



REGIONE PIEMONTE
 COMUNE DI AVIGLIANA
 PROVINCIA DI TORINO

PROGETTAZIONE PER LA RILOCALIZZAZIONE DI
 UNA PISTA DI GUIDA SICURA SITA IN AREA
 AUTOPORTO DI SUSÀ (TO)

Codice generale	Codice dell' opera	Lotto	Livello di progettazione	Area di progettazione	Numero elaborato	Tipo documento	Versione
Cconspa	001	0	D	G	009	rel. comp.	1-13

IL COMMITTENTE :



I PROGETTISTI (A.T.I.) :

Ing. Valter RIPAMONTI (Capogruppo)



Studio DUEPUNTDIECI Associati

duepuntodieci associati
 dott. ing. Andrea Durando dott. ing. Enzo Lacroce

Studio ESSEBI Ingegneria



Ing. Enrico GUIOT

Ing. Stefano COALOVA

Stefano Coalova
 Ingegnere Edile

Capogruppo di progettazione : Ing. Valter RIPAMONTI

VR

Responsabile area di progettazione : Ing. Valter RIPAMONTI

VR

Redattore : Ing. Fabrizio ROAGNA

FR

TIMBRI E FIRME:



PROGETTO DEFINITIVO
 ai sensi del d.lgs163/06 allegato XXI

OGGETTO

RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE
 RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

VERS.	MODIFICHE	DATA	SCALA
0	Prima consegna	04 Novembre 2013	-
1	Seconda consegna	22 Novembre 2013	CUP C11J05000030001
2			
3			
4			

**PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI AVIGLIANA**

**RILOCALIZZAZIONE DI UNA PISTA DI GUIDA SICURA SITA IN AREA
AUTOPORTO DI SUS A (TO)**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

INDICE

PREMESSA	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	5
RILIEVO TOPOGRAFICO.....	6
ANALISI BACINO IMBRIFERO	7
DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	8
VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE	9
CONCLUSIONI.....	144
ALLEGATO A	
VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE F. DORA RIPARIA – STATO ATTUALE.....	16
ALLEGATO B	
VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE F. DORA RIPARIA - IN PROGETTO	17

Premessa

La presente relazione idraulica ha per oggetto un tratto della Dora Riparia nel Comune di Avigliana, posto nelle immediate vicinanze del sito interessato dalla rilocalizzazione di una pista di guida sicura attualmente sita in Comune di Susa in Comune di Avigliana, in prossimità dell'Autostrada Torino Bardonecchia ed a monte della barriera di Avigliana Ovest.

In particolare l'intervento è previsto al di sopra di un rilevato artificiale esistente determinato dall'accumulo di materiale di scavo ai tempi della realizzazione dell'Autostrada Torino – Bardonecchia, che verrà in parte rimodellato al fine di ospitare le piste e risulta ubicato in Fascia Fluviale B del corso d'acqua, a monte di un breve tratto in cui è individuato un limite di progetto della Fascia stessa, in corrispondenza del rilevato di accesso al casello Avigliana Ovest dell'Autostrada.

L'area in esame è individuata sugli elaborati progettuali nonché sull'estratto della Carta Tecnica Regionale, scala 1:10.000 – allegato.

Non risultano previste opere che interferiscono con l'alveo attivo, e gli interventi in progetto non determinano una modifica significativa delle sezioni di deflusso del corso d'acqua, in quanto localizzate dal lato opposto del rilevato autostradale rispetto all'alveo, in particolare in condizioni di piena; non sono inoltre previste variazioni delle quote attuali di fondo alveo nelle varie sezioni, rimane pertanto invariato il profilo del corso d'acqua.

Dal momento che il progetto prevede l'esecuzione di operazioni di scavo e di riporto sul rilevato esistente, seppure con un bilancio tra gli stessi che prevede l'asportazione e l'allontanamento dal sito di una notevole quantità di materiale (oltre 57.000 mc), si intende valutare la compatibilità idraulica dell'intervento con la localizzazione all'interno delle Fasce Fluviali, come previsto dalla "DIRETTIVA CONTENENTE I CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B" approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999.

Infatti il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) all'art. 38 delle Norme di attuazione infatti disciplina, gli "interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico" che ricadono all'interno delle Fasce A e B:

“1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di

particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.”

La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico è inoltre richiamata all'art. 39, commi 5 e 6, delle stesse Norme, che tratta degli aspetti urbanistici.

La direttiva fornisce i criteri, le prescrizioni e gli indirizzi di natura tecnica sulla base dei quali redigere lo studio idraulico, che deve corredare i progetti delle opere, necessario a valutare la compatibilità delle stesse con le prescrizioni del Piano stralcio.

Le indagini di carattere idraulico condotte sono state effettuate con riferimento ai risultati degli studi predisposti nell'ambito del PAI (Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti, Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17 comma 6 ter adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

In particolare l'Autorità di bacino definisce attraverso la Direttiva del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI):

- i valori delle portate di piena e delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino del Po;
- i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d'acqua;
- i tempi di ritorno delle portate di piena per il dimensionamento o la verifica delle diverse opere;
- i franchi da assumere per i rilevati arginali e per le opere di contenimento e di attraversamento.

E' stato inoltre consultato lo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po" redatto nell'anno 2003 e commissionato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, in particolare per quanto riguarda la definizione puntuale delle portate di colmo che risultano variate rispetto ai valori iniziali indicati dal PAI anche a seguito della ridefinizione nell'area in esame della delimitazione delle Fasce fluviali.

Tale studio risulta piuttosto dettagliato e fornisce già tutti i principali parametri idraulici che verranno utilizzati ai fini delle analisi condotte nel presente studio.

Il presente studio idrologico e idraulico si propone in particolare di individuare i valori delle portate di piena, con tempi di ritorno prefissati di 20, 100, 200 e 500 anni, relativi alle sezioni di interesse localizzate sull'asta del fiume Dora Riparia.

Nella presente relazione sono riportate rispettivamente la modalità di analisi seguita, i dati di ingresso ed i risultati ottenuti, che sono stati confrontati con quelli prescritti dalla Direttiva sopra citata.

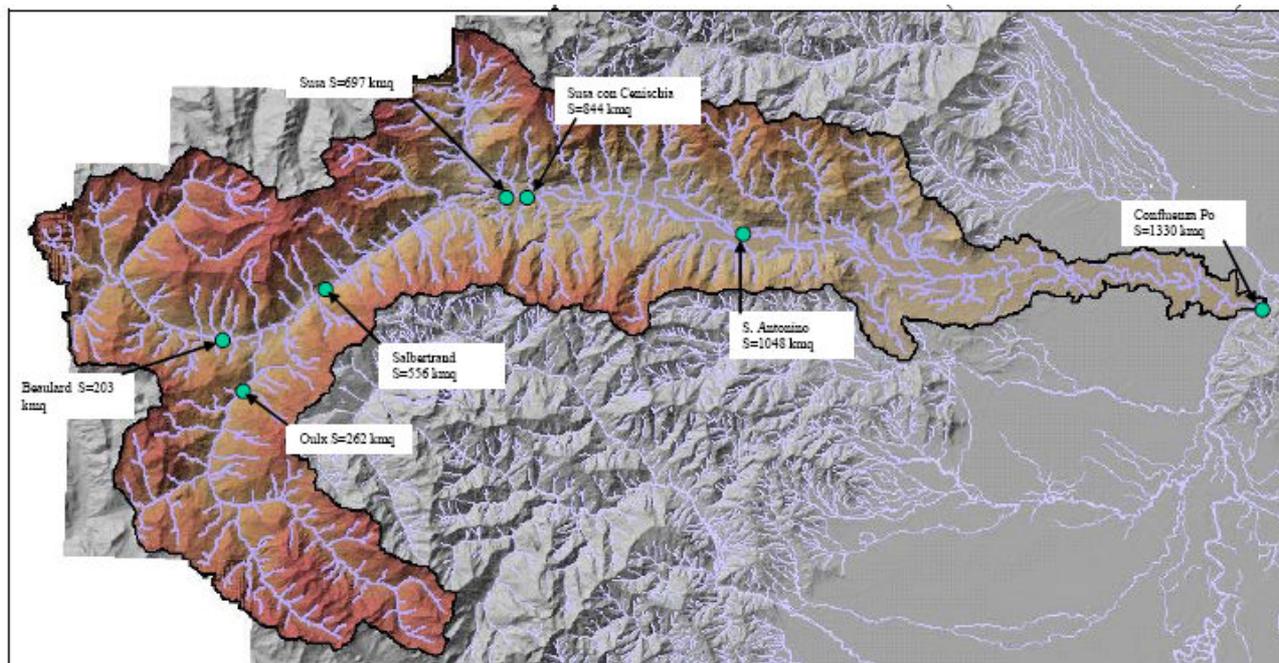
Normativa di riferimento

Per la definizione dei criteri di valutazione delle portate di progetto si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dalle seguenti disposizioni normative:

- P.A.I. (Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17 comma 6 ter. Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.
 - 4. Norme di attuazione - direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B".
 - 7. Norme di attuazione - direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.
- D.P.C.M. 29 settembre 1998 - Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 e 2, del DL 11 giugno 1998 n.180.
- Circolare P.G.R. 8 luglio 1999 n. 8/PET, relativa all'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.
- D.G.R. n.31-3749 del 6 agosto 2001 in riferimento alle aree inserite, ai sensi della C.P.G.R. n. 7/LAP/96, in classe IIIb ed ubicate all'interno delle fasce del P.S.F.F.

Inquadramento geografico e morfologico

Il bacino della Dora Riparia si estende nel settore Occidentale dell'arco alpino nella Provincia di Torino.



La Dora Riparia trae origine da tre rami, defluenti il primo dal Monginevro, il secondo, la Ripa, dal Monte Rasin ed il terzo, quello di Bardonecchia, dal Monte Tabor. Riceve a Susa il Torrente Cenischia e confluisce nel Po avendo percorso, dalle origini allo sbocco, circa 125 km.

