La Venaria Reale

RESIDENZE REALI SABAUDE

REGIONE PIEMONTE

TORINO METROPOLI
Città metropolitana di Torino

DIPARTIMENTO TERRITORIO
EDILIZIA E VIABILITÀ
Direzione Coordinamento Viabilità - Viabilità 1

ACCESSIBILITA' DA NORD ALLA REGGIA DI VENARIA REALE
NUOVO PONTE SUL TORRENTE CERONDA

PROGETTO ESECUTIVO

Il Responsabile del Procedimento
arch. Maurizio REGGI

rev.	descrizione	redatto	controllato	approvato	data
0	EMISSIONE	VG	PCM	PCM	30/09/2019

OPERE IDRAULICHE

IDR.1 - RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO

COMMESSA	0	9	M	0	1	1	a	FASE	P	E	FILE: IDR.1_Relazione idraulica

Progettazione:

Ai ENGINEERING

Via Lamarmora 80
10128 Torino
tel: +39 011 58 14 511
e-mail: posta@aigroup.it
website: www.aigroup.it

INDICE

1 PREMESSA 3

2 OGGETTO DELL'INTERVENTO 4

3 COMPETENZE SUL CORSO D'ACQUA 6

4 RIFERIMENTI NORMATIVI 6

4.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) 6

4.2 Criticità identificate 7

4.3 Il Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.) 9

5 CARATTERISTICHE DEL BACINO 9

5.1 Aspetti fisici del bacino del Ceronda 9

5.2 Aree inondabili (piene storiche) 10

5.3 Dissesti e trasporto solido 12

5.4 Andamento temporale delle portate 12

5.5 Tempo di corrivazione 14

6 DESCRIZIONE GEOMETRICA DELL'ALVEO 14

6.1 Morfologia dell'alveo e granulometria 14

6.2 Documentazione fotografica della zona del Ceronda circostante all'area di progetto 16

6.3 Trasformazioni geomorfologiche del Ceronda 18

6.4 Manufatti esistenti 18

7 PORTATE DI PIENA 19

7.1 Portate di piena 19

7.2 Stima delle portate conseguenti degli eventi impulsivi del Ceronda 20

7.2.1 Curve di possibilità pluviometrica 20

7.2.2 Stima della portata 23

8 INTERVENTI PREVISTI 27

8.1 Opere di difesa idraulica 27

8.1.1 Argine a monte del Ponte Verde 27

8.1.2 Argine parcheggio A 28

8.1.3 Argine parcheggio B 30

8.2 Manufatti interferenti 31

8.2.1 Ponte Castellamonte nuovo 31

9 SIMULAZIONI IDRAULICHE 32

9.1 Modello idraulico 32

9.2 Stato di fatto 34
9.3 Stato di progetto 36
9.3.1 Confronto con lo stato di fatto 38
9.3.2 Argine a monte del ponte Verde 39
9.3.3 Verifica di compatibilità idraulica 40
9.3.4 Fase di costruzione 40
9.3.5 Ponte provvisorio "Bailey" 41
9.3.6 "Pipe rack" per attraversamento provvisorio dei sottoservizi 43
9.4 Stima dell'evoluzione morfologia futura del fondo alveo 43
9.5 Scalzamento alla pile per la portata di riferimento 45
9.5.1 Caratteri generali 45
9.5.2 Metodologia di calcolo 46
9.5.3 Valutazione dello scalzamento intorno alle pile 47
10 CONSIDERAZIONI FINALI 49
11 ALLEGATI 50

1 PREMESSA

La presente relazione è redatta al fine di chiarire, in seguito alle richieste della Conferenza dei Servizi al prot. n° 0226726/2012/LB6-Tit.:10.04.02 del 16/03/2012, quali siano le nuove condizioni di deflusso nel torrente Ceronda a Venaria Reale nel caso di risagomatura di alveo, realizzazione di arginature e nuovo ponte Castellamonte.

Il nuovo ponte avrà due pile in alveo e campate uniformi di circa 27 m. Le pile sono rettangolari, orientate parallelamente alla corrente e con sagomatura arrotondata, di larghezza 1 m. Le spalle del ponte verranno opportunamente protette mediante scogliere che si raccorderanno a quelle già esistenti.

