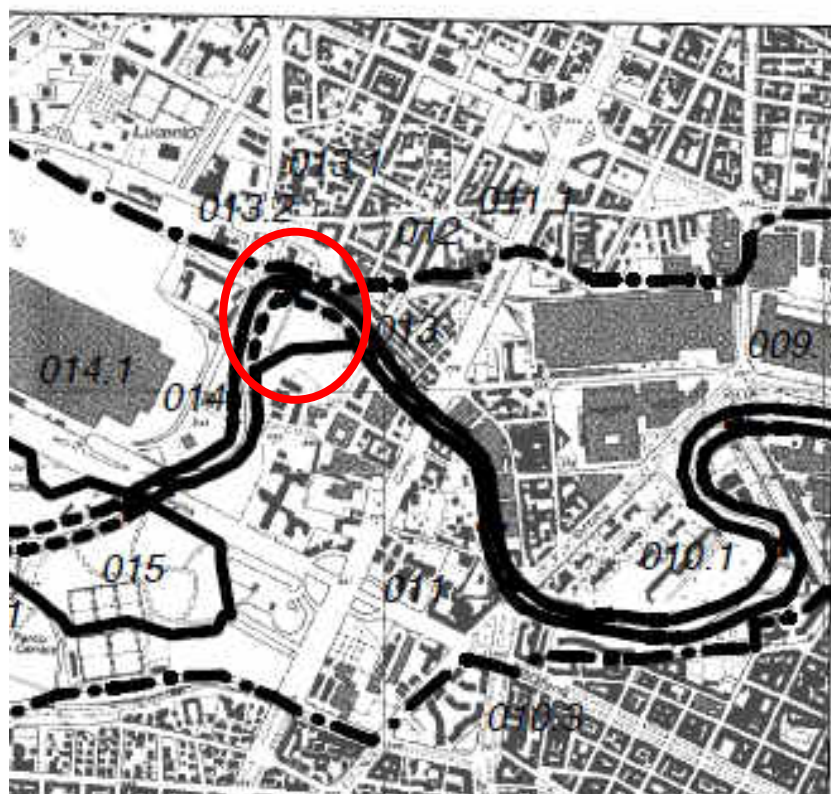


Figura 2-1 – Estratto dalla cartografia delle Fasce fluviali (sezione 155_2_2008_05). La fascia B abbraccia l'intera porzione del parco Calabria in corrispondenza dell'ex ponte canale della Bealera Ceronda (non riportato in carta)

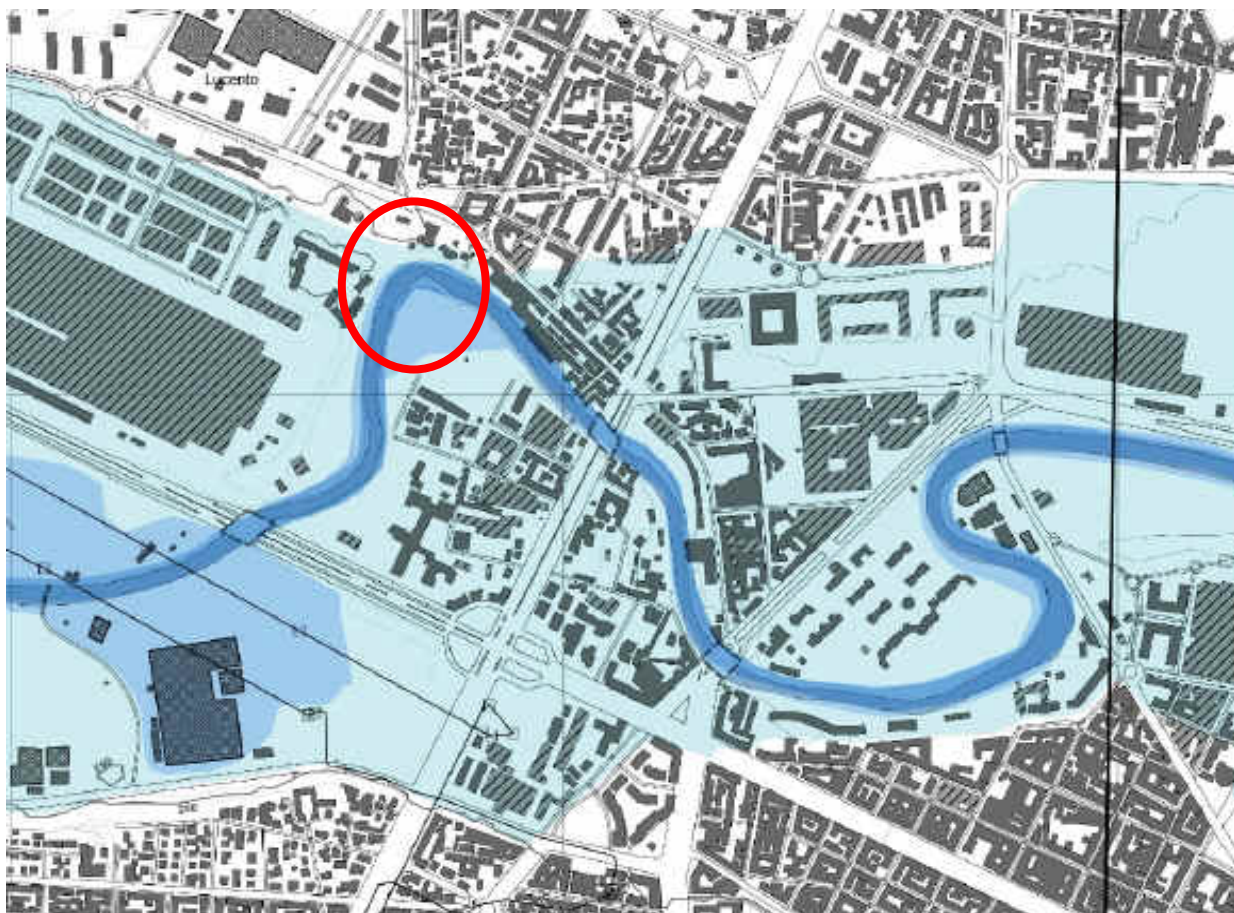


Figura 2-2 – Estratto dal PGRA (sezione 155 SE)

3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Si rimanda all'APPENDICE - C- Repertorio fotografico.

4 VERIFICA IDRAULICA

La verifica idraulica è finalizzata alla determinazione dei livelli di piena del corso d'acqua al fine di accertare la compatibilità idraulica delle opere in progetto.

4.1 Geometria del modello

La geometria di partenza deriva dalla carte tecnica della Città utilizzata per l'allestimento del modello numerico di moto permanente allegato alla variante al PRGC ed è stata integrata con nuove sezioni utilizzando i dati *lidar* acquisiti dal Ministero dell'Ambiente.

4.2 La modellazione idraulica

La modellazione idraulica è stata condotta utilizzando il codice di calcolo Hec-Ras. La posizione delle sezioni sono riportate nella Tavola 1.

La geometria introdotta nel modello corrisponde allo stato attuale delle sponde del settore golenale, mentre non è dato conoscere con esattezza la batimetria al piede del muro di sponda sinistra.

Gli attraversamenti stradali e pedonali sono stati modellati come ponti (*bridges*). Inoltre, sul piano campagna oltre le sponde sono stati introdotti degli "*ineffective flow areas*" (porzioni di sezione con acqua in moto con velocità praticamente nulla) per simulare l'allagamento di aree inondabili.

Sulla pila del ponte-canale per simulare la presenza di materiale flottante intrappolato è stato inserito un ostacolo della larghezza di 7 m secondo la procedura contenuta nel codice di calcolo.

4.2.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Nella modellazione idraulica sono state utilizzate le seguenti portate di piena di riferimento derivate:

- 630 m³/s – Studio di fattibilità 2003
- 530 m³/s – Variante PAI 2007
- 520 m³/s – portata stimata nell'evento dell'ottobre 2000

Le portate di riferimento della Dora Riparia sono oggetto di incertezza. La disamina dell'argomento è riportata in appendice dove si riprende l'analisi allestita per la verifica del nuovo ponte di Via Livorno.

Si rammenta comunque che la portata di 530 m³/s sarebbe conseguente alla realizzazione della cassa di laminazione di Alpignano-Caselette allo scopo di ridurre le portate in arrivo a Torino.

4.2.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

Nella modellazione si è assunto, in base ai dati del rilievo, che:

- a) a monte, la pendenza della linea dell'energia sia dello 0.20%;
- b) a valle, il pelo libero sia a quota di quello del Po in piena (212.41 m s.l.m.).

Il calcolo è stato attivato imponendo la condizione di moto "*mixed*" (mista), in quanto si presume che la corrente in alcune sezioni possa transitare attraverso lo stato critico, poiché nel tratto sono presenti degli attraversamenti stradali.

4.2.3 SCABREZZA

La scabrezza è stata determinata seguendo le indicazioni delle tabelle riportate nei manuali tecnici e in base ai valori già assunti nella modellazione citata. I valori sono pari rispettivamente a:

- a) alveo $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;
- b) piano campagna $n = 0.070 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

4.3 Risultati

I risultati delle simulazioni sono compendati nelle tabelle riportate nell'4.3APPENDICE - A. Le sezioni del modello idraulico allo stato attuale sono riportate nell'APPENDICE B. La planimetria, con indicazione delle sezioni, costituisce la Tavola 1 premessa alle appendici. In Figura 4-1 si riporta il profilo del modello idraulico del tratto considerato sovrapponendo le portate di piena di progetto di riferimento (Studio 2003 – 630 m³/s, Variante PAI – 530 m³/s, evento 2000 stimato pari a 520 m³/s). Il profilo risulta regolare su fondo regolarmente declive.

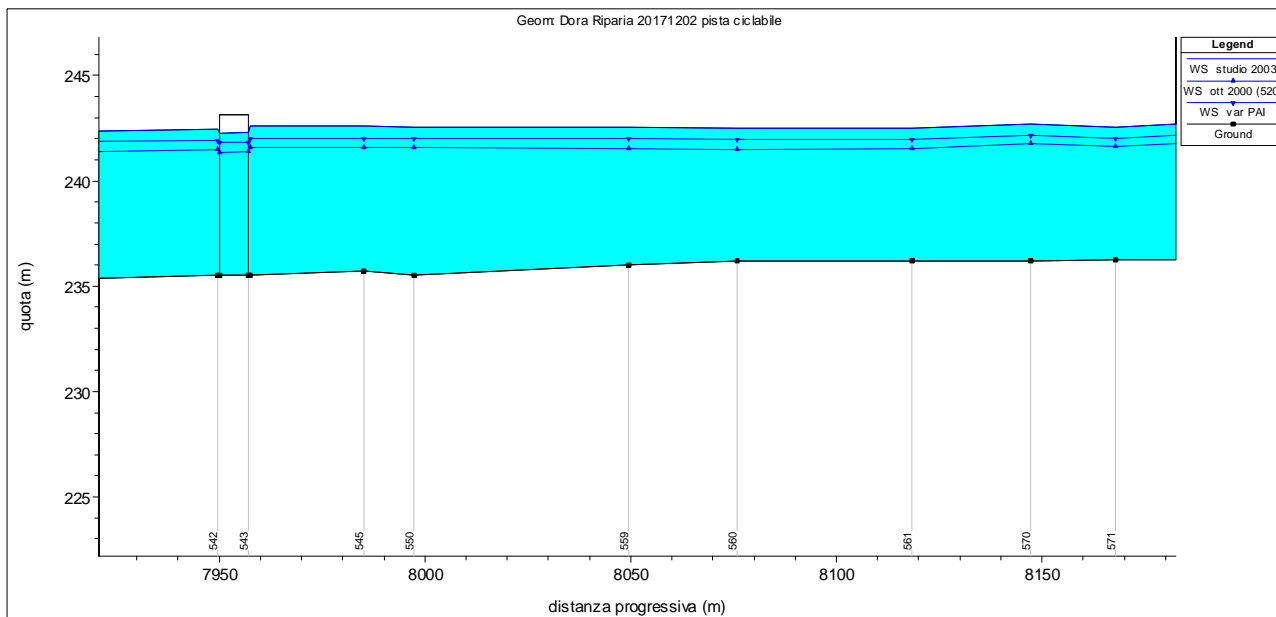
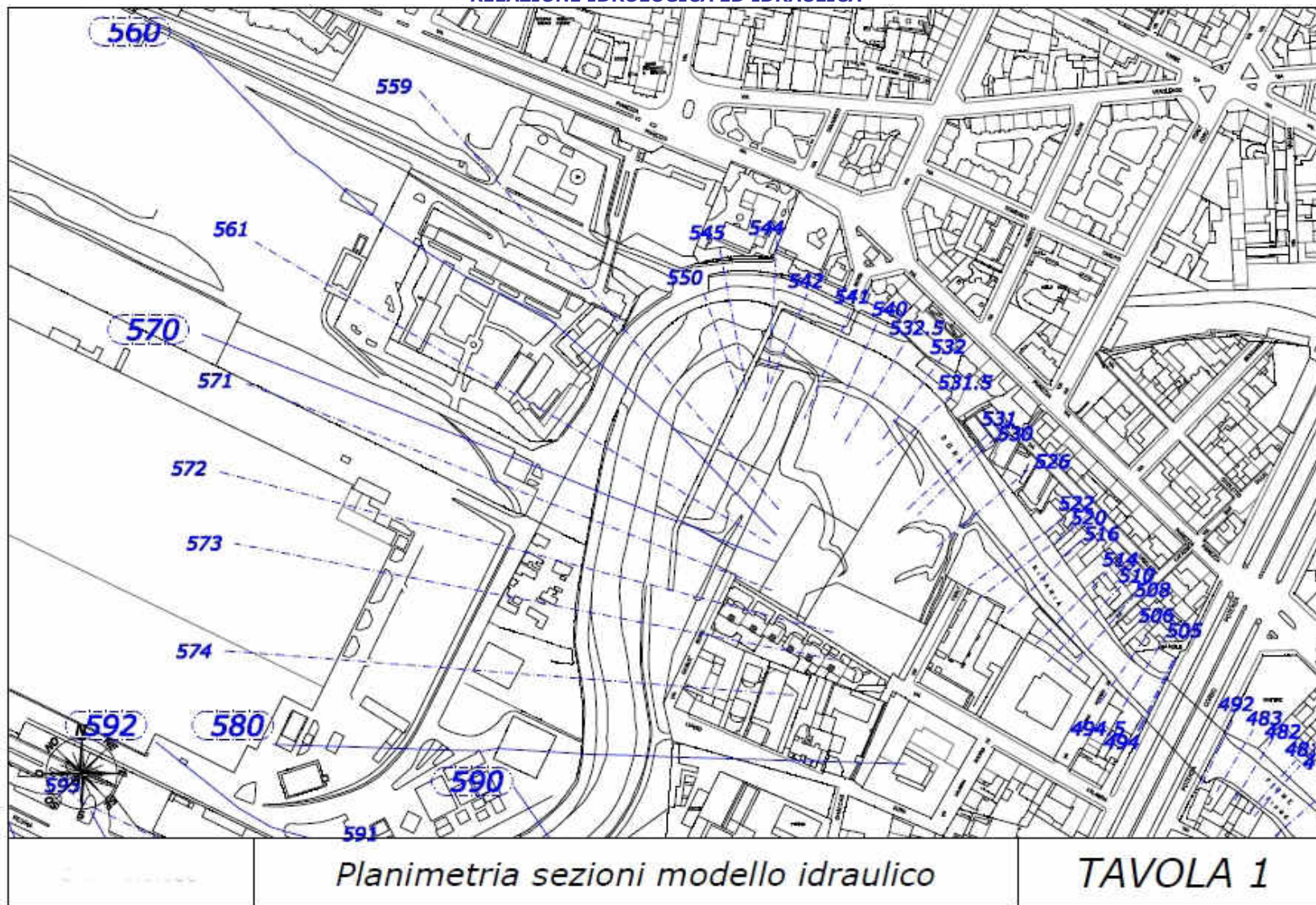


Figura 4-1 – Profilo del pelo libero per le portate assunte a riferimento

La situazione dell'alveo e delle sponde è tale da contenere le portate di piena di riferimento, fatto salvo per la sezione 559 in cui, in sponda sinistra, la geometria assunta segnala una debole tracimazione d'acqua con altezza sul piano campagna pari a 15 cm circa per la portata maggiore (630 m³/s) che, come detto sopra, si prevede di ridurre a 530 m³/s con la realizzazione della cassa di laminazione di Alpignano-Caselette. In ogni caso, date le incertezze insite nel procedimento (geometria del fondo, scabrezza, etc.) si ritiene trascurabile la segnalazione dell'inconveniente, che comunque può essere eliminato con il semplice rimodellamento del terreno compreso fra la viabilità esistente e la sponda.