Le caratteristiche morfologiche dell'Alta Riparia si distinguono nettamente da quelle del Torrente Bardonecchia con cui confluisce a valle di Oulx. In effetti quest'ultimo presenta un alveo largo con pendenza modesta e ricco di materiale alluvionale, mentre la Dora Riparia, a monte della confluenza, è caratterizzata da una forte pendenza con regime ancor più torrentizio ed elevata capacità di trasporto solido.

Dopo la confluenza, la valle della Dora Riparia si presenta fino a Salbertrand come un tratto in deposito caratterizzato da pendenze più dolci e da larghezza d'alveo ben maggiore rispetto al tratto a monte. Invece dalla località Serre La Voute (in Comune di Salbertrand) fino a Susa alla confluenza con il Cenischia, il corso d'acqua prende la fisionomia di una stretta gorgia incassata a forte pendenza. Da Susa al Po la valle principale della Dora Riparia si presenta mediamente ampia e ricca di materiale alluvionale.

I bacini di testata della Dora presentano caratteristiche idrauliche tipiche dei bacini montani: grande variabilità delle portate di deflusso, brevi tempi di formazione delle onde di piena, elevata capacità di trasporto solido della rete di drenaggio, etc.

Come conseguenza il regime idrologico medio della Dora Riparia ha un comportamento di tipo nivo-pluviale caratterizzato da magre invernali e da portate massime tardo primaverili, legate alla contemporaneità di precipitazioni liquide con lo scioglimento delle nevi.

L'area oggetto di intervento e della presente relazione risulta ubicata poco più a valle di S. Antonino di Susa, in Comune di Avigliana, in cui la superficie del bacino è pari a circa 1048 kmq.

Il tratto di corso d'acqua preso in esame, a lato dell'area in esame, presenta andamento pressoché rettilineo monocursale da Nord Ovest a Sud Este risulta caratterizzato da una debole pendenza, che determina una attività di tipo deposizionale prevalente; si nota infatti diffusamente la presenza di depositi limosi lungo le sponde ed anche dalle risultanze dei sondaggi geotecnici effettuati nell'area.

Rilievo topografico

In fase preliminare del presente studio è stato condotto un rilievo topografico di dettaglio, che ha premesso di ricostruire il profilo di fondo nel tratto oggetto di studio e le sezioni idrauliche nello stato attuale, dati essenziali per la corretta realizzazione di una dettagliata analisi idraulica.

Le sezioni ed i punti di rilievo sono riportati negli elaborati di progetto.

Nella descrizione geometrica dei corsi d'acqua particolare attenzione è stata posta nell'individuazione delle singolarità presenti in alveo che potenzialmente possono influire sulla definizione dei livelli idrici e delle velocità della corrente all'interno dell'alveo inciso.

Sono state pertanto complessivamente rilevate 5 sezioni d'alveo in corrispondenza dell'area di intervento.

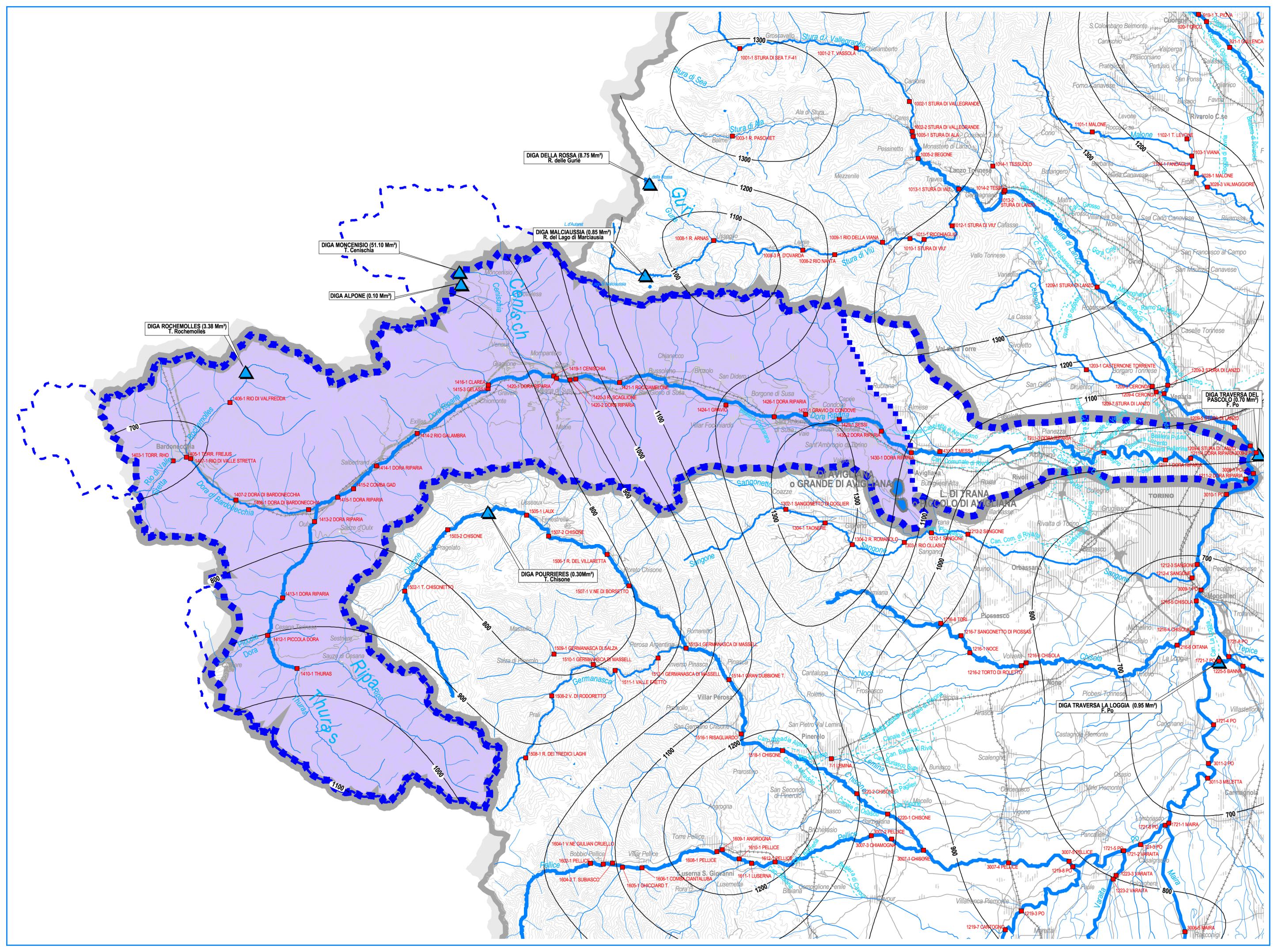
Il profilo di piena è stato così analizzato per un tratto della lunghezza di circa 350 m, integrando localmente i dati di inquadramento generale e le sezioni d'alveo già definite dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po" citato in premessa.

Analisi bacino imbrifero

Il bacino del fiume Dora Riparia determinato alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'area di intervento è localizzato nel cosiddetto tratto di valle del corso d'acqua (Susa – Torino), e presenta un'estensione di circa 1048 kmq.

Come definito all'interno dello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po” citato, l'area risulta all'interno del Tratto 5 che va da S. Antonino ad Avigliana.

L'individuazione del bacino idrografico precedentemente descritto e l'andamento del corso d'acqua è riportato nella planimetria allegata di seguito, redatta utilizzando come base l'inquadramento territoriale del sottobacino Dora Riparia del PTA – Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte.