A fine di ottemperare a quanto richiesto da AIPO nel parere del 05 luglio 2011, prot n 24488/2011, ossia di prevedere

"*gli interventi di adeguamento e ripristino della sezione naturale di deflusso in corrispondenza del parcheggio B e fino al nuovo attraversamento vengano adeguati ad un livello di rischio pari a quello del parcheggio A (T= 100 anni).*"

è stata prevista in corrispondenza del parcheggio B

1) la risagomatura della sezione di deflusso, allargandola di circa 15 m a partire dalla porzione di alveo che viene attualmente occupata dal deflusso medio della corrente;
2) la realizzazione di un pre-argine che verrà sormontato per portate con T≥ 5 anni. Tale pre-argine sostituirà di fatto l'argine naturale esistente. Con questa sistemazione si diminuirà rispetto allo stato attuale la frequenza delle esondazioni nell'area golenale rispetto alla condizione attuale.

A fianco della nuova viabilità in progetto che delimita il parcheggio verso il Ceronda, verrà inoltre realizzata una arginatura che proteggerà il parcheggio per piene con tempo di ritorno di circa 100 anni, una volta realizzato il nuovo ponte Castellamonte.

La soluzione proposta avrà un duplice beneficio. Innanzi tutto, le opere in progetto verranno protette per portate prossime a 100 anni di tempo di ritorno e paragonabili a quelle del parcheggio A senza franco. Inoltre, grazie alla realizzazione del nuovo ponte verrà ridotto considerevolmente il rigurgito in caso di piena. Si avrà una riduzione dei livelli per piene due centennali da circa 80 cm in prossimità del ponte Castellamonte a 30 cm al termine del parcheggio B con la portata centennale. Questo si traduce nel beneficio della riduzione dell'esondabilità anche sulla sponda opposta agli interventi di progetto, sponda che a monte del parcheggio B si abbassa e allo stato attuale è critica per l'esondazione del torrente.

I risultati esposti sono stati oggetto anche di uno studio bidimensionale denominato "Studio idraulico bidimensionale del torrente Ceronda tra la confluenza con il Casternone e la confluenza in Stura di Lanzo" commissionato dal Consorzio di Valorizzazione Culturale La Venaria Reale. Gli scenari simulati hanno permesso di mostrare che i parcheggi in progetto di fronte alla reggia di Venaria, in presenza di risagomatura dell'alveo e ponte nuovo saranno in sicurezza con una condizioni in ingresso corrispondente all'idrogramma di piena duecentennale a Druento.

2 OGGETTO DELL'INTERVENTO

Il ponte Castellamonte attuale, ad arco ribassato in muratura, ha lunghezza di circa 40m, ed è composto da 3 campate di 12 m ciascuna, poggianti su pile in alveo, anch'esse in muratura, di spessore di circa 2m.

L'ubicazione del nuovo ponte Castellamonte, con lunghezza 80 m risulta essere in asse con Via Castellamonte, come visibile dalla seguente figura. Le spalle e le pile sono disposte obliquamente all'impalcato e formano un angolo di 75° rispetto all'asse del ponte. Le pile sono rettangolari a setto, orientate parallelamente alla corrente e con sagomatura arrotondata, di larghezza 1 m.