La Variante PAI del 2006, a seguito della realizzazione della cassa di laminazione di Alpignano, fornisce per la sezione a ridosso del ponte (sezione 13.2 corrispondente alla sezione 544 del modello qui proposto) la quota 242.08, che si mantiene pressoché costante perché costituente il profilo di rigurgito del ponte e può essere estrapolata alla sezione sopra citata (559). Pertanto, a regime, la portata della piena di riferimento è contenuta.

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile - Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora - Pellerina - Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

APPENDICE - A - RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Si riportano i valori ottenuti dalla modellazione per le sezioni di interesse e per le tre portate assunte come riferimento. La portata stimata dalle tracce ed attribuita all'evento dell'ottobre 2000 ha puro interesse storico, dati gli effetti rilevanti osservati nel centro abitato.

Si ricorda che le colonne della tabella hanno il significato seguente:

Reach	: tronco considerato
River Station	: numero sezione (crescente da valle verso monte)
Profile	: profilo di riferimento
Plan	: simulazione di riferimento
Q total	: portata di riferimento
Min Ch El	: quota minima del fondo
W.S. Elev.	: quota del pelo libero
Crit - W.S.	: quota del pelo libero allo stato critico
E.G. Elev.	: quota della linea dell'energia
E.G. Slope	: pendenza "motrice"
Vel Chnl	: velocità media nell'alveo principale
Flow Area	: area bagnata
Top Width	: larghezza del pelo libero
Froude # Chl	: numero di Froude per l'alveo principale (la corrente è "veloce" per numero di Froude > 1)

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Torino	574	studio 2003 ott 2000	630	236.5	243.16	240.19	243.58	0.00129	2.87	219.45	40.61	0.39
Torino	574	(520)	520	236.5	242.32	239.76	242.72	0.001416	2.79	186.17	38.93	0.41
Torino	574	var PAI	530	236.5	242.6	239.79	242.96	0.001249	2.69	196.88	39.46	0.38
Torino	573	studio 2003 ott 2000	630	236.4	243.1	240.33	243.51	0.001325	2.84	221.74	44.12	0.4
Torino	573	(520)	520	236.4	242.25	239.86	242.65	0.001483	2.81	185.32	40.96	0.42
Torino	573	var PAI	530	236.4	242.53	239.91	242.9	0.001298	2.69	197.24	42.1	0.4
Torino	572	studio 2003 ott 2000	630	236.3	242.85	240.81	243.44	0.002168	3.4	185.09	40.27	0.51
Torino	572	(520)	520	236.3	241.96	240.31	242.57	0.002666	3.46	150.36	37.45	0.55
Torino	572	var PAI	530	236.3	242.3	240.36	242.83	0.002186	3.25	163.21	38.42	0.5
Torino	571	studio 2003 ott 2000	630	236.25	242.58	240.86	243.34	0.002855	3.86	163.19	35.31	0.57
Torino	571	(520)	520	236.25	241.65	240.36	242.45	0.003507	3.95	131.63	32.24	0.62
Torino	571	var PAI	530	236.25	242.06	240.4	242.74	0.002805	3.65	145.05	33.75	0.56
Torino	570	studio 2003 ott 2000	630	236.2	242.72	240.28	243.22	0.001551	3.16	201.34	51.41	0.44
Torino	570	(520)	520	236.2	241.8	239.85	242.31	0.001935	3.16	164.67	42.06	0.48
Torino	570	var PAI	530	236.2	242.18	239.88	242.62	0.001546	2.97	179.69	47.38	0.44
Torino	561	studio 2003 ott 2000	630	236.2	242.53	240.61	243.16	0.002219	3.52	180.33	86.6	0.51
Torino	561	(520)	520	236.2	241.54	240.1	242.22	0.003092	3.65	142.9	80.38	0.59
Torino	561	var PAI	530	236.2	241.99	240.15	242.56	0.002273	3.33	159.89	82.95	0.51
Torino	560	studio 2003 ott 2000	630	236.2	242.53	240.39	243.04	0.0017	3.15	202.23	104.37	0.47
Torino	560	(520)	520	236.2	241.51	239.97	242.07	0.002328	3.31	158.05	97.02	0.53

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

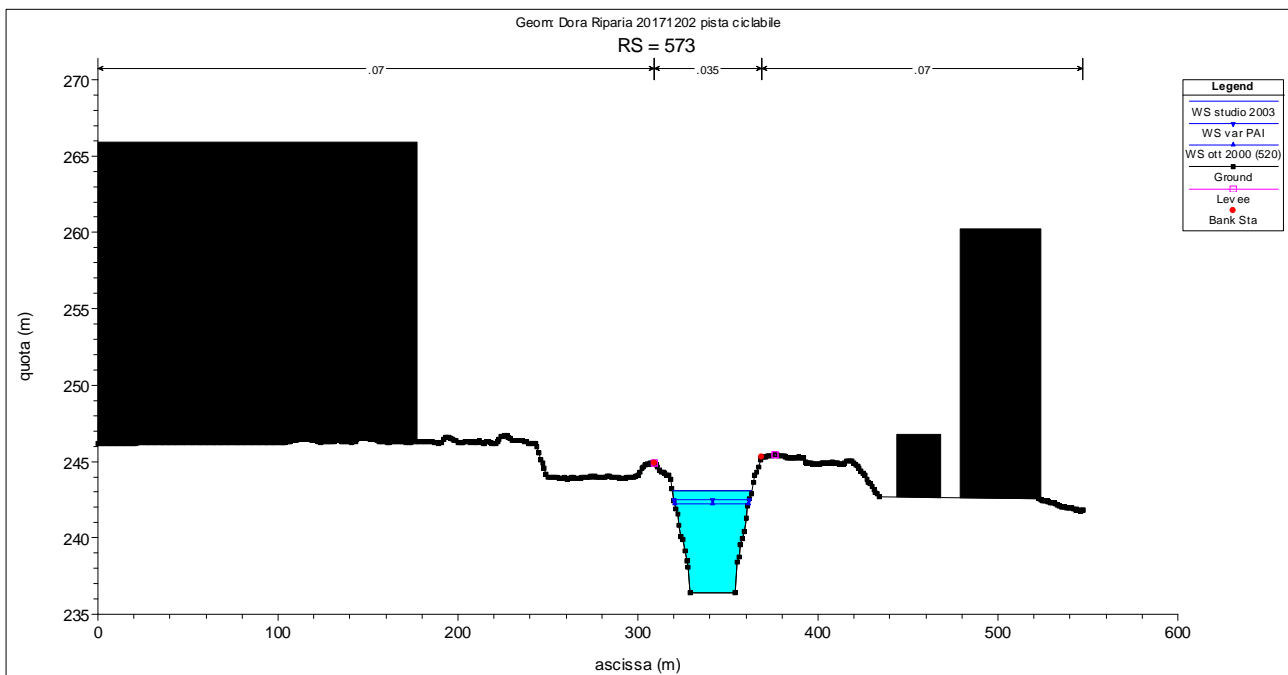
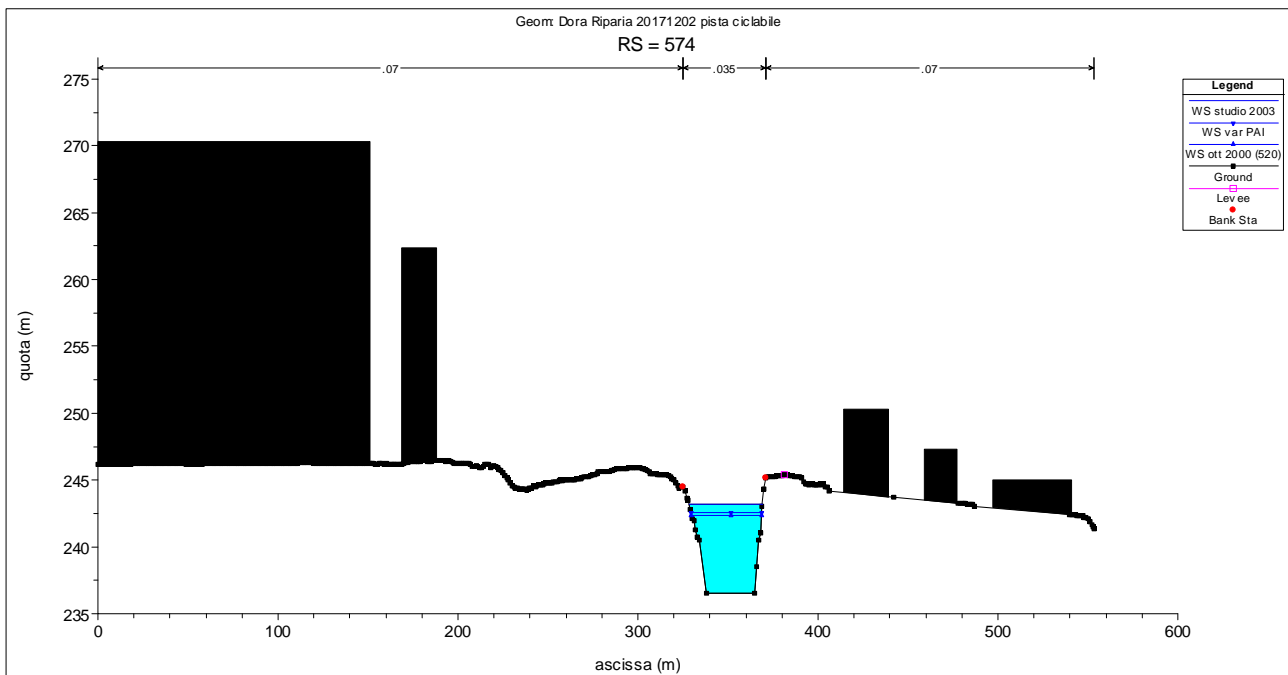
Torino	560	var PAI	530	236.2	241.98	240.01	242.44	0.001745	3.01	177.98	101.05	0.47
Torino	559	studio 2003 ott 2000	630	236	242.59	239.96	242.96	0.001192	2.72	240.47	141.42	0.39
Torino	559	(520)	520	236	241.57	239.54	241.97	0.001621	2.84	187.51	119.32	0.44
Torino	559	var PAI	530	236	242.03	239.58	242.37	0.001213	2.59	210.21	124.49	0.39
Torino	550	studio 2003 ott 2000	630	235.53	242.59	239.19	242.89	0.000804	2.44	258.56	118.15	0.32
Torino	550	(520)	520	235.53	241.58	238.79	241.88	0.001005	2.42	214.94	111.54	0.34
Torino	550	var PAI	530	235.53	242.03	238.83	242.29	0.000785	2.26	234.53	116.05	0.31
Torino	545	studio 2003 ott 2000	630	235.7	242.61	238.79	242.87	0.000621	2.27	278.41	125.25	0.28
Torino	545	(520)	520	235.7	241.6	238.43	241.85	0.000738	2.21	234.98	118.71	0.3
Torino	545	var PAI	530	235.7	242.05	238.46	242.27	0.00059	2.09	254.36	123.07	0.27
Torino	544	studio 2003 ott 2000	630	235.9	242.57	238.99	242.85	0.000697	2.33	271.23	171.72	0.3
Torino	544	(520)	520	235.9	241.56	238.62	241.83	0.000864	2.3	225.88	45.91	0.32
Torino	544	var PAI	530	235.9	242.02	238.66	242.26	0.000675	2.16	246.41	150.89	0.29
Torino	543	Bridge										
Torino	542	studio 2003 ott 2000	630	235.9	242.41	238.98	242.71	0.00075	2.45	262.26	165.77	0.31
Torino	542	(520)	520	235.9	241.43	238.62	241.72	0.000907	2.4	218.89	43.56	0.34
Torino	542	var PAI	530	235.9	241.9	238.65	242.16	0.000709	2.24	239.57	146.23	0.3
Torino	541	studio 2003 ott 2000	630	235.35	242.37	239.02	242.69	0.000834	2.48	253.68	102.74	0.33
Torino	541	(520)	520	235.35	241.38	238.61	241.69	0.000999	2.47	210.85	94.67	0.35
Torino	541	var PAI	530	235.35	241.86	238.66	242.13	0.000776	2.29	231.54	98.52	0.32

APPENDICE - B -- SEZIONI TRASVERSALI

La situazione attuale non differisce in sostanza dalla situazione di progetto eccetto che nella sezione a ridosso dell'ex ponte canale (sezione 544) in cui il rilevato in sponda sinistra arriva ad una quota pari all'impalcato del ponte.