DIGA DELLA ROSSA (8.75 Mm²)
R. delle Gurie

DIGA MONCENISIO (51.10 Mm²)
T. Cenischia

DIGA MALCIAUSSIA (0.85 Mm²)
R. del Lago di Marciaussia

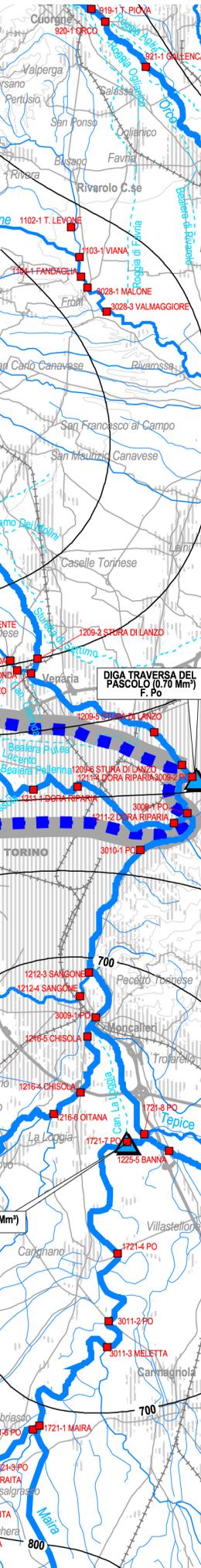
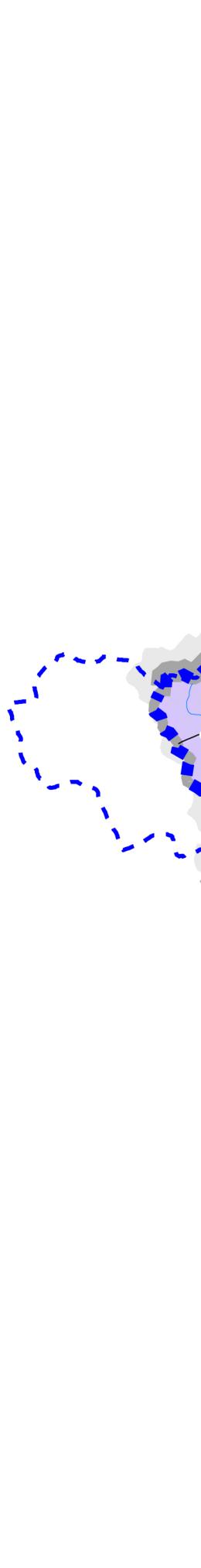
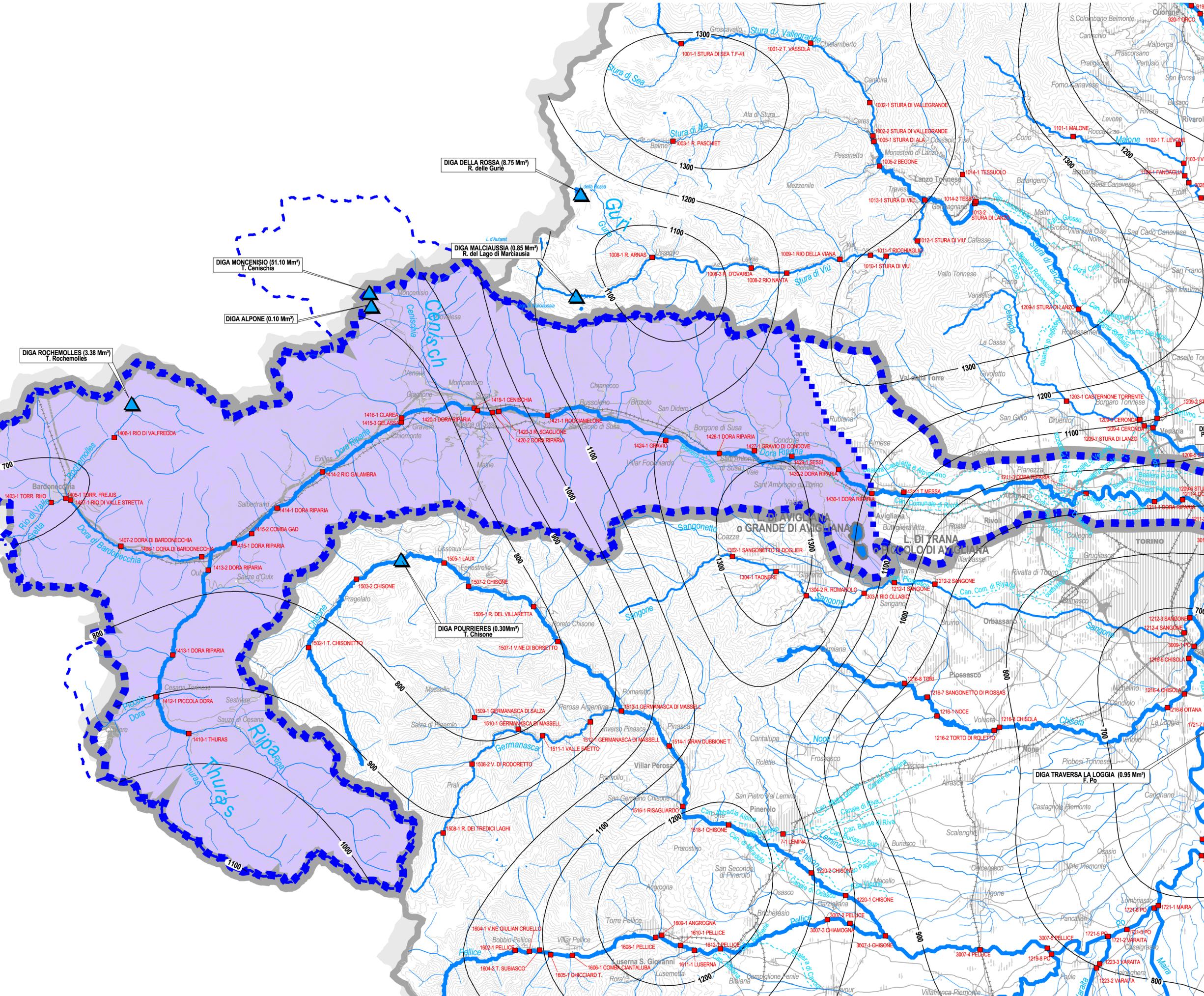
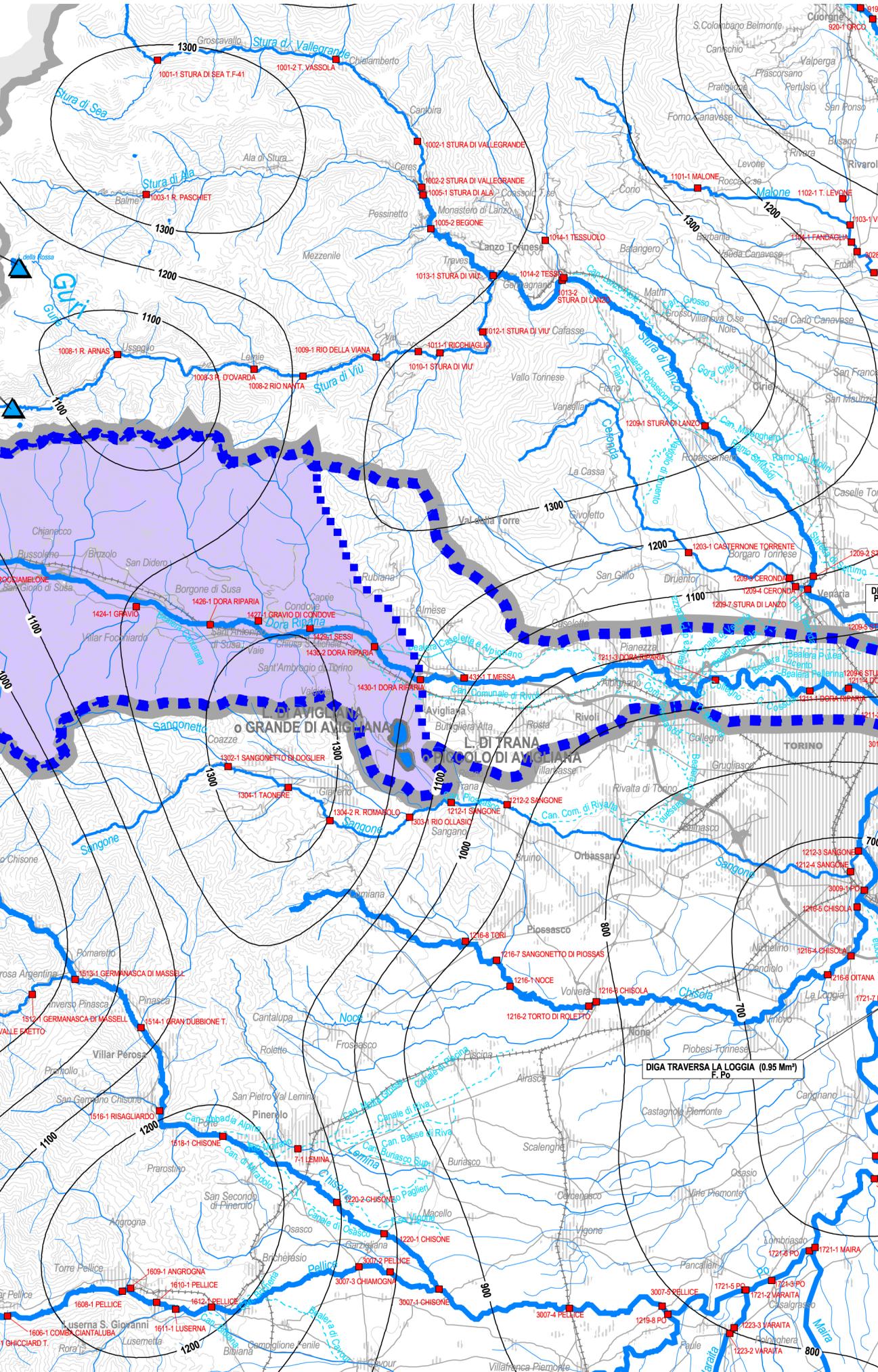
DIGA ALPONE (0.10 Mm²)

DIGA ROCHEMOLLES (3.38 Mm²)
T. Rochemolles

DIGA POURRIERES (0.30Mm²)
T. Chisone

DIGA TRAVERSA DEL PASCOLO (0.70 Mm²)
F. Po

DIGA TRAVERSA LA LOGGIA (0.95 Mm²)
F. Po



Determinazione delle portate di massima piena

Come indicato in premessa, stante l'esistenza di uno studio decisamente approfondito che ha analizzato a fondo e con sufficiente livello di dettaglio le caratteristiche idrologiche e idrauliche del bacino e del corso d'acqua in esame, le portate di piena vengono desunte dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po".

In particolare l'elaborato definito 3.2.1./1/1R: Relazione descrittiva e di analisi dell'attività "Definizione delle portate di piena di riferimento" riporta al par. 1.3 "Conclusioni" le seguenti tabelle riepilogative relative alle sezioni significative considerate lungo il corso d'acqua:

Stazione	T=2	T=20	T=50	T=100	T=200	T=500
Oulx	43.1	133.0	188.3	241.9	308.7	423.0
Beaulard	37.4	115.3	163.2	209.7	267.7	366.7
Salbertrand	65.7	202.7	286.8	368.5	470.3	644.4
Susa	74.5	230.0	325.5	418.2	533.7	731.3
Susa a valle del Cenischia	83.0	256.0	362.3	465.5	594.0	813.9
S.Antonino di Susa	93.6	288.9	408.9	525.4	670.5	918.7
Confluenza col Po	107.1	330.1	467.2	600.3	766.1	1049.

Tabella 1: portate al colmo (in m³/s) con prefissato tempo di ritorno.

Stazione	T=2	T=20	T=50	T=100	T=200	T=500
Oulx	10.4	32.2	45.6	58.7	74.9	102.6
Beaulard	8.9	27.5	39.0	50.1	63.9	87.6
Salbertrand	16.6	51.4	72.7	93.4	119.2	163.4
Susa	19.1	59.1	83.6	107.4	137.1	187.9
Susa a valle del Cenischia	21.5	66.5	94.1	120.9	154.3	211.4
S.Antonino di Susa	24.6	76.0	107.6	138.2	176.4	241.7
Confluenza col Po	28.5	88.0	124.6	160.1	204.3	280.0

Tabella 2: volumi di piena (in milioni di m³.) per prefissati tempi di ritorno

Stazione	30 gg	60 gg	91 gg	182 gg	274 gg	355 gg
Oulx	13.03	8.69	6.08	3.37	2.39	1.70
Beaulard	12.96	8.62	6.42	3.98	2.83	1.78
Salbertrand	30.95	20.07	13.40	7.03	5.12	4.02
S.Antonino di Susa	38.20	25.00	19.10	14.30	11.70	5.47
Susa	27.66	18.47	14.16	8.87	6.67	5.56
Susa a valle del Cenischia	31.49	21.08	16.17	10.15	7.63	6.36
Confluenza col Po	42.82	28.82	22.17	13.95	10.51	8.76

Tabella 3: estratto dalle curve delle durate ricavate.