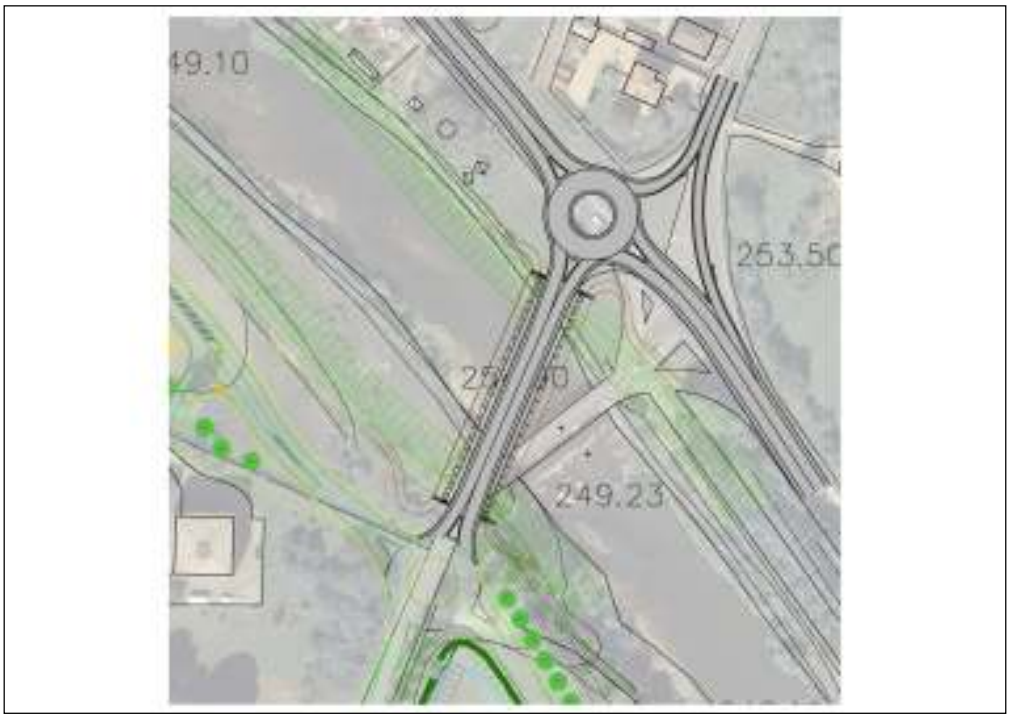


Figura 2-1- Ubicazione del nuovo ponte Castellamonte e nuova viabilità prevista dalla Provincia di Torino.

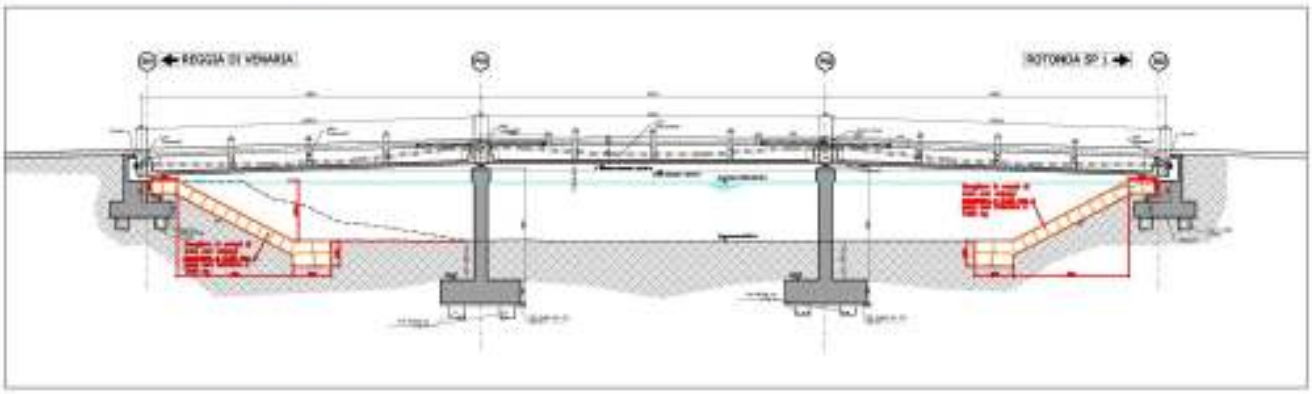


Figura 2-2- Sezione del nuovo ponte Castellamonte

La soluzione adottata è quella di un ponte con travi prefabbricate e campate di uguale luce, tutte pari circa 27 m. Questa soluzione è preferita dai progettisti in quanto più rapida nell'esecuzione e più economica. Inoltre, la realizzazione di tre campate di uguale luce sembra essere meno favorevole all'ostruzione in caso di piena da parte di detriti trasportati dalla corrente. Le spalle del nuovo ponte verranno opportunamente protette mediante scogliere che saranno raccordate con quelle già esistenti.

Nell'area circostante il nuovo ponte, è stato approvato il progetto di realizzazione di due parcheggi denominati A e B in sponda destra del Torrente Ceronda in Comune di Venaria Reale al fine di fornire una maggiore possibilità di parcamento e una migliore viabilità di accesso alla Reggia.

Al fine di poter mettere in adeguato grado di sicurezza i parcheggi, il torrente è stato arginato in prossimità degli interventi previsti.

Si osservi che tutte le nuove arginature che verranno realizzate in sponda destra hanno quote comparabili con quelle della sponda sinistra del torrente Ceronda e non andranno ad aggravare le condizioni di rischio delle zone circostanti.