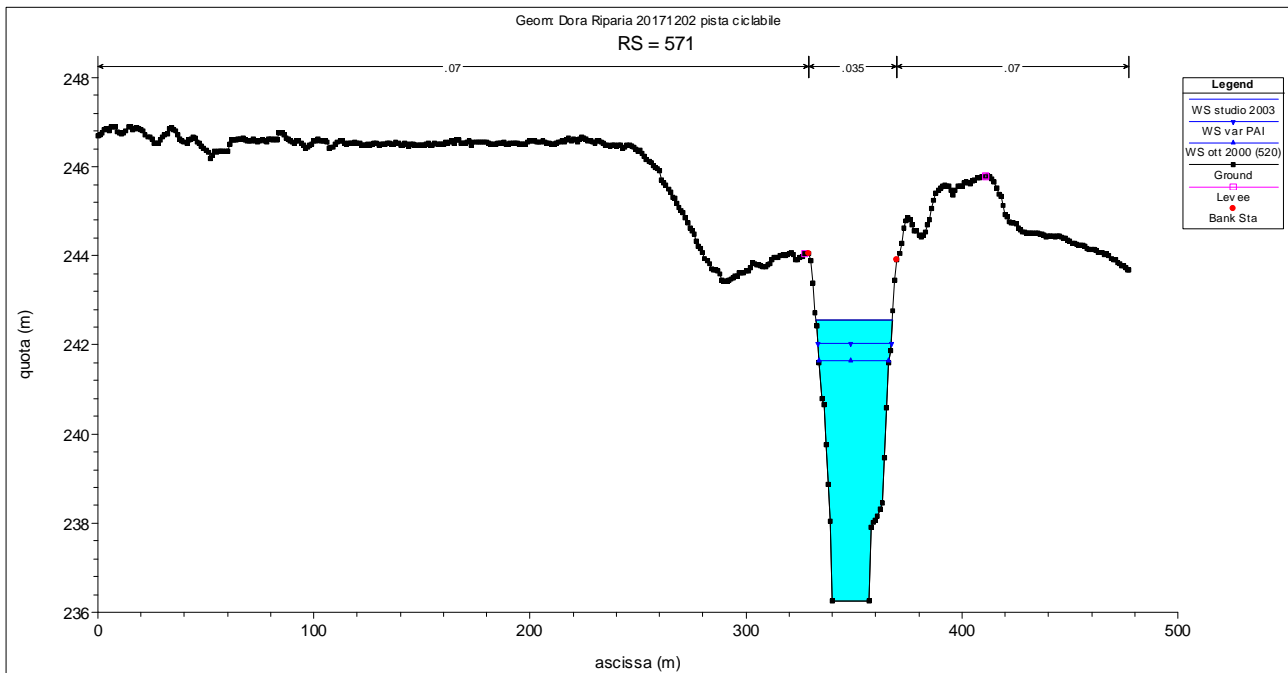
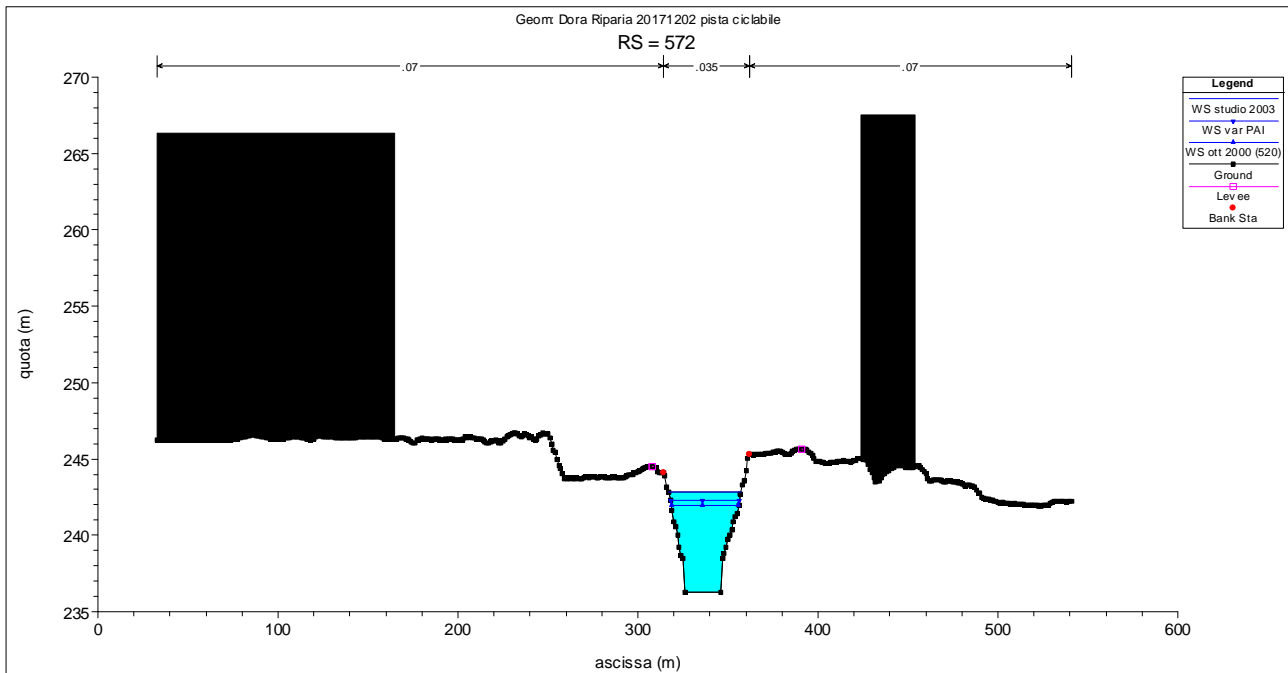
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
 Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
 Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



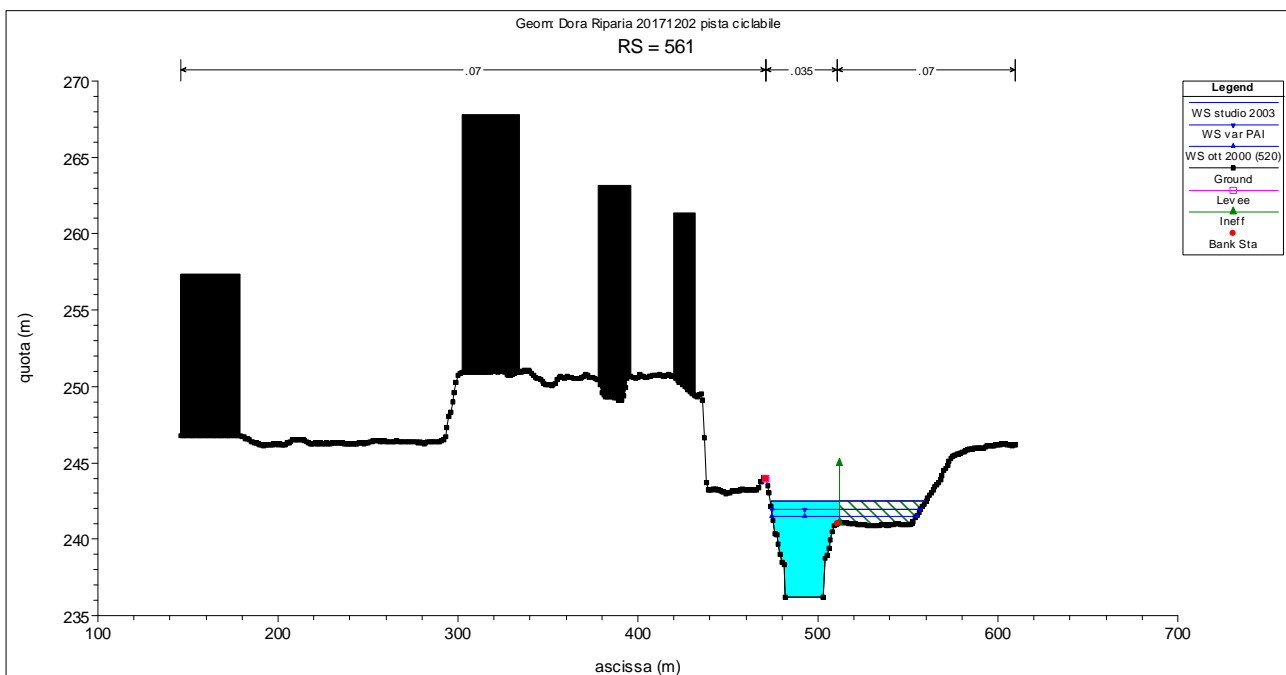
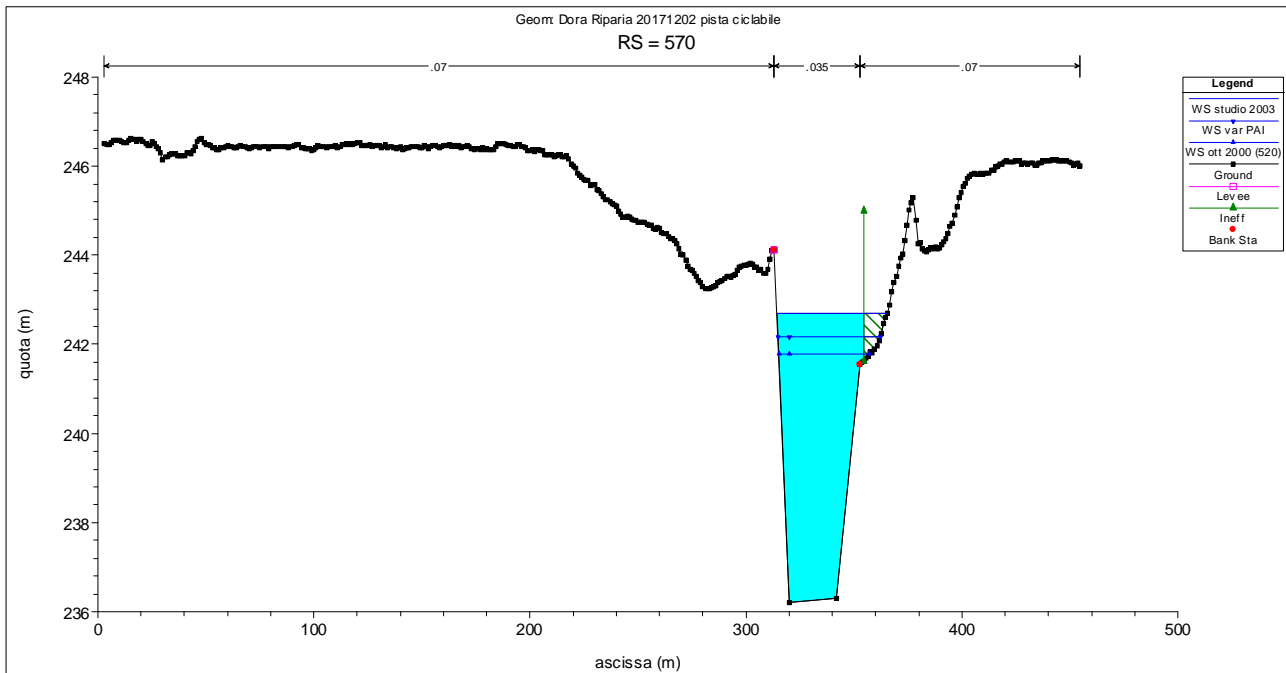
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



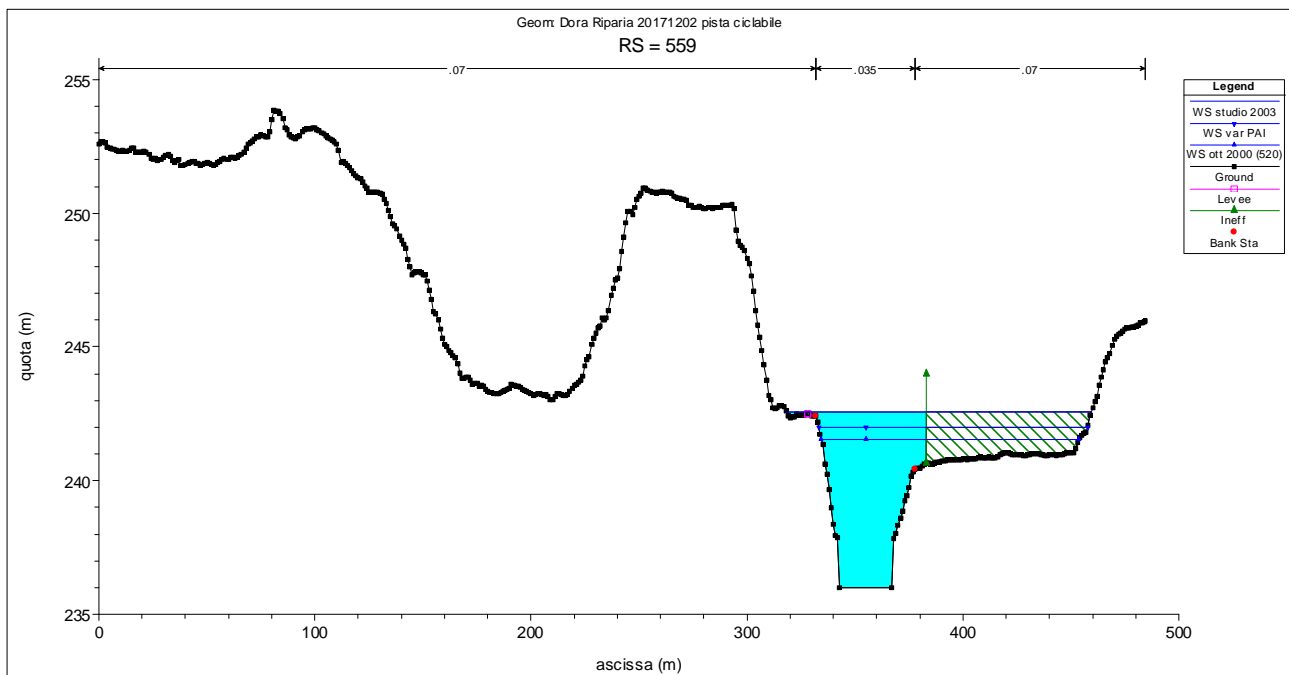
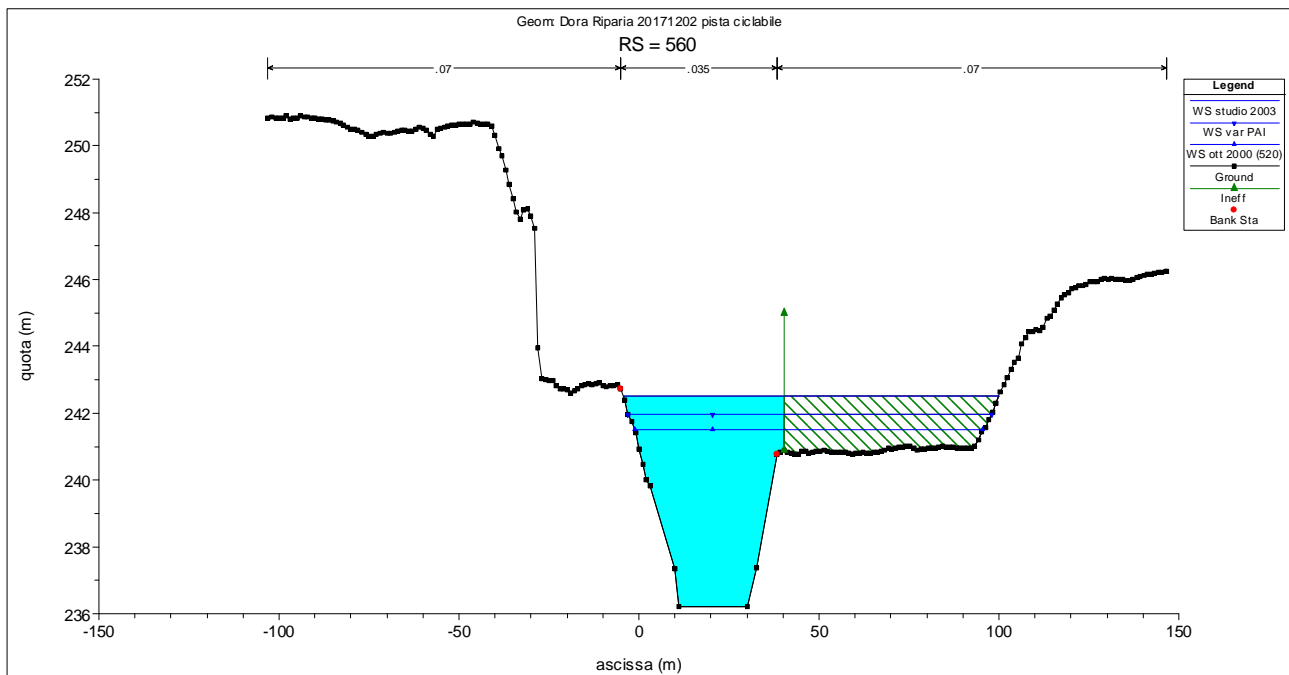
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