Per la sezione in esame, localizzata a valle di S. Antonino all'interno del Tratto 5 di corso d'acqua si ricavano le seguenti portate al colmo, utilizzate per la modellazione idraulica di dettaglio:

<i>Corso d'acqua</i>	<i>Portata Q Tr = 20 anni (mc/s)</i>	<i>Portata Q Tr = 100 anni (mc/s)</i>	<i>Portata Q Tr = 200 anni (mc/s)</i>	<i>Portata Q Tr = 200 anni (mc/s)</i>
F. Dora Riparia	289	525	671	919

Verifica idraulica in moto permanente

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il codice di calcolo “Hec Ras” del U.S. Army Corps of Engineers.

Il modello integra l'equazione della corrente a pelo libero in moto stazionario gradualmente variato, definisce in modo automatico i tratti di corrente lenta e veloce e la posizione dei risalti (HEC-2 water Surface Profile Program).

Il fenomeno idraulico fuori e dentro l'alveo è stato simulato considerando l'alveo trasversalmente come una sezione unica (piano golenale + alveo inciso), dal momento che tale ipotesi è l'unica ipotesi valida nel contesto della modellistica fluviale quando si ricorre alla simulazione degli alvei composti tramite i modelli monodimensionali (pelo libero orizzontale e linea dell'energia parallela al pelo libero).

L'equazione del moto utilizzata è la seguente:

$$\frac{d}{ds} \left(Y_m + \frac{Q^2}{2gA^2} \right) = -J - E_B \quad (1)$$

Le grandezze considerate sono:

A = area bagnata (m²);

Q = portata(m³/s);

s = coordinata lungo l'asse dell'alveo (m);

Y_m = quota media del pelo libero nella sezione (m s.m.);

J = cadente;

g = accelerazione di gravità: 9.81 m/s²;

le perdite di carico considerate sono:

a) perdita di carico continua espressa

$$J = \frac{Q^2}{K^2} \quad (2)$$

ove la conduttanza idraulica vale, per sezione semplice,

$$K = \frac{AR^{2/3}}{n}; \quad (2a)$$

n è il coefficiente di Manning e R è il raggio idraulico.

Per sezione composta da N parti e munita di variazioni di scabrezza lungo il perimetro bagnato si ha:

$$K = \sum_{i=1,N} \frac{A_i R_i^{2/3}}{n_i} \quad (2b)$$

b) perdite di carico concentrate sul tronco elementare ΔS che vale:

$$E_B = \frac{C}{\Delta s} \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (3)$$

ove

C = coefficiente tipo Borda (allargamento e restringimento brusco o graduale)

V = velocità della corrente nell' i -esima sezione;

d = coefficiente di ragguglio di Coriolis.

Le perdite di carico complessive sono ottenute

$$h_{f_{1-2}} = \bar{L}J + C \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (4)$$

dove

$$\bar{L} = \frac{L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + L_3 Q_3}{Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

\bar{L} = distanza pesata nelle portate tra due sezioni, consecutive, $i-i+1$, che caratterizzano l'alveo;

$L_{i=1,3}$ = distanza parziale tra le sezioni $i-i+1$ nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra;

$Q_{i=1,3}$ = portata transitante nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra delle sezioni consecutive i ed $i+1$.

Il sistema di equazioni (1), (2) e (3) è integrato alle differenze finite col metodo standard step. La risoluzione del sistema richiede la conoscenza di opportune condizioni al contorno: il valore della portata Q e il valore del tirante h nella sezione di monte e di valle del tratto in esame se la corrente è veloce o lenta rispettivamente.

Il tracciato dei profili di corrente viene effettuato da parte del codice tra le sezioni rilevate e le sezioni fittizie o intermedie. Tali sezioni sono distribuite spazialmente, tra le sezioni rilevate, ad una distanza parziale assegnata dall'utente. Le grandezze geometriche ed idrauliche delle sezioni intermedie vengono calcolate interpolando lungo l'ascissa i valori di tali grandezze nelle sezioni rilevate o topograficamente note localizzate negli estremi del tronco in esame.

I ponti sono trattati come singolarità all'interno del codice.

Il calcolo considera l'effetto che i ponti esercitano sul libero deflusso della corrente; sono simulabili le diverse condizioni del funzionamento:

1. Funzionamento a pelo libero:
 - 1^a - con transizione attraverso lo stato critico;
 - 1^b - con transizione in corrente lenta attraverso il restringimento.
2. Funzionamento in pressione:
 - 2^a - chiusura delle luci;
 - 2^b - chiusura delle luci con sormonto dell'impalcato del ponte.

Dal punto di vista della modellistica matematica, il problema viene affrontato da parte del codice facendo ricorso all'equazione globale della quantità di moto (basata sul principio proposto da Koch e Carstanjen) nel caso di funzionamento a pelo libero.

Sono affrontate ambedue le situazioni esistenti, cioè quella relativa alla transizione attraverso lo stato critico e quella relativa alla transizione in corrente lenta attraverso il restringimento.

Nel caso la corrente sia lenta attraverso il restringimento, il codice di calcolo presenta altre alternative:

- La formula di Yarnell

$$\frac{\Delta h}{h_3} = KF_{r3}^2 (K + 5F_{r3}^2 - 0.6) (\alpha + 15\alpha^4)$$

ove

Δh = il rigurgito in funzione delle condizioni della corrente di valle: h_1-h_3 ;

h_1, h_3 = tiranti idrici a monte e valle della singolarità;

F_{r3} = numero di Froude della corrente a valle;

$\alpha = 1 - \frac{b}{B}$ = rapporto di restringimento;

$B(h_3)$ = larghezza di superficie a valle del restringimento;

b = larghezza nella sezione ristretta;

K = costante determinata in base alla forma delle pile

- Perdita di carico concentrata

$$E_B = C \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right|$$

C = 0.1-0.5

Nel caso di funzionamento in pressione con o senza tracimazione dell'impalcato, il codice ricorre alle leggi della foronomia. In questo caso parte dall'individuazione della curva $Q=Q(h)$, somma dei contributi di portata di tutte le luci a battente e di quelle a stramazzo con funzionamento rigurgitato o non rigurgitato da valle. Da tale curva si legge il valore di altezza corrispondente alla portata transitante e si determina il valore di energia specifica corrispondente alla sezione di monte, in base alla quale viene ricavata la relativa altezza.

Le verifiche sono state effettuate in condizioni di moto stazionario monodimensionale, per cui è stato utilizzato un valore della portata costante con geometria dell'alveo variabile (questo tipo di moto rappresenta con buona approssimazione quello che si manifesta negli alvei naturali dei corsi d'acqua durante gli eventi di piena).

Tale metodologia permette, pertanto, una valutazione dei livelli di piena nelle sezioni del corso d'acqua più raffinata di quanto non lo consenta la schematizzazione del moto uniforme nelle singole sezioni dell'alveo. Con essa, infatti, è possibile calcolare i livelli idrici considerando l'influenza della variazione della geometria e delle singolarità idrauliche presenti nel tratto d'asta del corso d'acqua analizzato.

Il problema del tracciamento del profilo di superficie libera di un corso d'acqua naturale in moto permanente con una data portata Q si risolve con procedimenti di calcolo numerico.

L'operazione richiede la suddivisione del corso d'acqua in tronchi di lunghezza Δs , tali da poter confondere i valori medi della sezione e della velocità in ciascun tronco con i valori ad un estremo.

La natura dell'alveo deve conservarsi, entro certi limiti, in ciascun tronco.

Siano i e $i + 1$ due sezioni consecutive, distanti Δx in asse, nella prima delle quali siano note tutte le grandezze idrauliche.

La variazione di carico idraulico ΔH tra le due sezioni si può calcolare mediante la seguente relazione alle differenze finite:

$$\Delta H = -[j]_i \cdot \Delta x$$

Si può ottenere così il carico totale H_{i+1} della sezione $i + 1$ e conseguentemente il carico piezometrico h_{i+1} , che rappresenta la quota del pelo libero rispetto ad un piano di riferimento orizzontale, risolvendo l'equazione:

$$H_{i+1} = h_{i+1} + \frac{Q^2}{2g \cdot \Omega_{i+1}^2}$$

È possibile in questo modo ricavare il carico piezometrico della corrente nelle sezioni di rilievo e da questo calcolare le caratteristiche idrauliche che il torrente presenta nel tratto in esame.

Per lo sviluppo delle verifiche idrauliche in questione è stato necessario determinare le seguenti condizioni al contorno e dati di base:

- geometria dell'alveo come definita con l'apposita campagna di rilievo precedentemente descritta;
- scabrezza e portate;
- altezza del pelo libero ad una delle estremità o ad entrambe, in funzione del tipo di corrente (lenta o veloce) che si viene ad instaurare sul corso d'acqua.

Condizioni al contorno

Le portate utilizzate nelle simulazioni idrauliche derivano dallo studio idrologico effettuato in precedenza.

Nello studio idrologico sono state considerate le portate di massima piena in relazione a tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni.

Le scabrezze dell'alveo utilizzate sono state dedotte dall'analisi della tipologia di materiale presente in alveo, dal tipo di terreno e di vegetazione presente nelle aree golenali e dal materiale costituente le pareti e la volta dei tratti coperti, confrontandoli con i valori riportati in letteratura (Hec Ras Hydraulic reference manual). In generale vengono utilizzati per ciascuna sezione due valori diversi di scabrezza: uno per l'alveo inciso ed uno per le aree golenali.