Al fine di portare in competa sicurezza la zona del parcheggio B, verrà inoltre realizzata una chiusura arginale fino alla fabbrica della Magneti Marelli.

Figura 2-3- Planimetria parcheggio A

Figura 2-4- Planimetria parcheggio B

3 COMPETENZE SUL CORSO D'ACQUA

Per la definizione delle competenze amministrative del Torrente Ceronda si è consultato AIPO Piemonte.

Il Torrente Ceronda risulta essere di competenza dell'Agenzia Interregionale del Fiume Po a partire dal ponte sulla Strada San Gillio - Fiano alla confluenza con lo Stura di Lanzo.

Poiché il ponte ricade in un'area di fascia fluviale A e B, la compatibilità dell'opera deve essere verificata secondo le disposizioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (direttiva di Piano n.4).

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

4.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Tutti gli interventi sui corsi d'acqua dell'intero bacino idrografico del Po chiuso all'incile del Po di Goro, ad esclusione del Delta, sono pianificati dall'Autorità di Bacino tramite il Piano per l'Assetto Idrogeologico.

Studi idraulici e geomorfologici sono stati realizzati in passato (da AI Engineering in collaborazione con Geo Engineering nel 1998 lungo l'asta del torrente Ceronda per conto del Comune di Venaria Reale; e dalla Società Alpina per conto del Consorzio della Venaria Reale nel 2009). Questi studi hanno portato alla definizione delle fasce riportate dal Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino (vedi tavole delimitazioni fasce fluviali del PAI, Foglio 155 n.1 Venaria, deliberazione 9/2007), redatte secondo la legge 18 maggio 1989, n.183, art. 17. Uno stralcio delle fasce è riportato nelle figure precedenti. E' visibile come le aree in progetto ricadano all'interno della fasce A (di deflusso della piena) e B (di esondazione).

Si fa riferimento alle seguenti deliberazioni dell'Autorità di bacino:

1) "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali", adottato dalle Autorità di Bacino del Po, in data 11/12/1997 con deliberazione n.26/97;

2) "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI), Norme di attuazione, Direttive di Piano", adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 in data 26 aprile 2001 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po;

3) "Progetto di integrazione al Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) – Rete idrografica minore naturale di pianura", approvato con deliberazione n.18/2004 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po;

4) Deliberazione n.6/2007 dell'Autorità di Bacino di adozione del "Progetto di integrazione al Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) – Rete idrografica minore naturale di pianura".

L'intervento ricade in un'area di fascia fluviale A e B, pertanto vale quanto prescritto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PAI all'art. 29:

"*Nella fascia A …. Sono consentiti …*

…

c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena

"

L'art. 38 "Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico" delle stesse Norme stabilisce inoltre

"… 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 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….
"

La compatibilità dell'opera deve essere verificata secondo le disposizioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (direttiva di Piano n.4).

4.2 Criticità identificate

Nell'area in progetto, le criticità idrauliche sono generate principalmente dai ponti Verde e Castellamonte che non risultano essere in grado di smaltire la portata di piena con tempo di ritorno duecentennale.

Tali criticità idrauliche sono note e documentate anche dalle recenti alluvioni che si sono verificate nel 1994 e nel 2000 ed sono state identificate dall'Autorità di bacino in fase di variante al PAI.

Queste criticità sono state identificate anche dall'Autorità di Bacino del fiume Po e varie opere di difesa sono state previste in fase di variante al PAI, come descritto dalla

relazione relativa al "Progetto di integrazione al pianto stralcio per l'assetto idrogeologico" sulla rete idrografica minore naturale di pianura:

"…

In particolare, le criticità riscontrate sono determinate dall'inadeguatezza del Ponte Verde e del ponte Ceronda[*].

…

Le criticità riscontrate sono attribuibili alla riduzione della capacità di deflusso in caso di piena dovuta alla presenza dei fabbricati ed infrastrutture in aree golenali. In particolare, i tratti che appaiono più a rischio sono quelli a monte del Ponte Ceronda e quello a valle del Ponte di Via Cavallo. La presenza della traversa di derivazione a valle di Via Cavallo ed il restringimento dovuto al Ponte Ceronda, provocano un effetto di rigurgito verso monte e di rallentamento della corrente favorendo il sovralluvionamento dell'alveo e le esondazioni soprattutto in sinistra, lungo la fascia parallela al torrente tra la Borgata Trucco ed il rilevato della ferrovia Torino-Ceres."