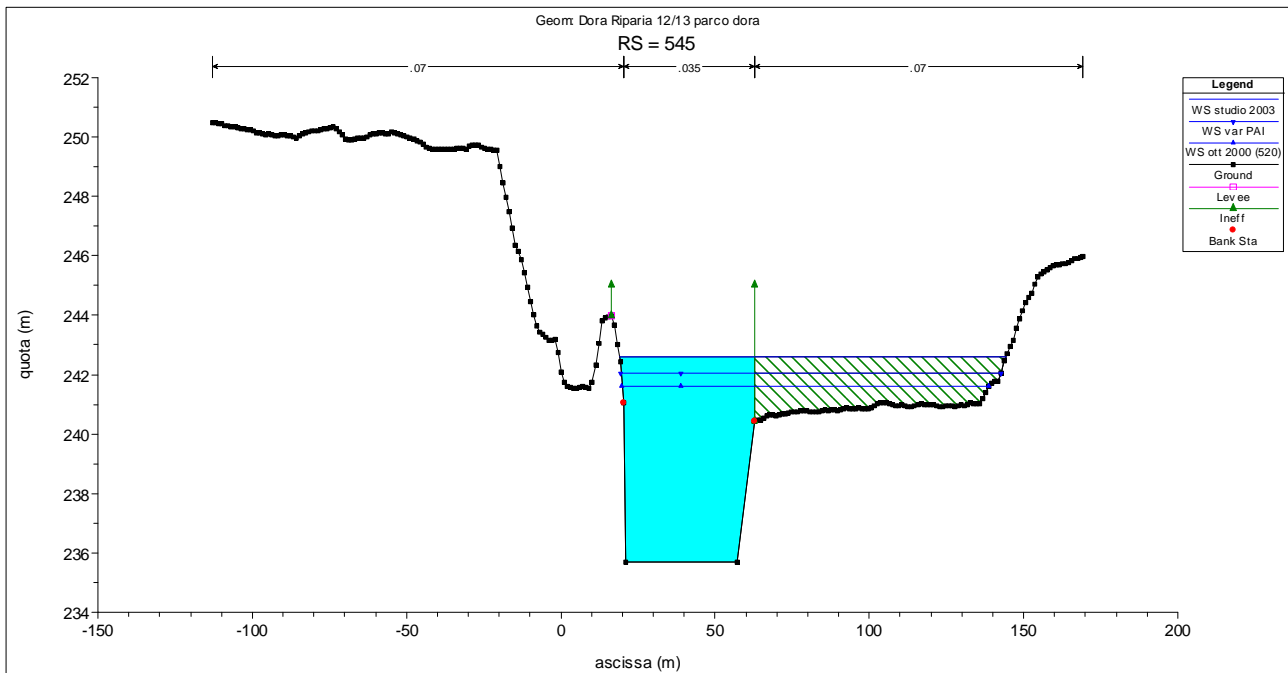
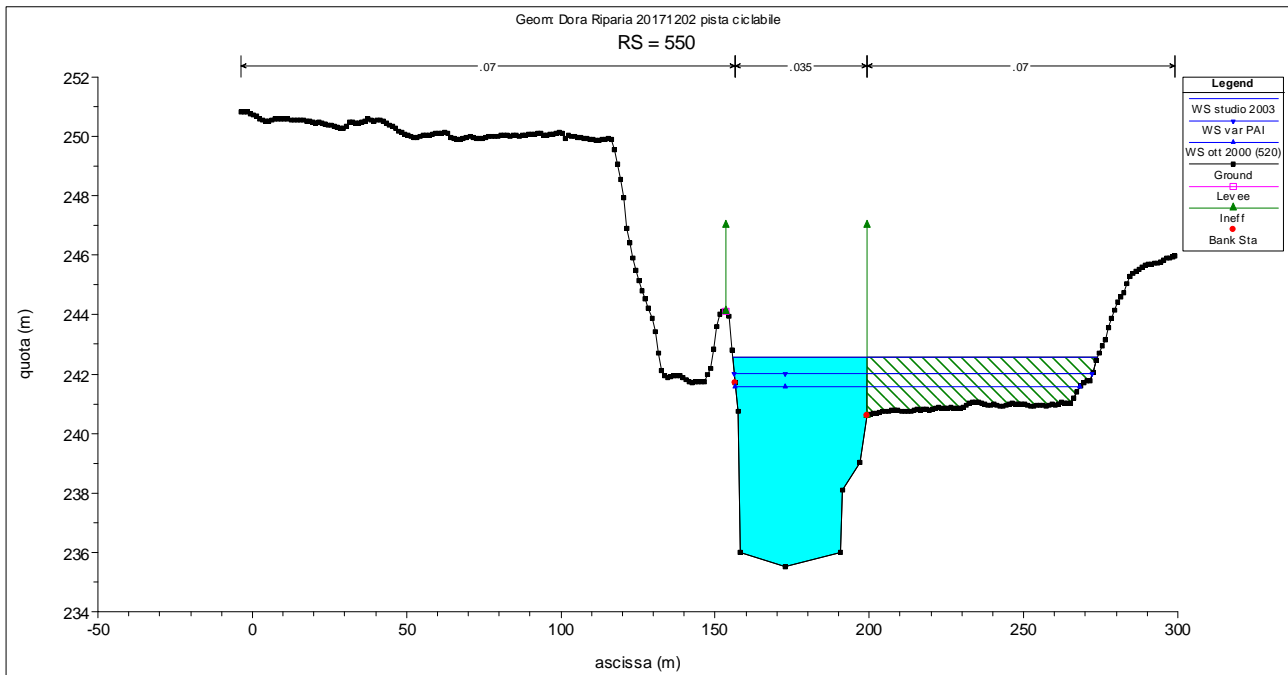
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
 Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
 Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



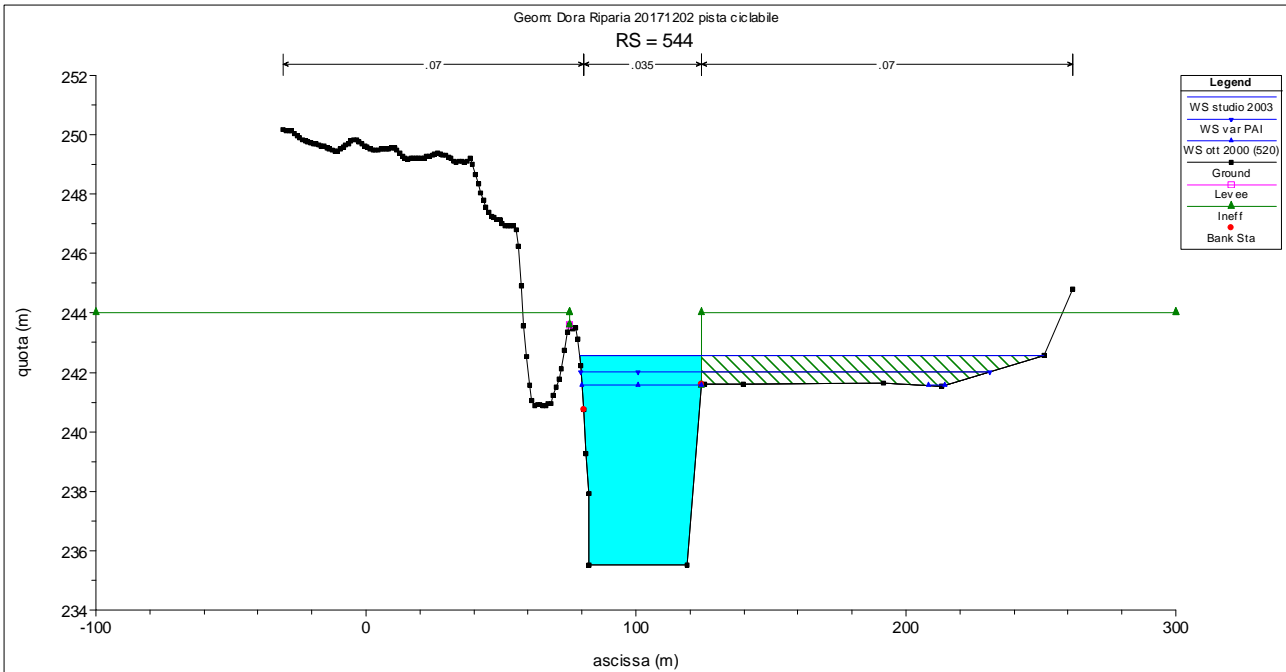
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
 Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
 Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

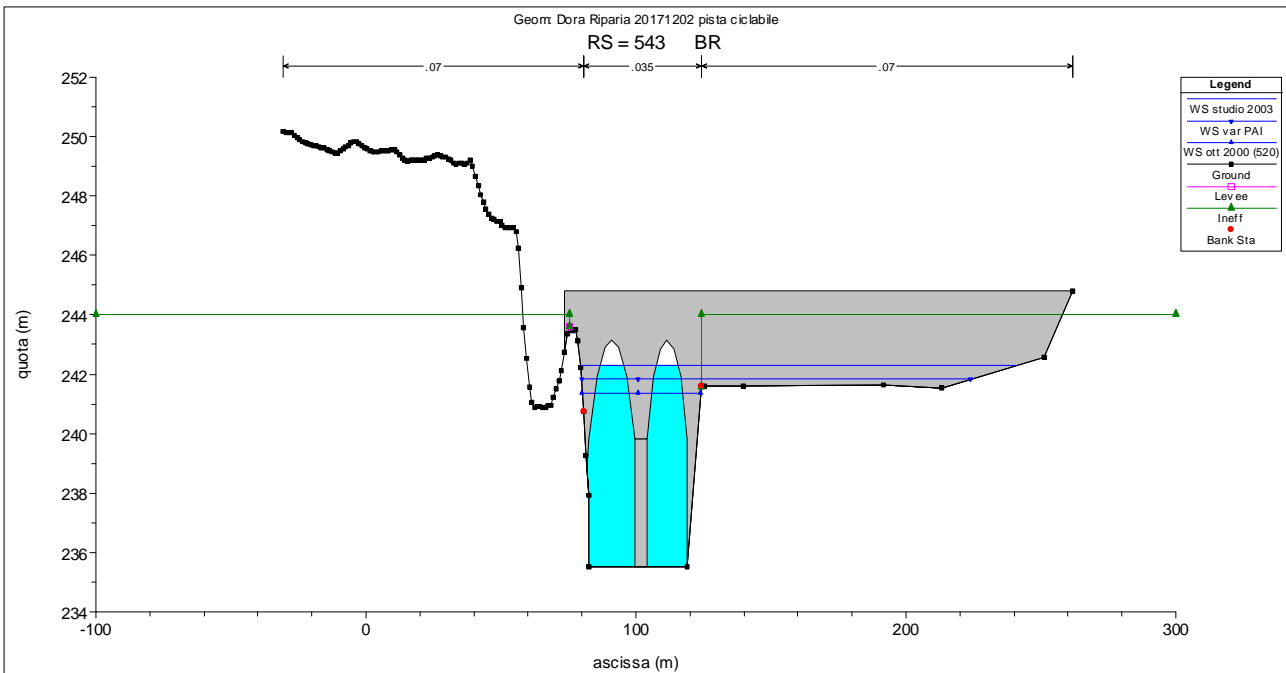


CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

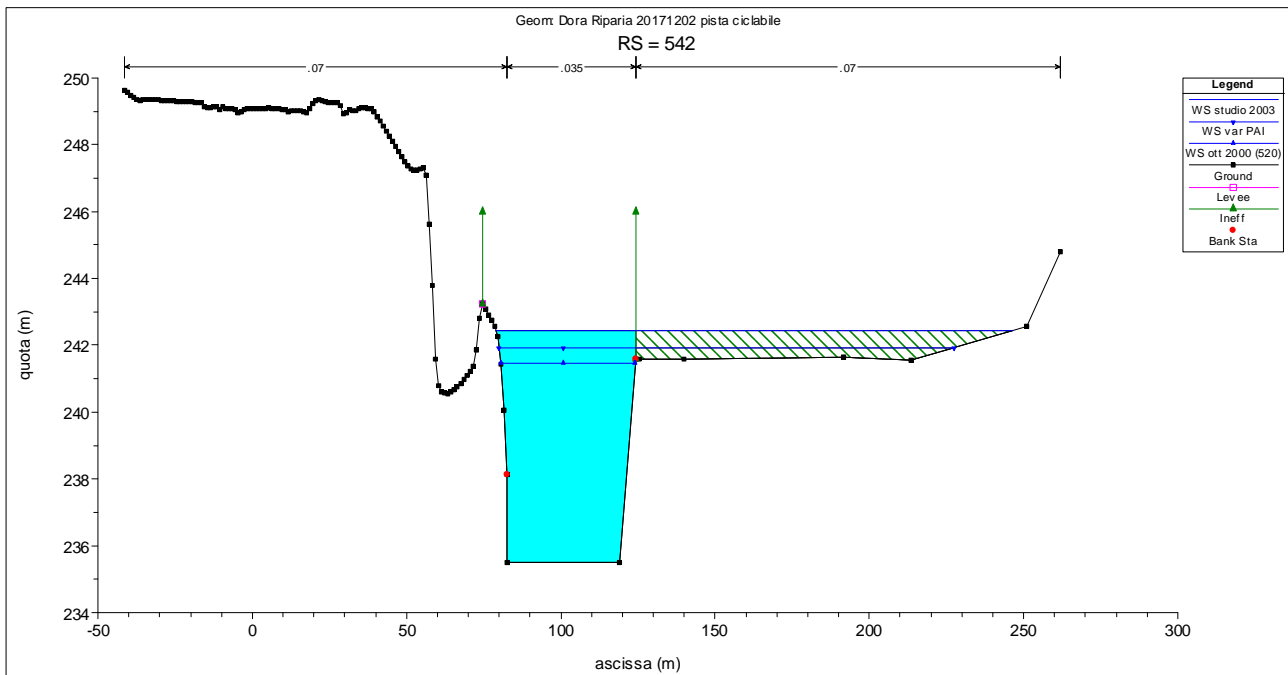
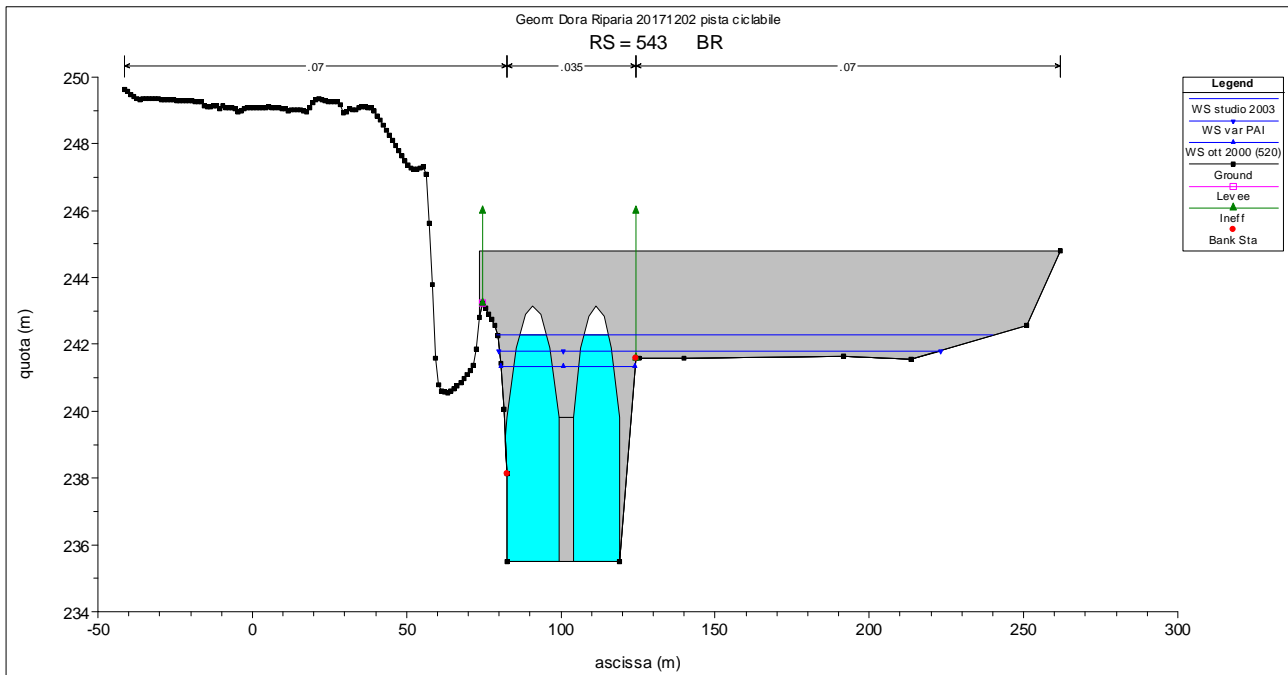


N.B. Nella condizione di progetto, in questa sezione (544 posta a monte del ponte) il rilevato in sponda sinistra arriva alla quota dell'intradosso del ponte, mantenendosi inalterate tutte le altre dimensioni.