Il coefficiente di scabrezza è stato determinato secondo Manning confrontando le caratteristiche dell'alveo oggetto di studio con le relative tabelle di riferimento (Chow, 1959). In particolare, per l'alveo naturale si è adottato un valore di 0,045 m^{-1/3s} per tutti i tratti, vista la presenza diffusa di massi e la geometria irregolare delle sezioni, mentre per le aree golenali si è utilizzato un coefficiente di scabrezza pari a 0,06 m^{-1/3s}, in accordo con i valori indicati all'interno della DIRETTIVA CONTENENTE I CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B" citata.

Simulazioni effettuate

Le verifiche idrauliche sono state condotte considerando come dati di input della simulazione la situazione geometrica dell'alveo nel tratto di intervento allo stato attuale ed in progetto, considerando valori di portata relativi a tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni.

Si considera in ogni caso come portata di riferimento per la Fascia B quella con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, viste le caratteristiche del corso d'acqua; i relativi tiranti idrici sono indicati sulle sezioni di rilievo e di progetto riportate nelle tavole allegate.

I risultati delle simulazioni sopra descritte sono allegati di seguito.

Conclusioni

Dall'esame dei risultati di calcolo emerge come in corrispondenza dell'area in esame si verifichi una laminazione in sponda sinistra a partire da tempi di ritorno piuttosto bassi, inferiori ai 100 anni, seppur con effetti decisamente limitati dalla presenza del rilevato autostradale.

In particolare le acque provenienti da monte, dove i tiranti idrici risultano più elevati in rapporto alle quote del piano campagna, hanno la possibilità di defluire nuovamente in alveo attraverso i fornicati posti al di sotto dell'autostrada (interasse circa 80 – 90 m, sezione 2 x 2 m).

Tuttavia dal confronto tra i livelli dei tiranti idrici raggiunti in corrispondenza delle sezioni analizzate nella configurazione attuale ed in quella di progetto non emergono variazioni di rilievo; si denota unicamente, in alcune sezioni, una diminuzione di ordine centimetrico dei livelli.

I livelli riportati risultano inoltre sostanzialmente coincidenti con quelli ricavabili in corrispondenza delle sezioni n. 067 e 068 dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po" citato.

In particolare la variazione delle sezioni tra lo stato attuale e quello in progetto è determinata dalla realizzazione di uno sbancamento di notevole entità in corrispondenza della porzione di area più vicina al rilevato autostradale ed al fiume (visibile in particolare in sezione 2:2), ed il riutilizzo di parte dello stesso per l'ampliamento del rilevato in posizione più periferica (vedi sezione 1:1) o per la realizzazione delle piste al di sopra del rilevato, poste in ogni caso ad una quota notevolmente superiore a quelle di piena.

Ciò comporta una leggera diminuzione dell'impronta in pianta del rilevato all'interno dell'area di laminazione definita dalla Fascia, con conseguente leggero aumento dei volumi di invaso, seppure per volumi ininfluenti se confrontati con l'estensione complessiva dell'area stessa.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di un unico fabbricato ad uso servizi la cui localizzazione al di sopra del rilevato esistente lo pone al riparo dagli effetti della piena, non essendo dotato di piani interrati e presentando una quota di spiccatto pari a circa 346.50 m s.l.m. superiore di circa 2 m alla quota della piena con $Tr = 200$ anni determinata in corrispondenza dello stesso.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate è possibile affermare che la realizzazione delle opere in progetto non comporta alcuna variazione ai livelli di piena in Fascia B rispetto allo stato attuale o alla capacità di invaso della stessa, l'esecuzione delle stesse risulta pertanto compatibile con il regime idraulico attuale del Fiume Dora Riparia e coerente con i dettami della "DIRETTIVA CONTENENTE I CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B" approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999.

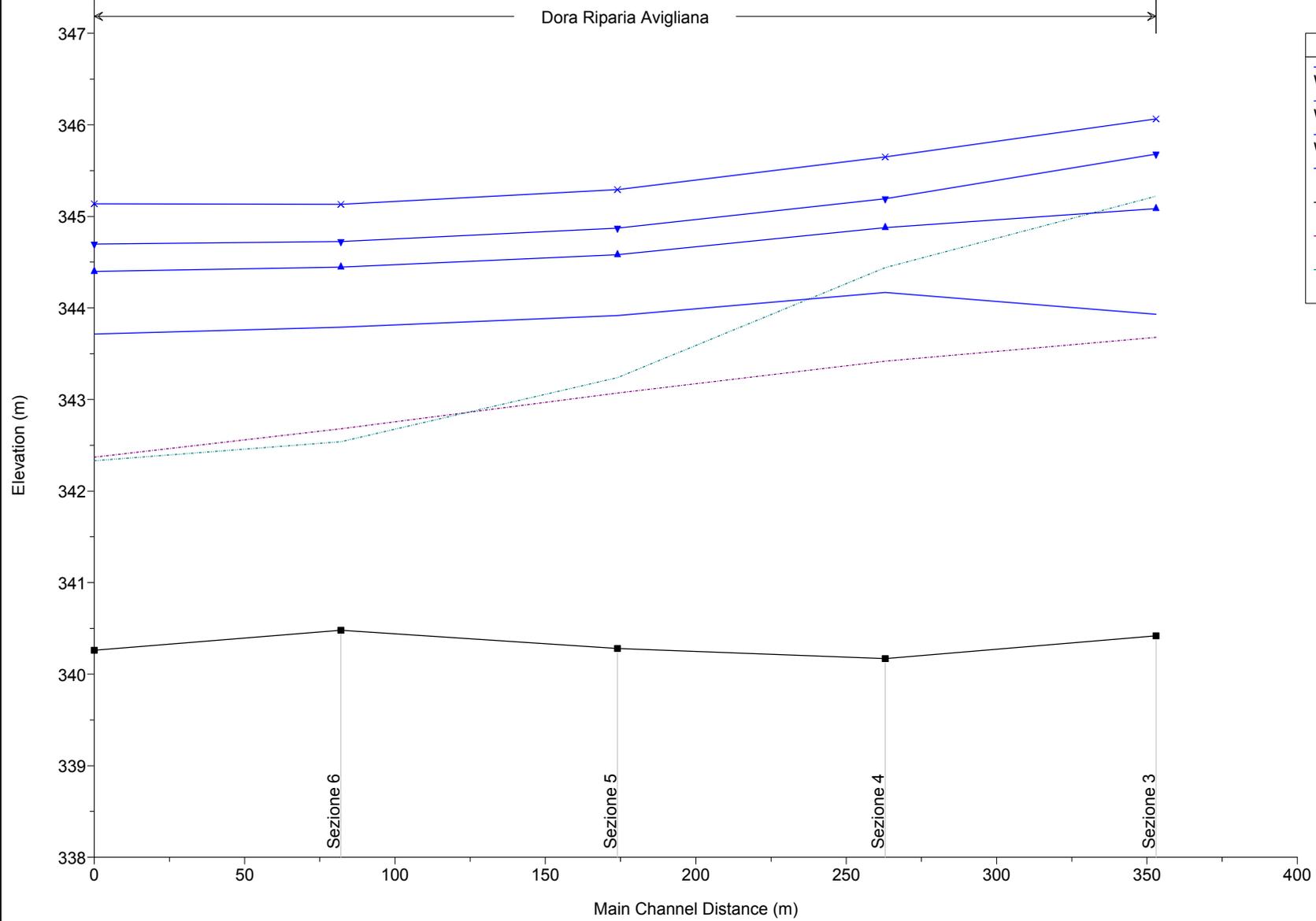
ALLEGATO A

VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE

F. DORA RIPARIA – STATO ATTUALE

Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013

Dora Riparia Avigliana



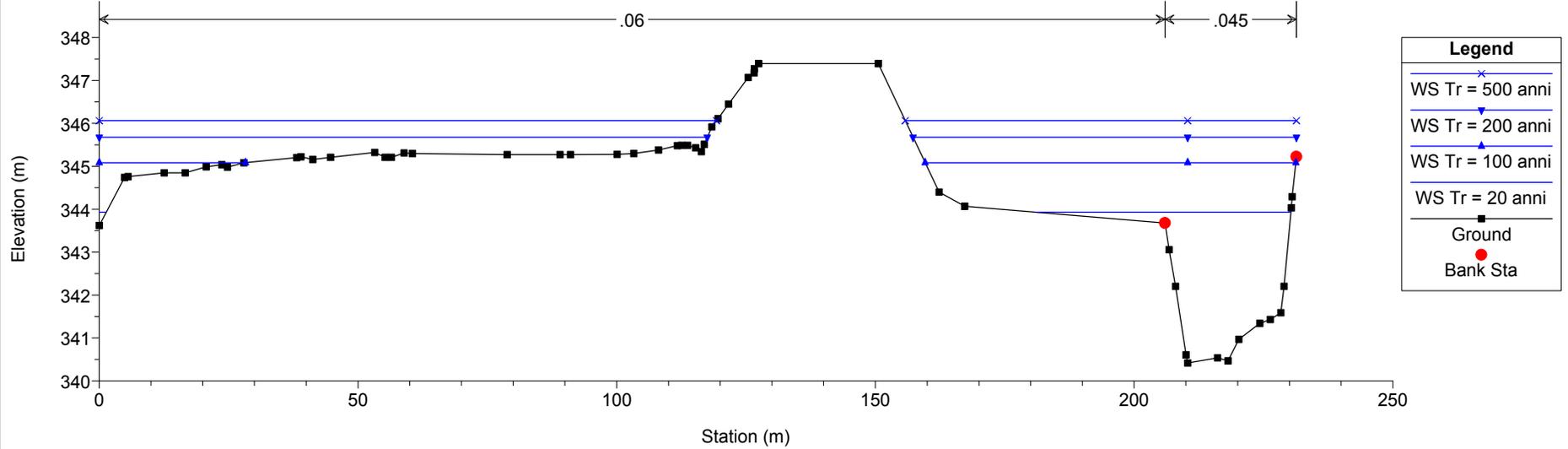
Legend

- WS Tr = 500 anni
- WS Tr = 200 anni
- WS Tr = 100 anni
- WS Tr = 20 anni
- Ground
- LOB
- ROB