Gli interventi previsti sono:

- adeguamenti dei Ponti Verde e Castellamonte ("*ampliamenti della luce del Ponte Ceronda*");
- ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali tra Ponte Verde e ponte Castellamonte;
- realizzazione di nuovi rilevati arginali a valle della confluenza del torrente Casternone,
- realizzazione nuovo muro arginale in corrispondenza della filatura
- riconfigurazione nodo confluenza con Stura di Lanzo;
- adeguamento muro spondale esistente a valle del Ponte di Via Cavallo

[*] Si intenda per Ponte Castellamonte per Ponte Ceronda.

4.3 Il Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.)

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è lo strumento finalizzato al raggiungimento di ambiziosi obiettivi di qualità dei corpi idrici e più in generale alla protezione dell'intero sistema idrico superficiale e sotterraneo.

Il PTA ha visto la redazione di una relazione generale illustrativa con allegata cartografia.

Vengono quindi di seguito realizzate le monografie dei bacini regionali piemontesi in cui viene riportato l'inquadramento generale territoriale sia delle acque superficiali che sotterranee, le caratteristiche dei bacini morfologiche e idrologiche, lo stato qualitativo delle acque.

5 CARATTERISTICHE DEL BACINO

5.1 Aspetti fisici del bacino del Ceronda

Il bacino idrografico preso in esame è compreso tra la dorsale del Monte Colombano a circa 1651 m di quota e la confluenza nello Stura di Lanzo alla sezione di chiusura a 245 m circa.

Caratteristiche del bacino, fonte PTA.

L (km)	22	Lunghezza asta
H m (m)	577	altezza media
H0 (m)	245	altitudine sezione chiusura
p	4,3%	pendenza media
H max (m)	1651	altezza massima
A (kmq)	142	superficie bacino
v	21,6 %	pendenza versanti

Il Torrente Ceronda trae origine dalla confluenza di alcuni impluvi alimentati da diverse sorgenti e poste lungo le pendici del M. Druina. M. Colombano e M. Lera, le cui linee di cresta delimitano il sottobacino del torrente.

Nella zona di testata, l'andamento del corso d'acqua è orientato all'incirca SW-NE, per poi compiere una brusca deviazione in prossimità di Fiano e disporsi secondo una direttrice Nord Sud. Infine, dopo aver ricevuto le acque del T Casternone, prosegue con direzione all'incirca W-NW – E-SE sino alla confluenza con la Stura immediatamente a valle dell'abitato di Venaria.

I suoi affluenti principali sono:

- il Rio Tronta, in sponda sinistra, che drena le acque delle montagne ad ovest di Vallo Torinese;
- il torrente Casternone, che si getta nel Ceronda poco a nord di Druento.

I settori pianeggianti con vocazione prevalentemente agricola sono solcati da numerosi canali irrigui, sovente mal inquadrabili nell'ambito del bacino idrografico in cui sono fisicamente compresi, sia perché spesso caratterizzati da direzioni di scorrimento incongrue rispetto a quelle dei recapiti naturali sia perché pongono artificialmente in connessione corsi d'acqua pertinenti a bacini differenti.

Il bacino imbrifero del torrente Ceronda, come definito dagli allegati tecnici del Piano di Tutela della acque della Regione Piemonte, ammonta a circa 142.1 km^2.

La fisiografia dei bacini nella parte di testata è quella proprio di un ambiente di media montagna, con versanti ripidi e copertura boscosa intervallata ad aree sterili per colti detritiche e roccia affiorante.

Il drenaggio avviene attraverso solchi di impluvio brevi e rettilinei che alimentano l'asta principale, e per apporti diretti legati allo scorrimento superficiale ed ipodermico.

Muovendo verso valle le incisioni divengono via via meglio definite, con alvei costretti tra versanti ripidi ed a tratti caratterizzati da fondo roccioso.

La lunghezza dell'intera asta rettificata del T. Ceronda risulta pari a 23.36 km, di cui 16.09 km sviluppati a monte della confluenza col T.Casternone, mentre quest'ultimo raggiunge una lunghezza rettificata pari a 16.61 km.