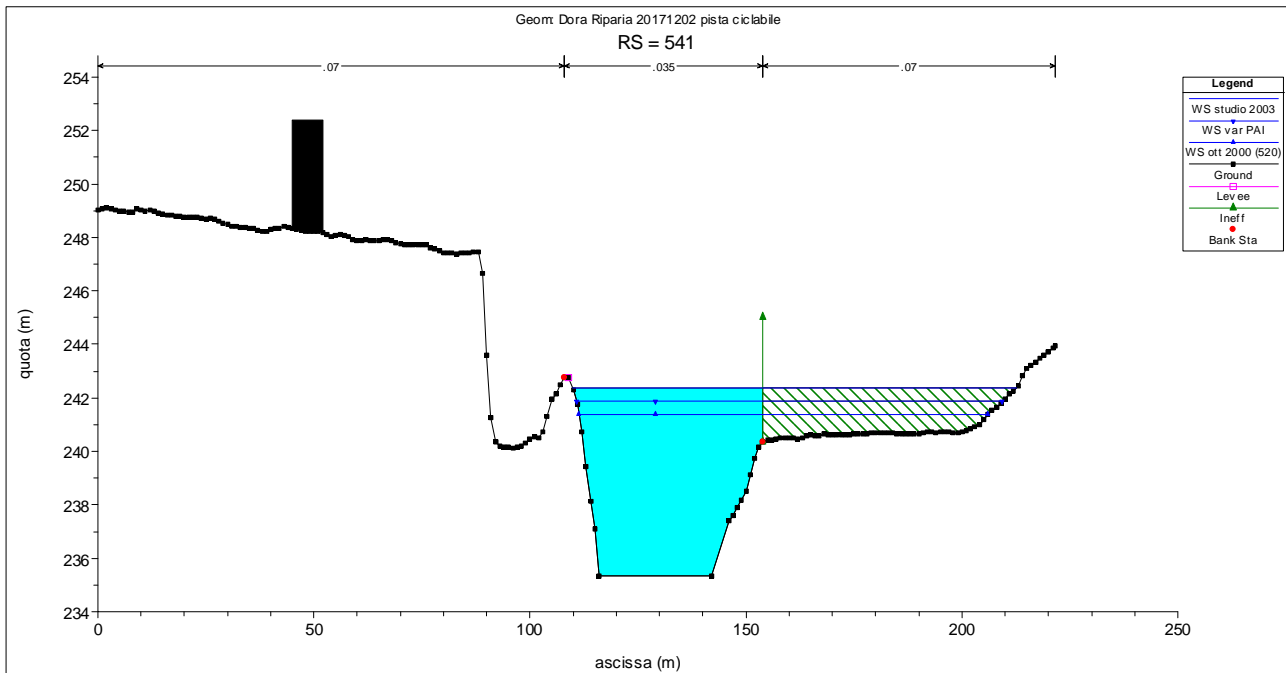
CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
 Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
 Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

APPENDICE - C - REPERTORIO FOTOGRAFICO



Figura 4-2 – Fiume Dora Riparia a monte del ponte canale. Il riquadro localizza dove verranno realizzate le opere in progetto. (foto: 2410-DSC01517)



Figura 4-3 – Fiume Dora Riparia a monte del ponte canale visto verso monte dall'alveo. (foto: 2410-DSC01517)



Figura 4-4 – Vista dal camminamento del ponte canale della parte di rilevato dove verrà eseguito il rilevato arginale in progetto. (foto: 2379-DSC01233)



Figura 4-5 – Vista del tratto del Fiume Dora Riparia a monte del ponte canale. (foto: 2379-DSC01237)



Figura 4-6 – Vista del tratto del Fiume Dora Riparia a valle del ponte canale. (foto: 2379-DSC01242)

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

APPENDICE - D - ASPETTI IDROLOGICI

La complessità connessa alla valutazione della portata di riferimento del bacino della Dora Riparia chiuso a Torino merita la digressione nel seguito proposta e, a suo tempo, allestita nella sostanza per la verifica di compatibilità idraulica del nuovo ponte di Via Livorno in Torino.

CITTA' DI TORINO
Divisione ambiente, verde e protezione civile – Area Verde - Servizio grandi opere
Ciclopista Parco Dora – Pellerina – Collegno
RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

5 PREMESSA

La Dora Riparia è un bacino idrografico singolare:

- a) dal punto di vista idrologico, le minori precipitazioni, rispetto ai bacini vicini (Stura di Lanzo e Sangone) determinano portate modeste a fronte della estensione dell'area di raccolta (si veda, per esempio, la Figura 5-2);
- b) dal punto di vista idraulico, la topologia della rete idrografica e la morfologia della bassa valle influenzano la formazione e la propagazione della piena.

La determinazione della portata di riferimento della Dora Riparia a Torino è riconducibile a diverse fonti. In particolare si riferiscono nel seguito:

- a) le indicazioni contenute nei documenti del PAI-Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del Fiume Po e, in particolare, nella Direttiva "Piena di progetto" in attuazione dell'art. 10;
- b) le indicazioni derivate dalla letteratura scientifica recente;
- c) le considerazioni riportate nella relazione allegata agli Studi di supporto;
- d) le osservazioni in merito all'evento dell'ottobre 2000 predisposte come aggiornamento delle indagini sopra citate a seguito dell'evento dell'ottobre 2000 nonché come studi di base per l'adeguamento a maggior scala delle fasce fluviali (CITTÀ DI TORINO, 1999 e 2002a).

In generale, è possibile rilevare, nel bacino della Dora Riparia, l'assenza di stazioni di misura delle portate in sezioni significative e per periodi accettabili. La stazione idrometrica di Oulx non venne infatti più ripristinata dopo la piena del giugno 1957. La stazione idrometrica di S. Antonino non fu più seguita dall'Ufficio idrografico del Po dopo l'evento del 1957, ma restò in gestione al Consorzio irriguo: La sua collocazione non è adatta a misurare portate superiori a 200 m³/s circa in quanto si verificano esondazioni proprio in corrispondenza della stazione. La stazione idrometrica installata dall'ENEL-CRIS al Ponte Washington in Torino non ha funzionato per un numero adeguato di anni di osservazione e risulta attualmente abbandonata. Anche in base ai dati del Piano di Tutela delle Acque, sulla Dora Riparia a Torino risulta in funzione una stazione di misura per la valutazione della qualità (), mentre i livelli idrometrici sono misurati a Susa nell'ambito della rete Arpa.

Si può, in un certo senso, dire che le portate di piena della Dora Riparia restino un enigma, nonostante che, da tempo immemorabile, le acque siano utilizzate per derivazioni irrigue ed industriali di grandissimo rilievo in passato e ancora attive, in parte, oggi.

Al di fuori delle stazioni dell'Ufficio Idrografico del Po, bisogna ricordare che, al ponte della Giacонера, in Comune di Borgone (circa 1.5 km a monte della stazione idrometrica di S. Antonino) risultano essere state avviate regolari osservazioni idrometriche fin dal 1871 con massima altezza raggiunta nel giugno 1876. L'idrometro rimase in funzione fino al 1926 quando fu trasferito nella sua attuale posizione in corrispondenza dello stramazzone noto come

Riparto Pernigotti e gestito dal Comune di Torino. Nel periodo successivo al 1876, viene citata a Borgone la piena del settembre 1920. Nonostante gli sforzi effettuati nella ricostruzione dello zero idrometrico e nel confronto fra i tre eventi gravi segnalati (giugno 1876, settembre 1920, giugno 1957) non risulta possibile arrivare a conclusioni certe. L'idrometria della Dora Riparia, nel secolo XIX, faceva riferimento al Ponte Mosca con indicazione della quota della magra a 222.40 m. La piena del giugno 1876 viene riferita con altezza di 2.0 m sulla magra, quindi 224.40 m (¹).

5.1 Le prime indicazioni dell'Autorità di bacino

La Direttiva "Piena di progetto" riporta il valore di 540 m³/s quale portata di riferimento per il tempo medio di ritorno di 200 anni a partire dalla sezione no. 3 (quota idrometrica del pelo libero di piena: 219.71 m s.l.m.) alla sezione no. 1 (quota idrometrica del pelo libero di piena: 215.00 m s.l.m.). L'indicazione è stata di recente confermata nell'ambito dell'iter di approvazione del nuovo attraversamento della TAV in adiacenza al ponte Alberto del Belgio (Corso Principe Oddone).

Rinviando ad un più approfondito esame, si possono comunque mettere in evidenza alcuni aspetti:

- a) la quota della piena in corrispondenza della sezione alla confluenza in Po mostra le diverse condizioni al contorno assunte nella modellazione, probabilmente riconducibili a diverse assunzioni nella scala delle portate della traversa AEM. Al ponte Washington, la divergenza dei risultati appare invece compatibile e congruente con le informazioni relative all'evento del novembre 1994 (quota pelo libero alle ore 18.10 del 6 novembre: 213.84 m con portata stimata pari a 320 m³/s, secondo i dati riferiti in Saccardo e Tomasino, 1995);
- b) forti divergenze sono presenti nel tronco urbano, riconducibili al fatto che, nell'ambito del PSFF, la portata di riferimento risulta pari a 440 m³/s; inoltre si può ritenere che i ponti siano stati ragionevolmente modellati in maniera schematica;

Le divergenze sono quindi riconducibili essenzialmente al diverso valore della portata assunto come riferimento nel tratto urbano nonché alla scala delle sezioni.

(¹) Il Ponte Mosca [...] risulta avere l'impalcato a quota 232.92 e, dal disegno, si ricava la quota 225.12 per l'imposta dell'arco e 221.90 per le acque di magra. Nel già citato volume del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1883), si riferisca la quota della magra a 222.24, donde la quota della piena del giugno 1876 arriverebbe a quota 224.25 circa ossia 90 cm sotto l'imposta dell'arco. La piena dell'ottobre 1839, in base alle cronache (Gazzetta Piemontese, 17 ottobre 1839), "alle 9 mattutine, la Dora Riparia scorreva, poco più poco meno, a 65 cent. sotto il peduzzo della volta del gran ponte", quindi più alta della piena del 1876. Sul disegno del ponte reperibile nell'archivio della IV Ripartizione del Civico Ufficio Tecnico (si segnala l'errore di trascrizione del valore della luce del ponte riportata pari a 42 m anziché 45 m) è riportata la piena del giugno 1957 cui viene attribuita la quota 225.92 m, abbondantemente sopra l'imposta dell'arco, quindi una quota confrontabile con quella della piena dell'ottobre 2000.

5.2 I contributi scientifici

La letteratura recente in materia di portate di progetto è costituita da una indagine estesa a tutti i corsi d'acqua italiani che sono stati oggetto di misurazioni di portata al colmo (Maione, Pessarelli, Tomirotti, 1999). Il metodo prende in esame il valore medio e lo scarto quadratico medio delle serie storiche esistenti con lo scopo di ricavare i valori di portata, con assegnato tempo medio di ritorno, per bacini privi di misure. L'algoritmo contiene parametri morfo-idrologici facilmente calcolabili quali: l'area del bacino sotteso, la media e lo scarto quadratico medio dei valori della precipitazione massima annuale di durata un giorno mediata su tutte le stazioni ricadenti nel bacino in esame ed il coefficiente di deflusso (nell'accezione tradizionale del Servizio Idrografico Italiano quale rapporto fra deflusso medio annuo ed afflusso sul bacino sotteso). Nei procedimenti effettuati per la stima iniziale dei parametri della regressione fra valori osservati e valori calcolati, la stazione di San Antonino sulla Dora Riparia viene scartata (volume 4, pag. 25) e pertanto la detta stazione non figura nella Tabella I (Ricostruzione dei valori campionari per la macroregione settentrionale), né nella successiva Tabella V (Stime ottenute dall'elaborazione statistica delle serie storiche), che contiene i valori di portata. Si deve pertanto ritenere che il bacino della Dora Riparia presenti significative anomalie tra il valore osservato ed il valore calcolato in base ai parametri proposti e che pertanto non rientra nei limiti accettabili della correlazione fra la portata al colmo ed i sopra citati parametri morfo-idrologici.

Il particolare comportamento del bacino della Dora Riparia è ben noto e, a questo proposito, merita ricordare che nell'ambito degli studi sul nuovo tracciato ferroviario della linea ad alta velocità, l'Italferr-Sis.T.A.V. (FERROVIE DELLO STATO, 1997), allo scopo di assegnare la quota di imposta del futuro attraversamento della linea in fregio all'attuale ponte Alberto del Belgio lungo Corso Principe Oddone in Torino, fece eseguire una apposita indagine idrologica sull'intero bacino della Dora Riparia riconducibile ad un modello concettuale (D'ALPAOS, 1982). L'indagine, inedita, è stata consultata presso il Civico Ufficio Tecnico della Città di Torino. La relazione, dopo un accurato esame dei risultati desumibili dalla bibliografia in argomento, conclude (pag. 26) che, *"in mancanza di osservazioni dirette di portata della Dora a Torino che consentano significative elaborazioni statistiche delle serie storiche registrate, è pratica usuale in idrologia determinare le probabili portate di piena di un corso d'acqua partendo dalle precipitazioni"*. Il procedimento è accettato pur sottolineando che (pag. 47) *"resta un problema ancora aperto nella modellistica idrologica la definizione della effettiva distribuzione spazio-temporale delle precipitazioni"*. Le considerazioni sono riportate per esteso nell'Appendice A; riassumendo i calcoli effettuati per varie durate di pioggia e tempi di ritorno, le conclusioni riferiscono che (pag. 51) *"eseguite le prove per le sei durate e per i due Tr, si sono potute tracciare le onde di piena alla sezione di chiusura del bacino montano, Condove-Chiusa San*

Michele, che a meno di effetti propagatori di laminazione (trascurati a favore della sicurezza) possono ritenersi valide per il tratto cittadino della Dora Riparia a Torino. Sia per $Tr=100$ che per $Tr=200$ anni la durata che si presenta critica, cioè dà colmo maggiore, è quella di 15 ore” e fornisce i valori di 488 e 532 m³/s rispettivamente per 100 e 200 anni di tempo medio di ritorno. I risultati sono stati ottenuti con un modello accuratamente tarato sugli unici due eventi passati di cui è stato possibile reperire le registrazioni idrometriche a Sant’Antonino (settembre 1947 e maggio 1948).

Gli studi sulla Dora Riparia pertanto sembrano concordare sull’assenza di significativi incrementi di portata con l’aumentare della superficie del bacino sotteso nel tratto intra-vallivo finale e nel tratto di pianura (in pratica da Susa a Torino).