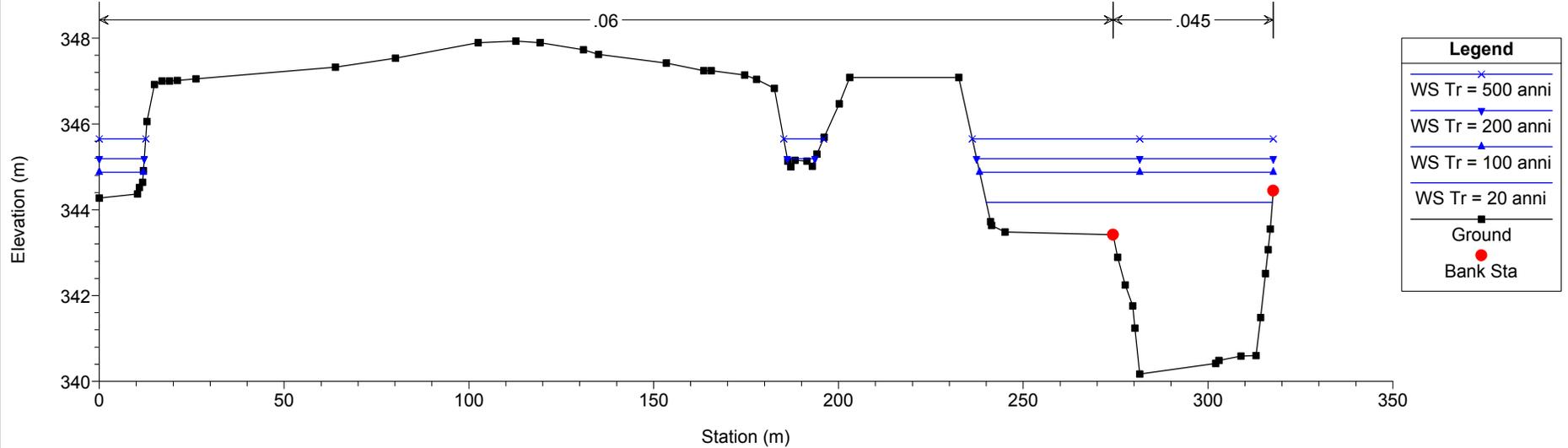
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Dora Riparia Reach: Avigliana

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	LOB Elev (m)	ROB 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
Avigliana	5	Tr = 20 anni	289.00	340.42	343.93	343.68	345.22	343.64	344.90	0.011689	4.38	68.91	50.51	0.85
Avigliana	5	Tr = 100 anni	525.00	340.42	345.08	343.68	345.22	345.08	345.99	0.008536	4.60	154.77	99.93	0.76
Avigliana	5	Tr = 200 anni	671.00	340.42	345.68	343.68	345.22	345.68	346.37	0.006324	4.31	251.10	191.64	0.66
Avigliana	5	Tr = 500 anni	919.00	340.42	346.06	343.68	345.22	346.06	346.83	0.006975	4.75	325.50	194.92	0.70
Avigliana	4	Tr = 20 anni	289.00	340.17	344.17	343.42	344.44		344.35	0.001654	1.94	166.02	77.41	0.34
Avigliana	4	Tr = 100 anni	525.00	340.17	344.88	343.42	344.44	343.30	345.22	0.002573	2.73	227.93	91.43	0.44
Avigliana	4	Tr = 200 anni	671.00	340.17	345.19	343.42	344.44	343.98	345.64	0.003111	3.14	257.59	100.01	0.48
Avigliana	4	Tr = 500 anni	919.00	340.17	345.65	343.42	344.44	344.64	346.26	0.003892	3.73	304.47	104.80	0.55
Avigliana	3	Tr = 20 anni	289.00	340.28	343.92	343.07	343.24		344.16	0.002845	2.39	163.55	100.46	0.43
Avigliana	3	Tr = 100 anni	525.00	340.28	344.58	343.07	343.24		344.95	0.003765	3.09	237.24	118.61	0.51
Avigliana	3	Tr = 200 anni	671.00	340.28	344.87	343.07	343.24		345.31	0.004335	3.46	273.43	130.33	0.55
Avigliana	3	Tr = 500 anni	919.00	340.28	345.29	343.07	343.24		345.85	0.005095	3.98	329.33	134.81	0.60
Avigliana	2	Tr = 20 anni	289.00	340.48	343.79	342.68	342.54		343.92	0.001837	1.81	221.38	133.08	0.35
Avigliana	2	Tr = 100 anni	525.00	340.48	344.44	342.68	342.54		344.63	0.002245	2.28	328.84	181.15	0.40
Avigliana	2	Tr = 200 anni	671.00	340.48	344.73	342.68	342.54		344.95	0.002535	2.55	380.27	183.95	0.42
Avigliana	2	Tr = 500 anni	919.00	340.48	345.13	342.68	342.54		345.42	0.002974	2.94	456.76	192.63	0.47
Avigliana	1	Tr = 20 anni	289.00	340.26	343.72	342.37	342.33	342.25	343.79	0.001001	1.41	310.38	266.05	0.26
Avigliana	1	Tr = 100 anni	525.00	340.26	344.40	342.37	342.33	343.22	344.48	0.001001	1.60	565.39	418.03	0.27
Avigliana	1	Tr = 200 anni	671.00	340.26	344.70	342.37	342.33	343.52	344.78	0.001000	1.68	691.65	420.22	0.27
Avigliana	1	Tr = 500 anni	919.00	340.26	345.14	342.37	342.33	343.82	345.23	0.001001	1.80	877.48	424.57	0.28

Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013
Sezione 3

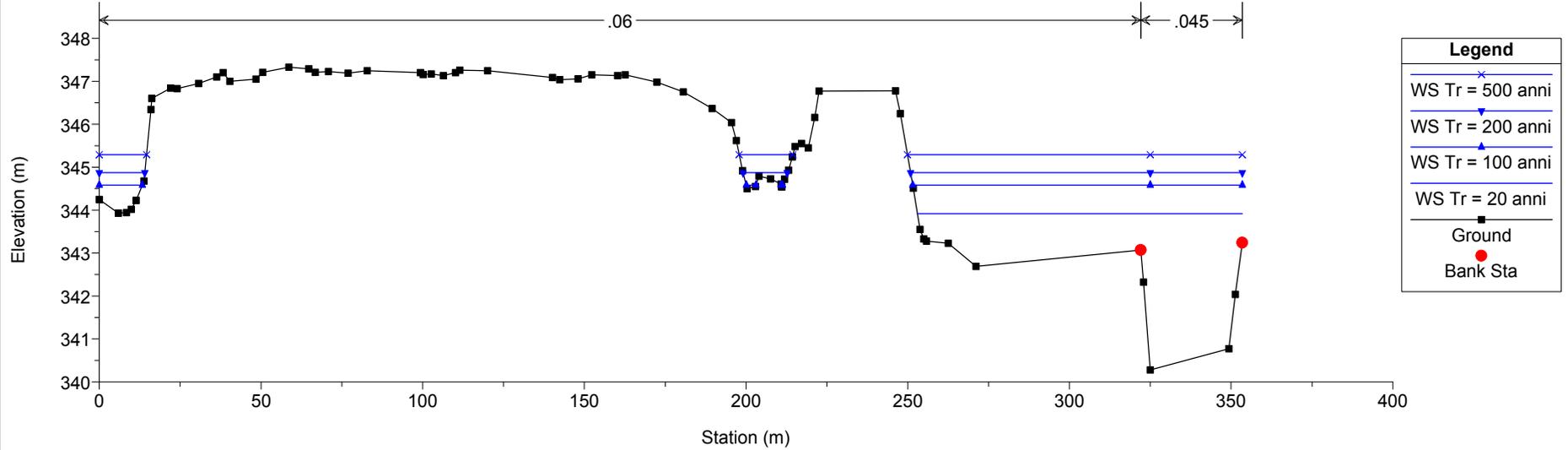


Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013
Sezione 4



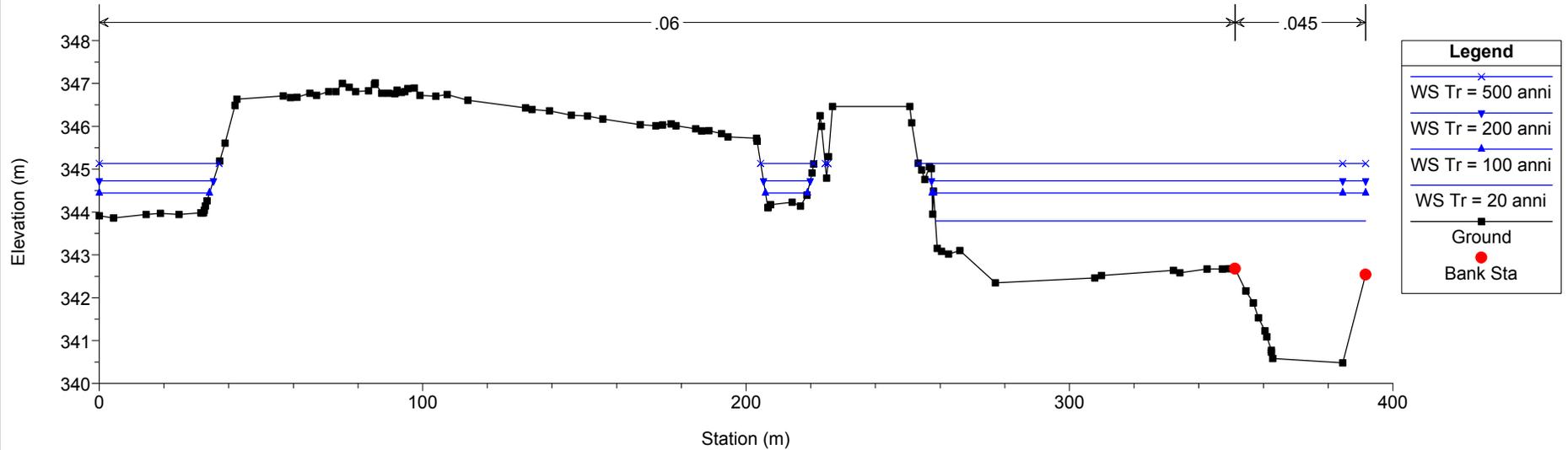
Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013