La rete idrografica delle acque meteoriche di scorrimento superficiale può essere distinta sostanzialmente in un'idrografia naturale (rii) ed in parte artificiale (reticolato irriguo) con varie forme intermedie. All'originario e naturale sistema idrografico minore si è quindi sovrapposto nel tempo un reticolato irriguo-smaltitore, la cui gestione è stata assicurata nel corso del tempo dai consorzi irrigui.

5.2 Aree inondabili (piene storiche)

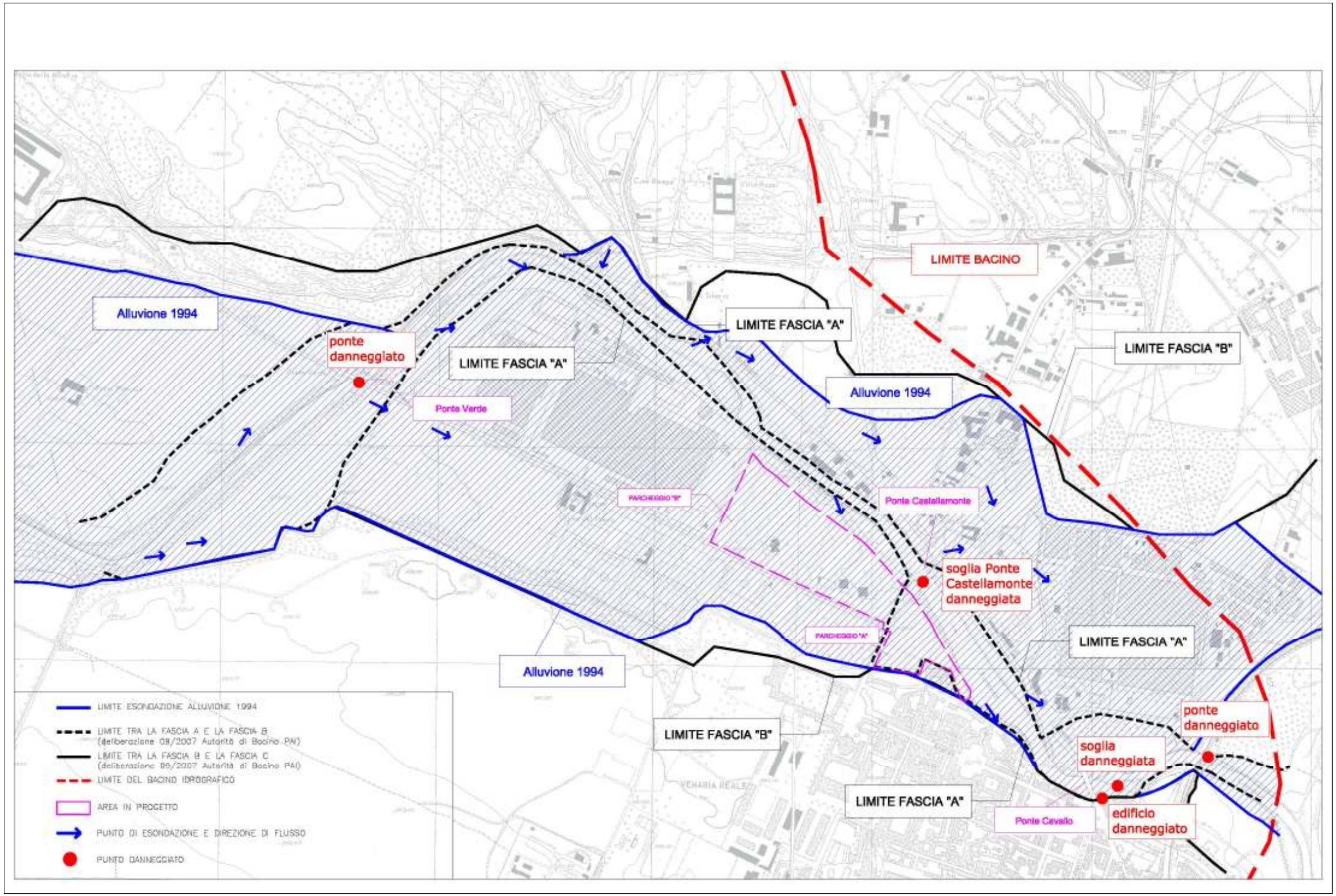
La definizione delle aree inondabili in occasione di eventi di piena non ordinari si può definire dalla ricostruzione del comportamento del corso d'acqua in seguito all'evento alluvionale del novembre 1994. Le aree inondate dall'alluvione del 1994 sono visibile nella figura seguente, in cui vengono anche rappresentate le fasce A e B del P.A.I. (deliberazione 9/2007). Sulla tavola sono state inoltre indicate i manufatti danneggiati, come indicati dallo "Studio geomorfologico ed idrologico dei bacini idrografici e degli alvei dei torrenti Ceronda e Casternone", studio del quale si è avvalsa l'Autorità di Bacino al fine della redazione del "Progetto di integrazione al piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico".