L’assenza di dati osservati o di ricostruzioni affidabili in caso di asportazione della strumentazione (come è avvenuto a Sant’Antonino nel giugno 1957 e a Susa nell’ottobre 2000) rende estremamente difficile ogni congettura. L’opinione sopra citata resta suffragata da alcune osservazioni legate all’attuale assetto del territorio nel tratto finale della valle:

- a) la presenza di aree di esondazione lungo l’asta valliva, il cui ruolo non risulta essere mai stato indagato compiutamente. La presenza di tali aree è stata oggetto di una accurata indagine storica con riferimento ai principali avvenimenti del recente passato e si è confermata in occasione dell’evento dell’ottobre 2000. La stessa indagine ha mostrato altresì che, nel tempo, l’entità dei campi di inondazione e lo stesso modello d’alveo del corso d’acqua si sono modificati;
- b) la particolare situazione degli affluenti a valle di Susa che comporta l’esondazione lungo il tratto attraversante il cono di deiezione, per cui l’apporto diretto alla Dora risulta limitato e quindi si deve presumere che la portata non cresca più o addirittura possa diminuire a valle nel tratto compreso fra Susa e Torino, anche per la sola deformazione cinematica dell’onda;
- c) il bacino della Dora Riparia è caratterizzato da precipitazioni di modesta intensità che si collocano fra le minime dell’arco alpino (insieme con il settore medio-alto del versante sinistro della Dora Baltea, dell’alta Valtellina e della Val Venosta) come chiaramente mostrano le curve di probabilità pluviometrica a parità di tempo medio di ritorno. Alle basse precipitazioni, si unisce la presenza di estese aree di detriti rocciosi con elevata permeabilità, da cui deriva, per esempio, che molti sottobacini presentano portate rilevanti solo in caso di terreno fortemente imbibito (ad esempio, per la fusione della neve, che fu tra le cause dell’evento di piena del giugno 1957). La combinazione di questi caratteri si traduce in una minor frequenza di valori elevati di portata ed ha un immediato riscontro nelle dimensioni dell’alveo, che appare modesto a fronte dell’estensione del bacino sotteso. In

numerose sezioni, la portata convogliabile senza esondazione, risulta di poche centinaia di metri cubi per secondo.

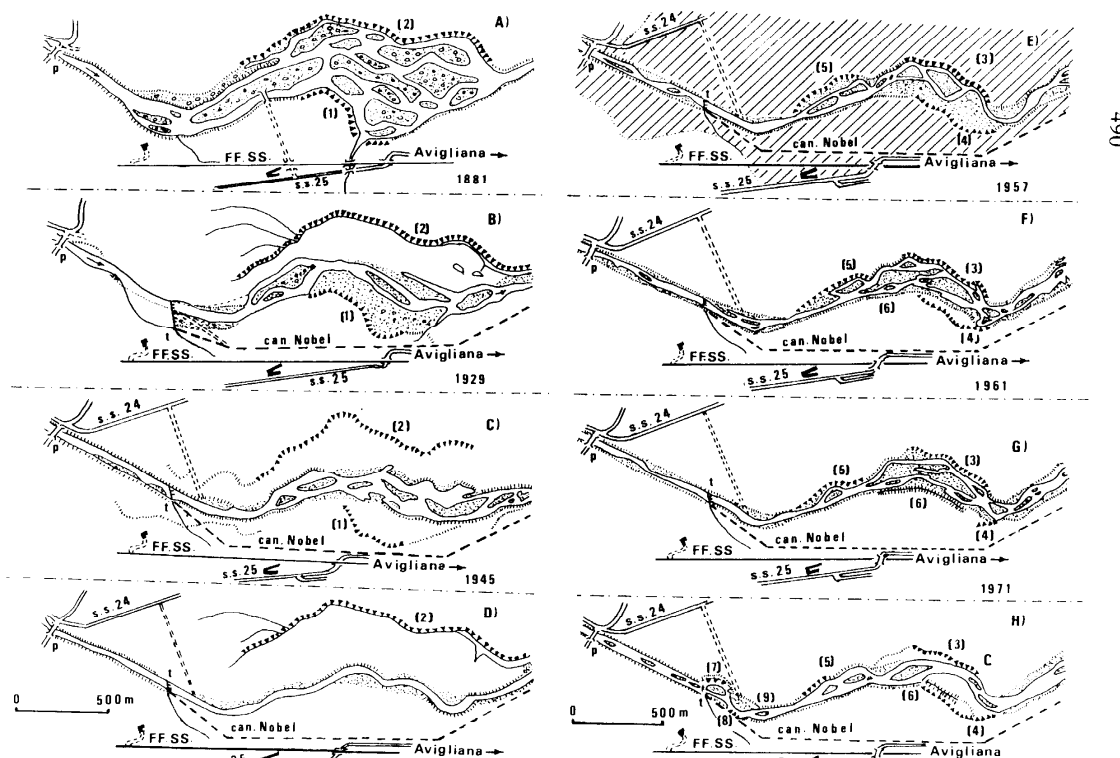


Figura 5-1- Trasformazioni idrografiche del tronco di Dora Riparia compreso fra il ponte di S. Ambrogio e Avigliana tra il 1881 (in alto a sinistra) e il 1977 (in basso a destra). La situazione del 1957 (in alto a destra) riporta anche l'area inondata dedotta dalle aerofotografie. Si osserva, a questo riguardo, che l'allagamento arrivò alla strada statale, superando la ferrovia la cui posizione compare in tutte le immagini.

5.3 Le osservazioni comprese negli Studi idrogeomorfologici di supporto al PRGC di Torino

La Relazione generale dei citati studi di supporto (CITTÀ DI TORINO, 1999) metteva in evidenza che i caratteri idrologici della Dora Riparia sono contraddistinti dalla penuria di stati idrometrici elevati. In sostanza, solo quattro eventi di piena risultano noti per questo corso d'acqua:

- l'ottobre 1839, allorché, dopo "39 giorni di quasi continua e diretta pioggia" alle ore 9 del 16 ottobre la corrente arrivò "poco più, poco meno a 65 cm sotto il peduzzo della volta del gran ponte" (Gazzetta Piemontese, 1839 citata in CROSIO e FERRAROTTI, 1996; pag.112). Si tratta dell'opera, per i tempi arditissima (unica campata ad arco di 42 m di luce), che Bernardo Mosca aveva eretto nel periodo 1823-1830. L'altezza indicata risulta ancora, poco più poco

meno, indicata come quella della massima piena nello schema del ponte nei documenti del Civico Ufficio Tecnico (MAFFIOLI, 1978; pag.46);

– il giugno 1876, allorché fu raggiunta la massima altezza idrometrica al citato Ponte della Giacонера, presso Borgone, pari a 2.48 m sopra lo zero idrometrico (il quale risultava collocato alla risega di fondazione della pila sinistra (MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, 1878);

– il settembre 1920 fece registrare una piena dei corsi d'acqua alpini occidentali, ma non sono state rinvenute notizie di rilievo. Si trova indicazione del valore di 350 m³/s. Il livello della piena del 1920 risulta riportato, quale pelo libero massimo, sul progetto della tombatura della Dora da Via Livorno al ponte FS in adiacenza al corso Principe Oddone (FIAT, 1967) con una quota di 229.45 al ponte Amedeo IX e di circa 228 al ponte Alberto del Belgio ⁽²⁾;

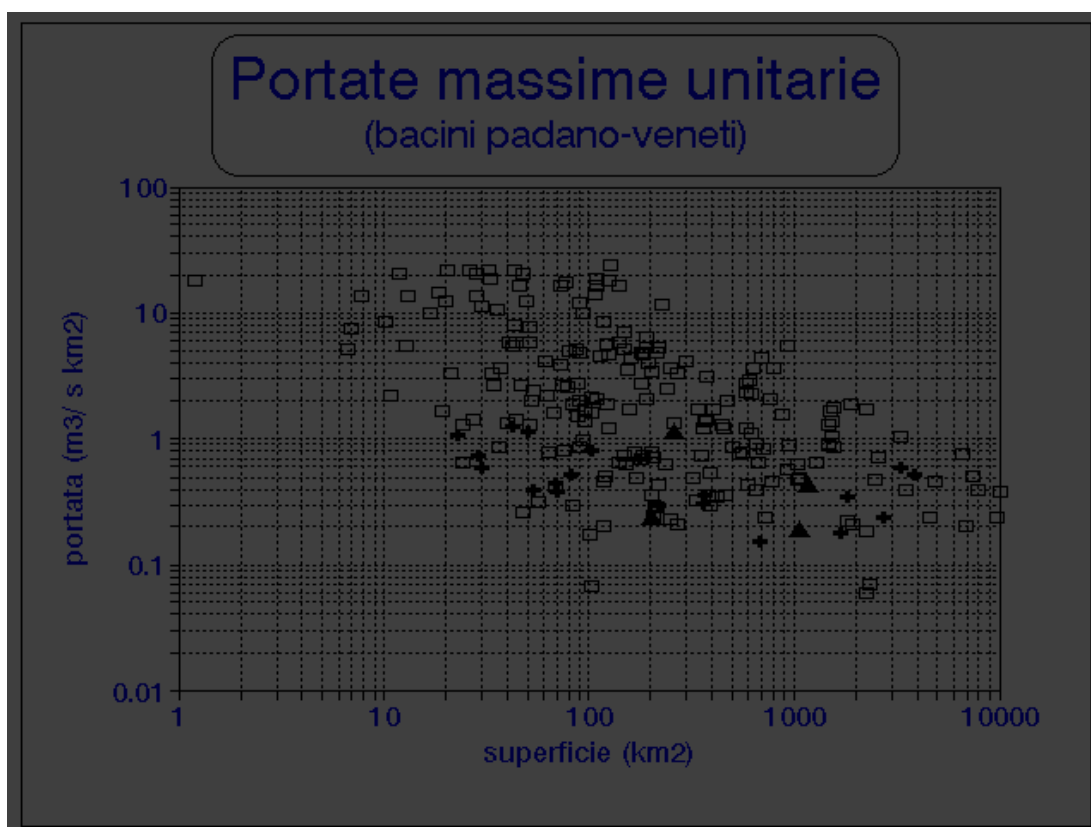


Figura 5-2 – Portate massime osservate per unità di superficie nei bacini padano-veneti. I contributi di Dora Baltea e Val Venosta sono indicati con la croce, mentre i triangoli rappresentano le quattro valutazioni disponibili per la Dora Riparia. Si tratta delle portate più basse riscontrabili nel bacino padano, con contributi unitari inferiori a 2 m³/s km² anche per bacini di poche decine di chilometri quadrati di superficie.

²⁾ La consultazione del documento è avvenuta presso la Direzione della Zoppoli e Pulcher in Torino, di cui si ringrazia la disponibilità.

– il 29 settembre 1932, durante i lavori di inalveamento in regione Valdocco e Vanchiglietta, il torrente invadeva i cantieri a seguito di una piena improvvisa travolgendo baracche e macchinari (fonte: La Stampa, 1 ottobre 1932);

– il giugno 1957 registrò ingenti devastazioni in tutta la valle di Susa. A Torino, la portata della Dora fu oggetto di una valutazione indiretta di portata. Nel tronco compreso fra il Ponte Carlo Emanuele (C.so Tortona) ed il Ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi), alle ore 3 della notte del 15 giugno, i tecnici della IV Ripartizione del Comune di Torino misurarono il pelo libero rispettivamente a quota 219.11 e 217.91 m. Applicando con la relazione di Kutter un coefficiente $m = 0.70$ ⁽³⁾, si ricavava dalla geometria delle sezioni e dalla pendenza pari a 0.00186, una velocità media di 4.5 m/s ed una portata di 502 m³/s (PROVINCIA DI TORINO, 1959). Il valore, pur con le considerazioni esposte nella nota, è apparso, nell'applicazione del modello numerico, adeguato.

– per l'evento del novembre 1994, SACCARDO & TOMASINO (1995) forniscono il dato rilevato all'idrometro del Ponte Washington a cui viene attribuita una portata di 320 m³/s ⁽⁴⁾.

In conclusione, ridotti valori di portata possono essere attesi nella Dora Riparia sia per la conformazione dell'alveo a monte dello sbocco sul cono di deiezione post-glaciale, sia per la minore alimentazione in termini di precipitazioni intense. A suffragio di tale seconda considerazione, vale l'osservazione che due delle quattro maggiori piene note (1839, 1876, 1920, 1957) sono avvenute in giugno (1876 e 1957) allorché la portata dipende dalla concomitante fusione della neve.

Altre due considerazioni possono essere fatte in proposito.

A Susa, il contributo dell'alto bacino (circa 700 km²) transita sotto al cosiddetto Ponte degli Alpini dotato di luce infima (si dice che la piena del settembre 1920 abbia di poco superato l'impalcato del ponte).

³) La relazione di Kutter ha la forma $\chi = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{\sqrt{R} + m}$ con m fornito da apposite tabelle nei manuali (si veda per esempio, in dettaglio, De Marchi, Idraulica, al fondo della parte seconda) da cui si deduce, per confronto con la formulazione di Manning secondo cui $\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$ che, a parità di raggio idraulico, ad $m=0.70$ corrisponde $n=0.017$. Si deve osservare che dall'esame di numerose valutazioni indirette di portata si ricava l'impressione che la valutazione della scabrezza effettuata mediante le formule in uso nei decenni scorsi porti a sottovalutazioni della stessa, quindi a sopravvalutare la velocità e di conseguenza la portata. Il valore più elevato di m dalla citata tabella ($m = 2.50$) per canali in abbandono o alvei naturali con alveo in grossa ghiaia porterebbe al valore $n = 0.035$ secondo Manning che si ritiene, in base alla citata esperienza, oggi attribuibile ad alvei naturali quali quelli attraversanti l'area torinese.

⁴) TROPEANO (1994) riporta una fotografia di L. Mercalli della piena ripresa a valle del ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi) con l'indicazione di una portata "di circa 450 m³/s" senza indicazioni della fonte.

A S. Antonino valori di portata superiori a 200 m³/s furono assegnati per la portata del settembre 1920 (si trova in bibliografia il valore di 350 m³/s) e per il 1957 (nelle carte del Comune di Torino si trova il valore di 450 m³/s) allo scopo di tener conto degli allagamenti. Tali valori, dedotti attraverso procedimenti non dichiarati, non sono stati confermati ufficialmente dall'Ufficio idrografico del Po e non avrebbero comunque influenza per le sezioni del tratto urbano della Dora in quanto queste si trovano a valle delle aree di esondazione e sono protette dal ben noto effetto di riduzione di portata e sfasamento temporale che consegue alla laminazione.

La valutazione della portata di assegnata probabilità a Torino può solo essere approssimata mediante il ricorso ai dati osservati a S. Antonino. Utilizzando i valori di portate al colmo annuali forniti dall'Ufficio idrografico del Po e dal Comune di Torino si ottiene una serie storica di 53 dati dal 1927 al 1984. L'analisi delle frequenze può essere effettuata ricorrendo alla funzione di distribuzione di probabilità nota come GEV (Generalized Extreme Value) che, essendo a tre parametri, risulta generalmente più duttile della ben nota EV1 (di Gumbel) a due parametri. Per il calcolo si può ricorrere al programma distribuito dall'Istituto di Idrologia di Wallingford come componente HOMS, che pertanto fornisce garanzia di ufficialità. Dall'elaborazione dei dati riferiti si ottiene la relazione che esprime la distribuzione di frequenza ha tre parametri che, per il caso in esame, hanno rispettivamente i valori

$$u = 75.05$$

$$\alpha = 32.32$$

$$k = -0.025.$$

Il valore di assegnata probabilità F o tempo di ritorno T risulta calcolabile dalla relazione

$$x(T) = u + \alpha W \quad \text{essendo} \quad W = \frac{1 - \exp(-k \cdot y)}{k} \quad \text{con} \quad y = -\ln [-\ln(1-1/T)]$$

Risulta che le portate con tempo medio di ritorno di interesse applicativo hanno i valori riportati di seguito.