Sezione 5



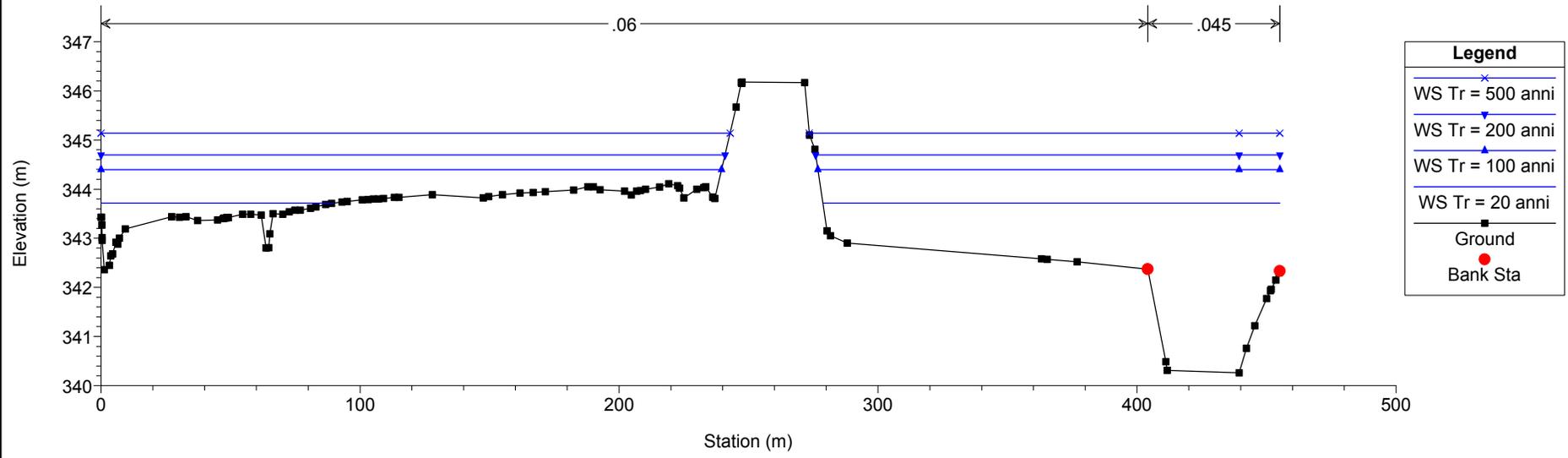
Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013

Sezione 6



Dora Avigliana attuale Plan: Plan 02 31/10/2013

Sezione 7



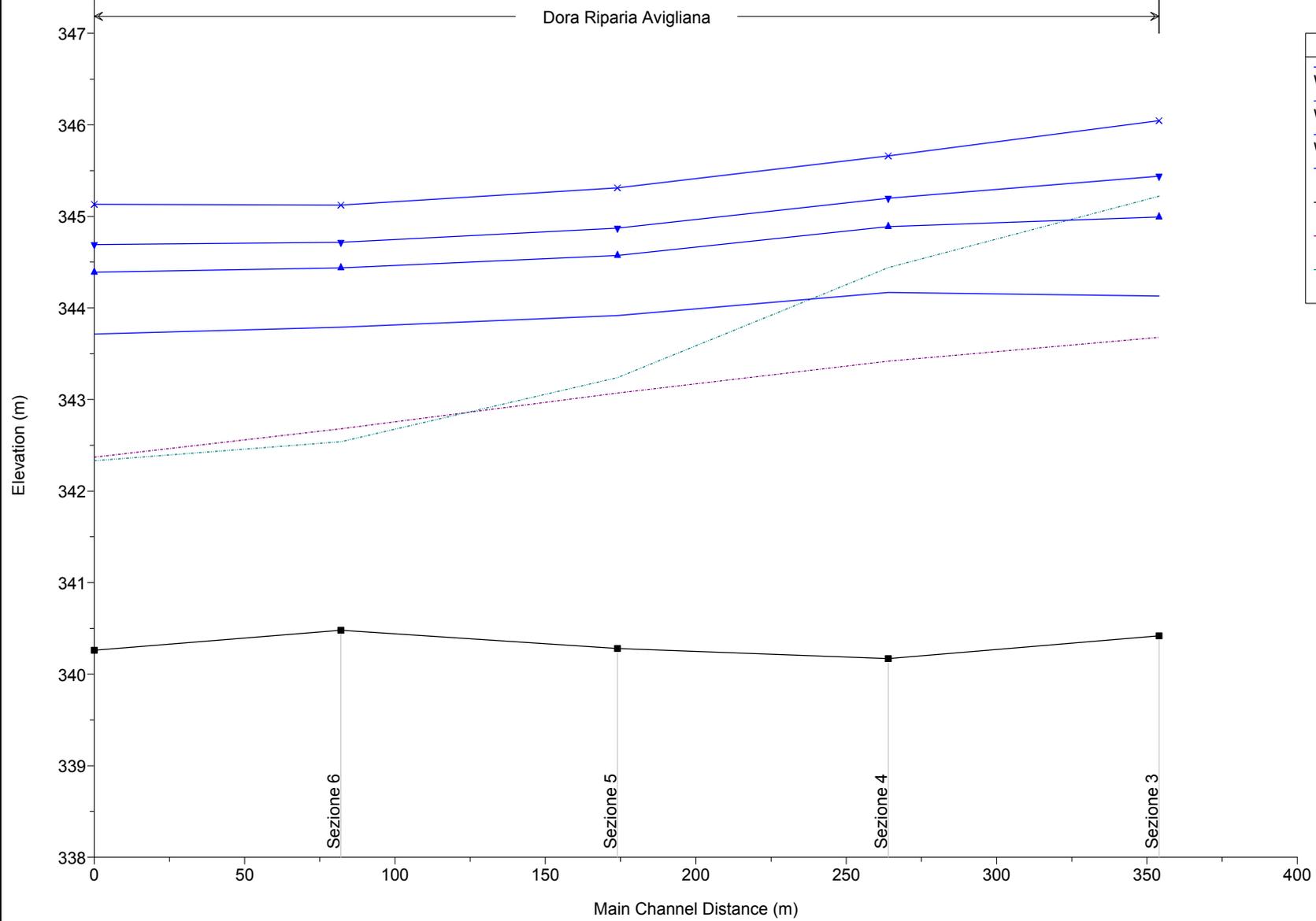
ALLEGATO B

VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE

F. DORA RIPARIA – IN PROGETTO

Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013

Dora Riparia Avigliana



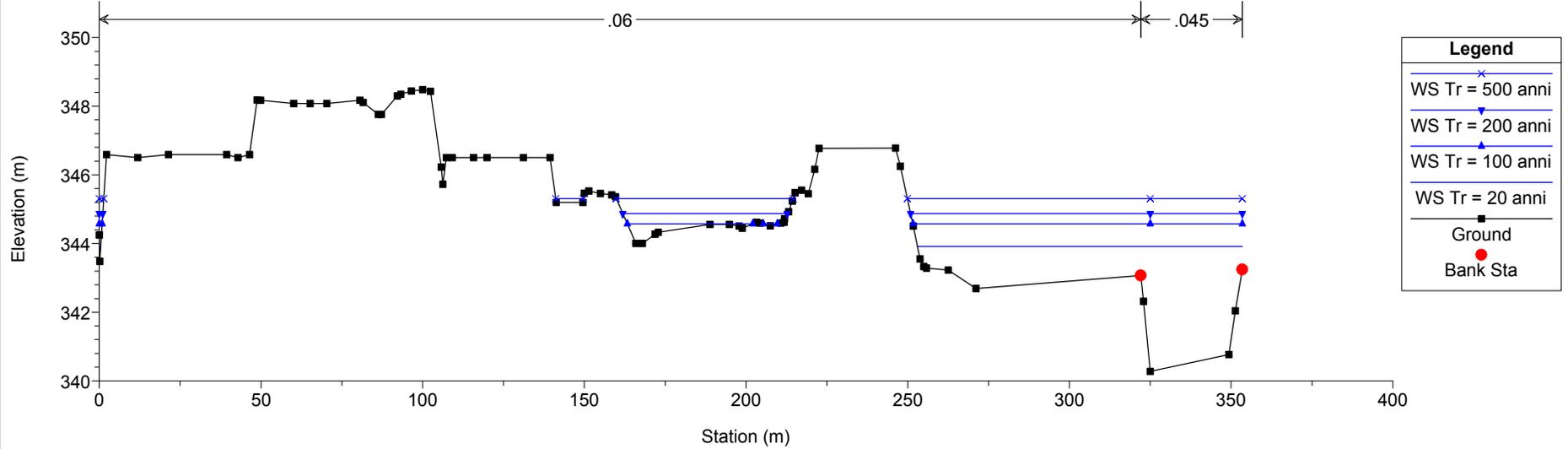
Legend

- WS Tr = 500 anni
- WS Tr = 200 anni
- WS Tr = 100 anni
- WS Tr = 20 anni
- Ground
- LOB
- ROB