Tabella 1 - Portate con assegnato tempo medio di ritorno dedotte dai valori osservati a Sant'Antonino

T (anni)	20	50	100	200	500
y	2.970195	3.901939	4.600149	5.295812	6.213607
W	3.083252	4.098595	4.875105	5.66238	6.72221
Q (m ³ /s)	175	208	233	258	292

I risultati dell'elaborazione sono sintetizzati nella seguente figura.

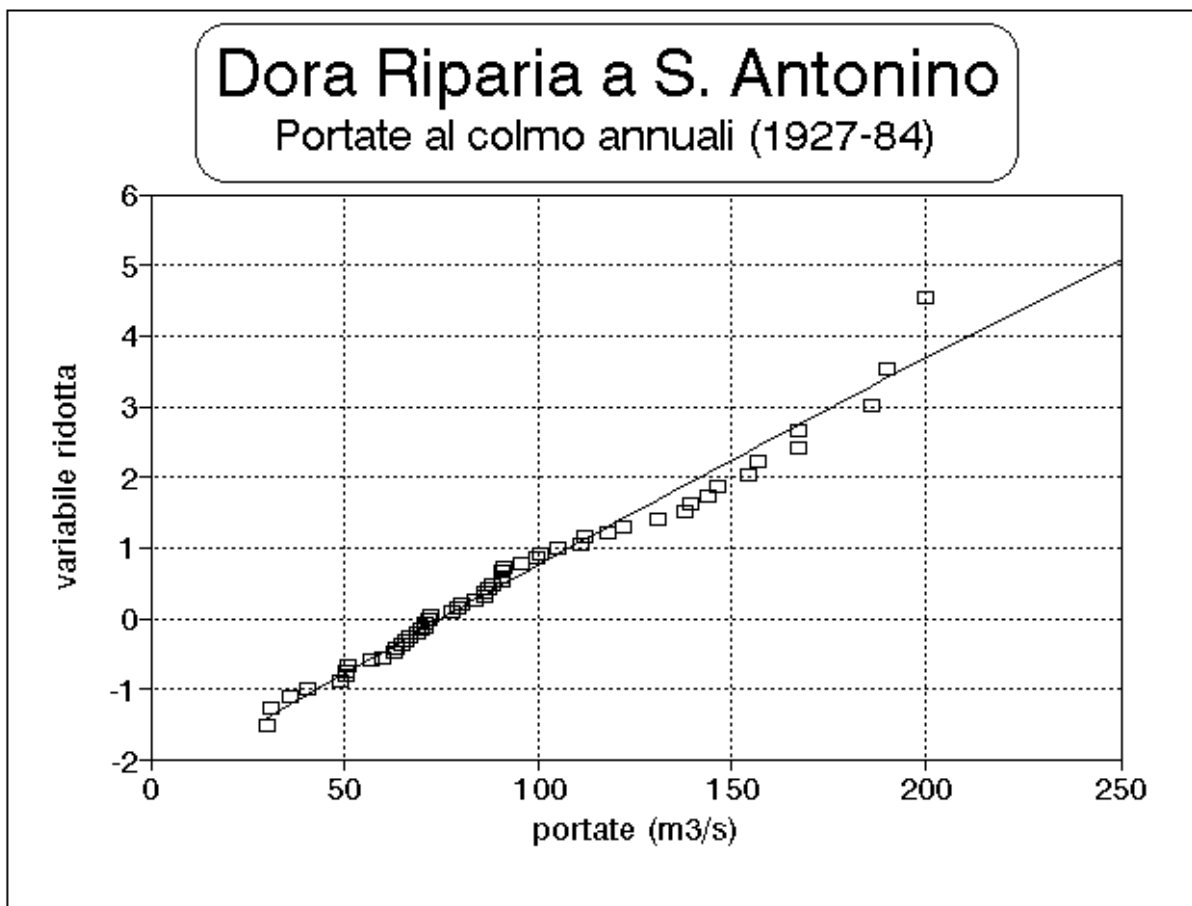


Figura 5-3 - Grafico della distribuzione delle frequenze secondo la GEV a fronte dei valori massimi annuali al colmo osservati a S. Antonino (fonte Ufficio idrografico del Po e Comune di Torino).

Valori confrontabili risultano dedotti dalla regolarizzazione delle frequenze di S. Antonino proposta da SORDO (1981), che trova rispettivamente 248 e 319 m³/s per 100 e 500 anni di tempo emdio di ritorno; ma nel diagramma riassuntivo che porta alla individuazione delle curve inviluppo il valore in oggetto si trova nella parte bassa dello stesso, donde l'enorme disparità fra valore di calcolato in base alla serie storica e valore calcolato dalla regressione in funzione della superficie del bacino (rispettivamente 1751 e 2330 m³/s a fronte di una superficie di 1048 km²) donde la sostanziale inattendibilità della procedura per il bacino in esame.

La valutazione della portata alla sezione del Ponte Washington presso la confluenza in Po a Torino può essere effettuata per mezzo di almeno due procedure:

- la trasposizione in funzione dell'area, con i risultati elencati nella tabella seguente, che porta a valori molto modesti, anche per tempi di ritorno rilevanti poiché è assai probabile che la similitudine idrologica fra alta e bassa valle sia modesta a causa della forma allungata del bacino e del contributo dei numerosi affluenti di sinistra lungo la Bassa Valle. Il procedimento pertanto, anche alla prova dei fatti, deve essere ritenuto inattendibile.

Tabella 2 - Portate della Dora Riparia determinate per trasposizione

	Area (km ²)	Q20	Q100	Q200	Q500
Dora a S. Antonino	1046	175	233	258	292
q(Tr,A)		0.80	1.07	1.18	1.34
Dora a Torino	1325	189	252	279	316

- il ricorso alle formule di regionalizzazione proposte dal citato Sottoprogetto SP-1 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a).

L'analisi statistica può essere condotta anche con riferimento alla formula di correlazione messa a disposizione AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (Sottoprogetto SP-1, 1995-a) fra portate con assegnato tempo medio di ritorno e parametri fisici e idrologici legati da rapporti funzionali semplici nella forma

$$Q = \alpha \cdot S^{m1} \cdot a^{m2} \cdot dH^{m3}$$

in cui

S area del bacino sotteso (km²)

a coefficiente della relazione altezza-durata della precipitazione per la regione pluviometrica in cui ricade il bacino in oggetto (mm)

dH differenza fra la quota media del bacino e la quota della sezione di chiusura (m)

$\alpha, m1, m2, m3$ coefficienti di regressione in funzione del tempo medio di ritorno.

I bacini piemontesi sono suddivisi in tre zone idrologiche:

A) bacini alpini a minor precipitazione

B) bacini alpini a maggior precipitazione

C) bacini di maggior estensione (Dora a Tavagnasco, Tanaro ad Alessandria ed a Montecastello e l'asta principale del Po)

I valori dei quattro coefficienti sono forniti sia in modo indiretto, in funzione del tempo medio di ritorno in anni e di coefficienti ricavati per regressione sui dati osservati (pag. 21-23 di AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-b), sia direttamente per valori del tempo medio di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni (Tab.5, 6 e 7, pag. 20). L'impiego di tale secondo procedimento è raccomandato rispetto al precedente (pag. 23).

Per quanto riguarda la Zona A, i coefficienti numerici sono riportati nella seguente tabella con riferimento a valori fissi di tempo medio di ritorno..

Tabella 3 - Coefficienti della relazione di correlazione per la determinazione della portata con assegnato tempo di ritorno dei corsi d'acqua piemontesi e portate calcolate per S. Antonino

Tr	M1	m2	m3	alfa	a	PORTATA (m ³ /s)	Q (m ³ /s km ²)
10	0.6992	0.2186	0.8814	0.0012	103.5	224	0.21
20	0.7380	0.2369	0.6531	0.0051	117.4	276	0.26
50	0.7636	0.2873	0.4834	0.0130	135.8	337	0.32
100	0.7769	0.3627	0.4130	0.0151	149.7	389	0.37
200	0.7923	0.4094	0.3247	0.0215	163.6	432	0.41
500	0.7937	0.4181	0.2672	0.0414	182.0	609	0.58

I valori non sono in accordo con i valori determinati dalla analisi statistica dei valori osservati, come era comprensibile stante l'anomalia del corso d'acqua in oggetto, che presenta ampie zone di inondazione nel corso inferiore. Risulta pertanto ovvio che, applicando formule generali, si ottengano valori di portata decisamente superiori a quelli deducibili dalle osservazioni dirette.

L'applicazione delle formule proposte al bacino sotteso a Torino (area sottesa: 1325 km²; attribuzione del bacino alla zona idrologica A), secondo quanto riscontrabile in SP-1, porta ai seguenti valori di portata:

Tabella 4 - Valori della portata con assegnato tempo di ritorno determinati mediante la formula di regionalizzazione (Zona A – coefficienti originari) secondo il Sottoprogetto SP-1 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a):

	Q20 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Dora Riparia a Torino	353	488	540	756

Nell'ambito dello stesso rapporto, si riferiscono i valori ricavati dal modello di simulazione idrologico-idraulico che permette anche la costruzione dell'idrogramma di piena.

Tabella 5 - Confronto tra i valori ottenuti con le formule di regionalizzazione e (fra parentesi) con il modello idrologico-idraulico (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a):

	Q20 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)
Dora a Torino	353 (267)	487 (566)	538 (716)

Come già negli altri casi, il rapporto dell’Autorità di Bacino non fornisce il valore con probabilità cinquecentennale. In pratica si verrebbe a riconoscere all’evento secolare una portata dell’ordine di grandezza dei 500 m³/s, pari alla portata stimata nell’evento del giugno 1957, mentre, all’evento bisecolare, in base alle formule di regionalizzazione verrebbe attribuito un valore dell’ordine di grandezza di quello (750 m³/s) stabilito, secondo il tradizionale criterio della portata “massima”, dalla citata relazione per la classifica delle opere idrauliche in 3^a categoria (PROVINCIA DI TORINO, 1959). Sarebbe tuttavia sensato attribuire a tale ultimo valore un significato di portata veramente ultrasecolare come risulterebbe dalla applicazione delle formule di regionalizzazione e dei metodi tradizionali.

Vale la pena di tener presente il ragionamento secondo cui, ammettendo l’esistenza di una differenza fra il regime idrologico della parte montana e quello dei tributari a valle di S. Antonino, ivi compresi i territori di pianura, si utilizzano i risultati dell’elaborazione probabilistica dei valori osservati a S. Antonino e si aggiunge il contributo della restante parte di bacino. A questo punto, la stima della portata presumibile, in occasione di eventi catastrofici, dell’area restante compresa fra la stazione di S. Antonino e lo sbocco in pianura.

L’area dei citati tributari somma a circa 150 km². Dalla relazione ricavata dall’involuppo dei massimi osservati in occasione di piene catastrofiche nei bacini di pianura e nei bacini alpini a minore precipitazione in Piemonte (ANSELMO, 1995) $q = \frac{500}{A+90} + 0.4$ m³/s km² per A = 150 km² si ricava la portata di Q= 372 m³/s. Nell’ipotesi dell’evento più sfavorevole in cui il contributo dei bacini tributari del corso inferiore si sommi, per una sorta di sovrapposizione degli effetti, con quello del corso superiore, si otterrebbe il valore Q = 632 m³/s. Tale valore è senza dubbio caratterizzato da tempo di ritorno ultrasecolare.

Tabella 6 - Portate di piena di riferimento della Dora Riparia a Torino, utilizzate nel modello numerico

	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Dora a Torino	500	550	750

I già citati studi di supporto alla variante al PRGC di Torino (Città di Torino, 1999) pervengono alle seguenti conclusioni:

- a) la portata di riferimento (Tr = 200 anni) della Dora Riparia utilizzata per le verifiche idrauliche dei manufatti del Comune di Torino è stata assunta pari a 550 m³/s,

- valore congruente con le più recenti determinazioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2001b), nonché con l'approfondita modellazione idrologica eseguita dall'Italferr-Sis.TAV (Ferrovie dello Stato, 1997);
- b) il valore assunto è sicuramente inferiore alla portata "idrologica", che un modello afflussi-deflussi darebbe in base alle ipotesi tradizionali di riduzione delle piogge con l'area. Il modello idrologico concettuale allestito per gli studi dell'Italferr-Sis.TAV è stato tarato su eventi registrati a S. Antonino e pertanto ha fornito valori congruenti con le peculiarità della Dora Riparia. Si deve pertanto ritenere che nel bacino della Dora Riparia rivestano particolare importanza gli aspetti idrodinamici della propagazione della piena da Susa a Torino e le caratteristiche della distribuzione spaziale della precipitazione in occasione di eventi piovosi significativi, tenuto conto sia della forma molto allungata del bacino, sia della brusca variazione di direzione dell'asse vallivo a monte di Susa. Tali due aspetti non sono mai stati considerati e devono costituire un tema delle prossime azioni della ricerca idrologica regionale;
- c) il corso urbano della Dora Riparia è fiancheggiato da edificazioni realizzate nel corso della prima metà del XX secolo in posizioni particolarmente depresse; gli stessi ponti presentano, proprio per la modesta altezza dell'intradosso resa necessaria dalla quota dei piani stradali adiacenti, capacità di convogliamento limitate a meno di 600 m³/s ad eccezione del Ponte Mosca, la cui particolare impostazione fu considerata sempre un ostacolo per un efficiente inserimento urbanistico dei quartieri latitanti (Re, 1981). Queste considerazioni spingono a ritenere che, con interventi mirati, si possa migliorare localmente la capacità di convogliamento nel tratto urbano, ma che sia comunque necessario controllare la portata entrante in territorio di Torino.

5.4 Le osservazioni in merito all'evento dell'ottobre 2000

I citati Studi di supporto sono stati integrati con un aggiornamento che tenesse conto dell'evento dell'ottobre 2001 (CITTÀ DI TORINO, 2002a).

A questo proposito sono state prese in esame le osservazioni idrometriche eseguite dal Civico Ufficio Tecnico nonché osservazioni e rilievi diretti effettuati nei giorni dell'evento o immediatamente successivi.

I rilievi idrometrici risultano dai rapporti interni della IV Ripartizione del Civico Ufficio Tecnico, ma si riferiscono purtroppo a due sezioni diverse.

Per quanto riguarda le portate, la Regione Piemonte nel suo rapporto di sintesi disponibile anche in rete, riporta il valore >400 m³/s della portata a Susa in corrispondenza della sezione, a valle del Cenischia, ove lo strumento di misura è stato asportato. Non vi sono altri dati ufficiali. Un valore di poco superiore a 400 m³/s è attribuibile, in base alle tracce riscontrate,

immediatamente a monte della traversa di derivazione esistente all'altezza dell'ospedale, quindi a monte della confluenza del Cenischia.