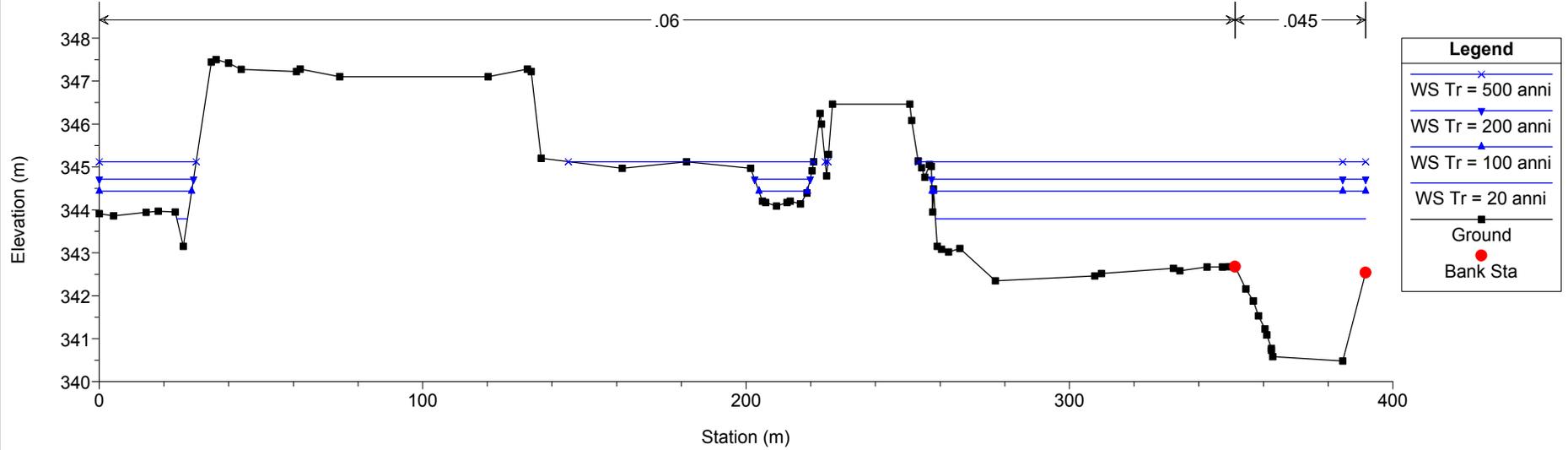
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Dora Riparia Reach: Avigliana

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	LOB Elev (m)	ROB 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
Avigliana	5	Tr = 20 anni	289.00	340.42	344.13	343.68	345.22	344.13	344.86	0.008409	3.88	92.09	94.75	0.73
Avigliana	5	Tr = 100 anni	525.00	340.42	344.99	343.68	345.22	344.97	345.69	0.007397	4.22	188.40	135.33	0.71
Avigliana	5	Tr = 200 anni	671.00	340.42	345.44	343.68	345.22	345.28	346.07	0.006436	4.20	253.81	163.46	0.67
Avigliana	5	Tr = 500 anni	919.00	340.42	346.05	343.68	345.22	345.73	346.61	0.005539	4.22	357.87	177.85	0.62
Avigliana	4	Tr = 20 anni	289.00	340.17	344.17	343.42	344.44	342.39	344.35	0.001649	1.94	166.96	84.74	0.34
Avigliana	4	Tr = 100 anni	525.00	340.17	344.89	343.42	344.44		345.22	0.002513	2.70	236.68	111.53	0.43
Avigliana	4	Tr = 200 anni	671.00	340.17	345.20	343.42	344.44		345.63	0.003005	3.09	275.87	133.23	0.47
Avigliana	4	Tr = 500 anni	919.00	340.17	345.66	343.42	344.44		346.21	0.003593	3.59	338.49	137.76	0.52
Avigliana	3	Tr = 20 anni	289.00	340.28	343.92	343.07	343.24		344.16	0.002848	2.39	163.55	100.86	0.43
Avigliana	3	Tr = 100 anni	525.00	340.28	344.57	343.07	343.24		344.94	0.003824	3.11	237.01	145.94	0.51
Avigliana	3	Tr = 200 anni	671.00	340.28	344.87	343.07	343.24		345.30	0.004291	3.44	282.35	154.58	0.55
Avigliana	3	Tr = 500 anni	919.00	340.28	345.31	343.07	343.24		345.83	0.004790	3.87	352.70	168.36	0.58
Avigliana	2	Tr = 20 anni	289.00	340.48	343.79	342.68	342.54		343.91	0.001834	1.81	222.39	136.39	0.35
Avigliana	2	Tr = 100 anni	525.00	340.48	344.44	342.68	342.54		344.62	0.002262	2.29	327.72	177.64	0.40
Avigliana	2	Tr = 200 anni	671.00	340.48	344.72	342.68	342.54		344.94	0.002560	2.56	378.00	180.55	0.43
Avigliana	2	Tr = 500 anni	919.00	340.48	345.12	342.68	342.54		345.41	0.003048	2.98	456.98	244.94	0.47
Avigliana	1	Tr = 20 anni	289.00	340.26	343.71	342.37	342.33	342.25	343.79	0.001001	1.41	312.32	269.34	0.26
Avigliana	1	Tr = 100 anni	525.00	340.26	344.39	342.37	342.33	343.22	344.47	0.001001	1.60	566.97	417.98	0.27
Avigliana	1	Tr = 200 anni	671.00	340.26	344.69	342.37	342.33	343.50	344.78	0.001000	1.68	692.96	420.16	0.27
Avigliana	1	Tr = 500 anni	919.00	340.26	345.13	342.37	342.33	343.85	345.22	0.001001	1.80	878.58	424.52	0.28

Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013
RS = 3 Sezione 5

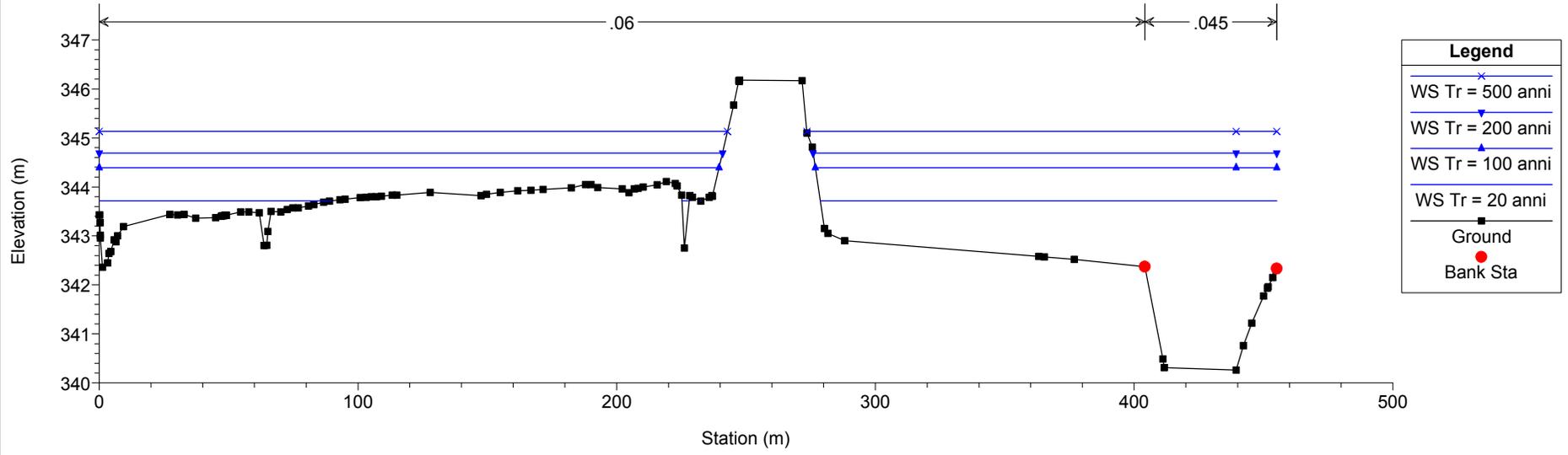


Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013
RS = 2 Sezione 6



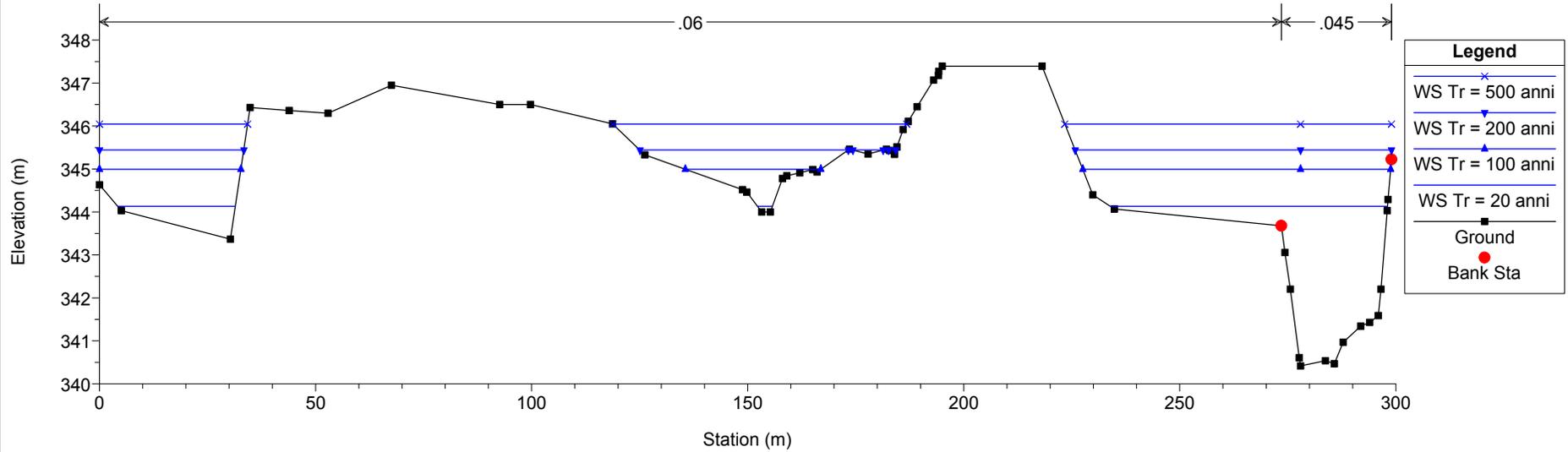
Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013

RS = 1 Sezione 7



Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013

RS = 5 Sezione 3



Dora Avigliana in progetto Plan: Plan 02 09/12/2013

RS = 4 Sezione 4