Tabella 7 - Letture agli idrometri della Città di Torino in occasione di eventi significativi (fonte Civico Ufficio tecnico – Settore tecnico Ponti e Vie d'acqua)

	Dora Riparia Ponte Washington	Dora Riparia a Ponte Bologna
Zero (m)	209.80	222.51
Altezza max		225.71
Nov. 1994	4.04 (18.10 del 6/11)	2.00
Ott. 2000		a "livello struttura " alle 10.30 del 15/10 alle 12.00 del 16/10
Portata max	320 (6/11/94)	

In base ad alcune testimonianze, si deve ritenere che, nell'evento del 2000, alle traverse di derivazione nella bassa valle, la portata convogliata non sia stata di molto superiore a 600 m³/s.

In Torino, rilievi delle tracce lasciate dalla piena tra il ponte Carlo Emanuele I (C.so Tortona) e il ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi) hanno dato quote del pelo libero a 219.46 circa 200 m a valle del ponte Carlo Emanuele I in corrispondenza della sezione 130 del modello (elaborato 3.2.3/9 dei già citati studi; CITTÀ DI TORINO, 2002a). Per tale sezione, i tabulati del modello numerico (elaborato 3.2.5-D-3) mostrano una quota del pelo libero pari rispettivamente a 220.49 per la portata di 550 m³/s, quindi si deve ritenere che la portata dell'ottobre 2000 sia stata inferiore al valore di riferimento (dalla scala delle portate risulterebbero circa 450 m³/s). A questo proposito, merita considerare che lo straripamento avvenuto alla Pellerina e, soprattutto, la sottrazione di portata attraverso i varchi in sponda sinistra in adiacenza di Via Pianezza hanno ridotto di qualche decina di metri cubi al secondo la portata al colmo. Bisogna ancora tener presente che il livello del Po non influenza la corrente nel tronco considerato, bensì è presente, per portate superiori a 500 m³/s, un forte rigurgito provocato dal ponte di Via Fontanesi.

Pur con le dovute cautele, si possono formulare altre due verifiche.

La prima riguarda la sezione a valle del ponte di Corso Potenza, contro il muro dell'ex-opificio Paracchi, dove sono state rinvenute chiare tracce a quota 240.62. Ammettendo che tale livello sia stato raggiunto prima del collasso della struttura che ha portato la corrente ad invadere Via Pianezza con altezze di corrente dell'ordine del metro, si è confrontato tale quota con i risultati del modello numerico allestito sempre nell'ambito dei citati studi (allegato 3.2.5-D-1/1; CITTÀ DI TORINO, 1999). Il modello, per la portata di riferimento di 550 m³/s porterebbe, in

corrispondenza della sezione 480 poco a valle del sito sopra riferito, al valore 240.69 m e 240.93 m immediatamente a valle del ponte di Corso Potenza (merita ricordare che l'intradosso del ponte risulterebbe a 240.83 m). Si dovrebbe dedurre quindi, che la portata dell'ottobre 2000 sia stata dell'ordine di grandezza di quella di riferimento, sia pure con discrete incertezze derivanti dal fatto che la scabrezza effettiva era assai più elevata di quella introdotta nel modello numerico, a causa delle incredibili condizioni di ostruzione in aderenza alla sponda sinistra. Pertanto, tenendo conto delle incertezze in parola, si deve dedurre che il valore di 550 m³/s non dovrebbe essere stato superato.

La seconda verifica può essere istituita in corrispondenza della traversa di derivazione del dismesso canale demaniale della Manifattura Tabacchi. Il piano del marciapiede in sponda sinistra risulta, dal DTM del Comune di Torino, a quota 224.01 m e la mezzaria del lungodora a 224.25 m; la quota del pelo libero corrispondente alla portata di riferimento di 550 m³/s risulterebbe a quota 223.93 m. Nell'ipotesi che la portata dell'ottobre 2000 sia stata dell'ordine di grandezza della portata di riferimento, il modello darebbe ragione del principio di allagamento che si verificò in corrispondenza degli organi di manovra del canale, responsabili di un discreto innalzamento della corrente per trasformazione del termine cinetico (la velocità media di 4.5 m/s comporterebbe un termine cinetico di 1.0 m). In sponda destra, invece, in assenza di ostacoli non si verificò alcun allagamento (la quota della sponda risulterebbe, dal solito DTM della Città di Torino, pari a 224.18 m con piano stradale, più depresso, del Lungodora Savona a quota 224.08). Una fotografia ripresa intorno alle ore 16 del giorno 16 ottobre, quindi poco dopo il colmo verificatosi alle 12, mostra chiaramente un franco dell'ordine di 50 cm in sponda destra, immediatamente a monte della traversa di derivazione. L'analisi critica porta a ritenere che modellazione in corrispondenza debba essere migliorata approfondendo il comportamento della soglia della traversa, che nel modello è stata trattata come semplice scivolo.

Le considerazioni svolte sopra inducono a ritenere che la portata dell'ottobre 2000 non sia stata superiore alla portata di riferimento nel tronco urbano mentre potrebbe essere stata dello stesso ordine di grandezza o addirittura di poco superiore all'ingresso nel territorio comunale.

5.5 I risultati del Progetto di Variante del 2006

Nello Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po, si propone la revisione delle fasce fluviali e l'individuazione delle aree inondabili alle spalle dei tronchi da proteggere (Fascia B di progetto) a seguito di analisi idrologica adeguata.

Si propone inoltre la realizzazione di un dispositivo di invaso temporaneo per la riduzione del colmo della piena con tempo di ritorno pari o superiore a 200 anni a valle della stretta di Alpignano.

Lo Studio di fattibilità fa parte del citato "Progetto di variante del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Variante delle Fasce fluviali del Fiume Dora Riparia" adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Fiume Po con delinerazione n. 12/2006 del 5.04.2006 e trasmesso dalla Regione Piemonte – Direzione Difesa del Suolo con nota prot. 3529 del 12.06.2006 indirizzata agli Enti locali interessati.

Lo Studio citato prende in esame la Dora a partire dall'abitato di Oulx attraversato in direzione Sud-Nord dalla Dora Riparia (ovvero ramo di Cesana) che, a valle del centro abitato, confluisce con la Dora di Bardonecchia proveniente da Ovest. L'Analisi idraulica (attività 3.2.2) illustra il modello numerico utilizzato per ricavare il profilo del pelo libero. La modellazione, condotta in moto vario a partire dall'idrogramma derivato dall'analisi idrologica, risulta fondata su sezioni trasversali, appositamente rilevate, e sull'introduzione di aree inondabili laterali. In tal modo, risulta simulato il comportamento tipico della Dora Riparia, che deriva dalla presenza di un alveo principale, debolmente inciso, scorrente fra settori golenali più o meno estesi.

Lo Studio porta alle conclusioni riportate nella Relazione Tecnica del Progetto di Variante del PAI allegato alla deliberazione no. 12/2006 del 5 aprile 2006 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2006). In particolare, nel tronco omogeneo no. 6 localizzato all'interno dell'area urbanizzata tra il ponte di Corso Regina Margherita e la confluenza in Po, la riduzione delle criticità viene demandata alla realizzazione di un'opera di laminazione a monte di Alpignano.

In conclusione, la relazione tecnica in parola riporta la quota del pelo libero in Torino che, per la sezione a monte dell'ex ponte canale della Bealera Ceronda (sezione 13.2), risulta pari a 242.08 m s.l.m. a seguito della riduzione di portata a 530 m³/s. In assenza dell'opera di laminazione, la quota risulterebbe pari a 242.95 m.

6 RIFERIMENTI CITATI

ANSELMO V. (1985): *Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini*, Atti e Rassegna Tecnica della Società Ingegneri e Architetti in Torino, 10-12, 245-275

ANSELMO V., L. MARCHI, P.R. TECCA e V. VILLI (1989): *Spatial distribution of short duration precipitation on Northern Italy*, WMO-IAHS-ETH, International Workshop on Precipitation Measurement (B. Sevruk ed.), 347-350

ANSELMO V. (1996): *Curve inviluppo delle massime portate osservate nei bacini alpini occidentali*, in AIGR-AII, Scritti dedicati a Giovanni Tournon, in "I problemi dei grandi comprensori irrigui", Novara. 6-7 giugno 1996:33-41.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995-a): *Sottoprogetto SP1 - Piene e naturalità alvei fluviali - 1° Fase (Stralcio Piemonte) Aggiornamento e sistematizzazione dell'idrologia di piena*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995-b): *Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione - Relazione*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1998): *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001a): *Piano per l'Assetto Idrogeologico*, Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001b): *Direttiva sulla piena di progetto da assumersi per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001c): *Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno della Fasce A e B*, Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006): *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - del Fiume Dora Riparia da Oulx alla confluenza in Po - del Fiume Toce nel tratto da Masera alla foce*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006): *Progetto di variante del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Fiume Dora Riparia – Relazione Tecnica*, Parma

CITTÀ DI TORINO (1799): *Carta topografica del territorio di Torino alla scala 1:10000 compilata a cura dell'Ufficio d'Arte*, G.B. Maggi Editore, Torino

CITTÀ DI TORINO (1999; 2002a): *Studi idrogeomorfologici di supporto – Relazione generale* (a cura di V. Anselmo, F. Carraro, F. Grasso, E. Zanella)

CITTÀ DI TORINO (2002b): *Rilievo alveo Fiume Dora Riparia tra il ponte di Corso Umbria e il ponte di Via Livorno* (archivio Settore Ponti e Vie d'acqua -inedito)

CITTÀ DI TORINO (2002c): *Verifiche idrauliche in merito al tronco di Dora Riparia compreso fra l'area ex-Michelin e l'attraversamento ferroviario Torino-Milano*, Civico Ufficio Tecnico – Divisione Urbanistica

CROSIO F., FERRAROTTI B. (1996): *Trino – Gli anni del diluvio*, Comune di Trino, Trino.

D'ALPAOS L. (1982): *Modelli concettuali deterministici nella trasformazione afflussi-deflussi dei fenomeni di piena*, Pubbl. no. 165 – CNR progetto Finalizzato Conservazione del Suolo – Dinamica Fluviale

FERROVIE DELLO STATO (1997): *Progetto Esecutivo Cantierabile – Nodo di torino – Quadruplicamento Porta Susa-Stura*, Idrologia e idraulica – Relazione (inedito)

FIAT (1967): *Sezione Ferriere - Estensione per metri 70 della copertura del Fiume Dora Riparia a valle del prolungamento in corso di esecuzione* (inedito)

FRANCESCHETTI B., STOPPATO M., TURITTO O. (1990): *Le modificazioni del corso della Dora Riparia tra Susa e Alpignano dal 1881 al 1977*, Rivista Geografica italiana, 4, 475-505

MAFFIOLI M. (1978): *Il paesaggio fluviale nell'ambito urbano*, Cronache Economiche, C.C.I.A.A. di Torino, 9-10, 5-138

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1878): *Cenni monografici sui servizi dipendenti*, Roma

PROVINCIA DI TORINO (1959): *Domanda di classifica in 3a categoria delle opere di sistemazione idraulica della Dora Riparia fra gli abitati di Susa e Torino – Relazione.*

PROVINCIA DI TORINO (2002): *Studio di approfondimento del bacino del Torrente Dora Riparia nel tratto compreso fra Susa e la confluenza in Po* (a cura di L. Martina, V. Anselmo, F. Bellino)

RE L. (1981): *L'opera degli ingegneri del Corps des Ponts et Chaussées a Torino e i progetti per il ponte sulla Dora e la sistemazione degli accessi del ponte sul Po (1813)*, Atti e Rassegna Tecnica Società Ingegneri e Architetti in Torino, 114, 9-10, 339-365.

SACCARDO I. e TOMASINO M. (1995): *L'idrogramma di piena del Fiume Po a Palazzolo Vercellese del 4-6 novembre 1994*, Enel-Cris Rel. 1175-UIGI (presentato in occasione della Giornata di Studio sull'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994, Associazione idrotecnica italiana, Torino.

SASSI PERINO A., FARAGGIANA G. (2002): *I ponti di Torino*, Edizione del Capricorno, Torino

SIMONIGH A. (2001): comunicazione personale

SORDO S. (1981): *Valutazione probabilistica delle portate di massima piena dei corsi d'acqua piemontesi*, Idrotecnica, 2, 43-49

TROPEANO D. (1994), *L'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 in Piemonte*, Nimbus, 6-7, 33-44

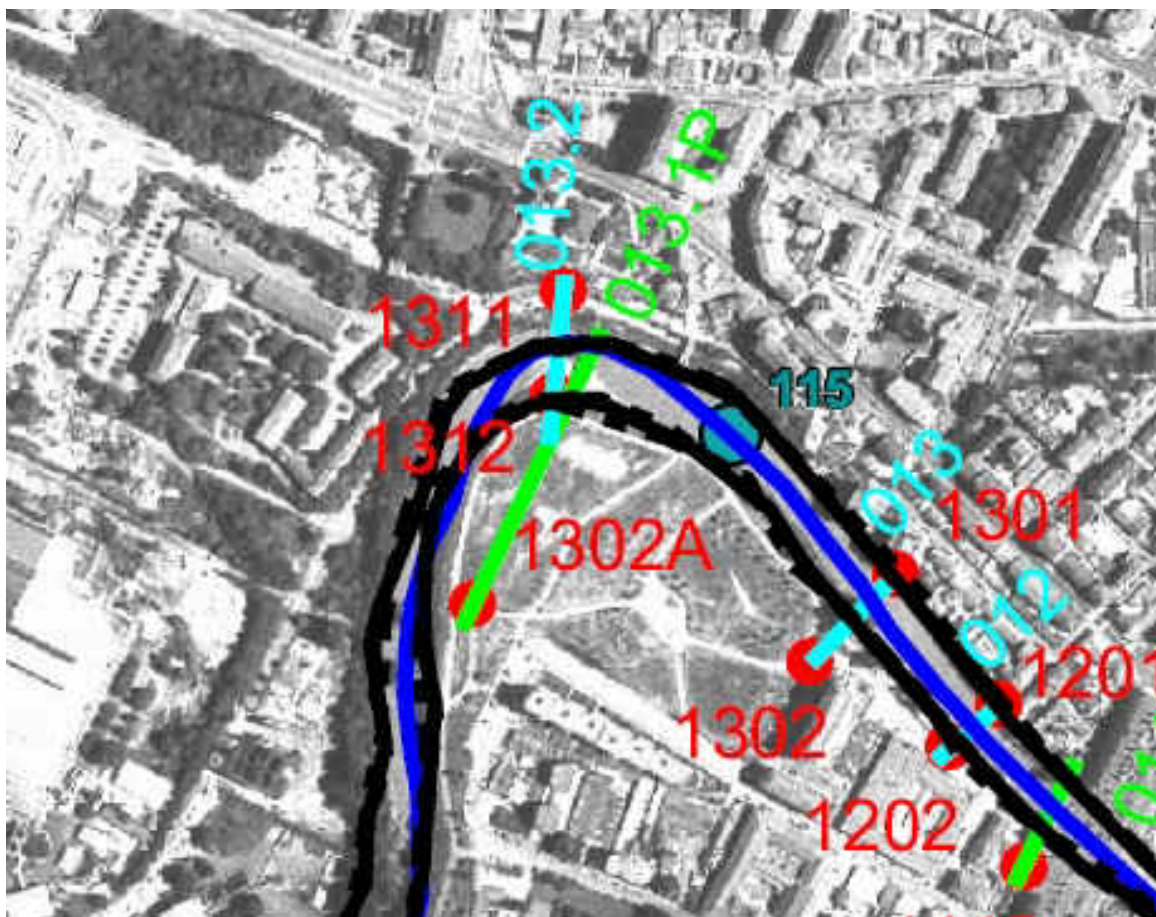


Figura 6-1 – Sezioni dallo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica. La sezione di interesse è la 13.2, mentre il ponte canale è indicato come sezione 013.1P