Attenzione particolare va posta ai manufatti in alveo, ossia ai ponti e agli attraversamenti in genere. Un caso particolare è rappresentato dal muro sud-occidentale della Mandria che decorre per alcuni chilometri all'incirca parallelamente al Ceronda ad una distanza dall'alveo variabile tra qualche metro a 200-300 m ma quasi sempre compreso nell'ambito dell'area inondabile. Dalla documentazione relativa agli eventi di piena risulta che il muro ha costituito un ostacolo all'espansione laterale delle acque, subendone localmente danno.

Ne deriva che il manufatto ha svolto localmente il ruolo di argine.

Dal punto di vista idraulico, il territorio appare vulnerabile nei pressi dei centri abitati di Venaria e Druento. Tali criticità si sono mostrate evidenti durante le ultime alluvioni verificatesi durante il 1994 e il 2000. Le esondazioni si sono verificate su aree estese e sono dovute al rigurgito dell'onda di piena del Ceronda in concomitanza con i numerosi tributari minori che provocano inondazioni e fenomeni di dissesto nei punti di immissione.

Durante l'alluvione del 1994, il tratto di alveo compreso tra il Ponte Verde e il Ponte Castellamonte è stato fortemente interessato da esondazioni. In sponda destra sono stati interessati gli insediamenti produttivi e gli edifici residenziali realizzati nelle ree del Ceronda, delimitate dal terrazzo naturale su cui sorge la reggia. In sponda sinistra sono stati coinvolti i fabbricati e l'area industriale in corrispondenza di Via Stefanat e Borgata Tarucco.



Aree inondate durante l'alluvione del 1994, elementi danneggiati e fasce fluviali del PAI (deliberazione 9/2007).

Il ponte Verde e il ponte Castellamonte sono interferenze particolarmente critiche in questo tratto. Questi ponti inducono un forte restringimento della corrente a causa delle spalle del ponte ravvicinate, due pile in alveo e della struttura ad archi ribassati che provoca forti rigurgiti a monte. Il Ponte Verde viene aggirato sia in sinistra che in destra e il deflusso entra significativamente nell'area dei giardini della Reggia. Anche per il ponte Castellamonte si verifica uno scenario simile e le aree allagate interessano estese zone urbane del Comune di Venaria.

5.3 Dissesti e trasporto solido

Le porzioni montane del bacino non presentano particolari situazioni di fragilità diffusa né significativi processi di dissesto gravitativo in atto o latente.

Gli unici dissesti evidenziati evidenziati riguardano fenomeni di scoscendimento superficiale la cui causa di innesco va ricercata negli anomali apporti idrici, in ambiti caratterizzati da pendenza elevata e vegetazione rada, quali quelli caratteristici delle porzioni più elevate dei bacini.

A tal proposito, si sottolinea che il trasporto solido trae origine da sottobacini di ordine gerarchico inferiore.

Una fonte di trasporto solido è inoltre da ricercarsi nei conoidi alluvionali e misti estesi allo sbocco in fondovalle dei rii minori, spesso soggetti ad intensa re incisione con approfondimento dell'alveo e destabilizzazione delle sponde.

Con riferimento a quanto detto, si ritiene che in tale contesto il trasporto solido non costituisca un aspetto determinante per quanto concerne la dinamica dei deflussi. Tale considerazione risulta essere confermata dai dati acquisiti attraverso le osservazioni di campagna e dalla documentazione storica.

5.4 Andamento temporale delle portate

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte ha analizzato il regime pluviometrico e idrometrico dei bacini piemontesi basandosi sulle serie storiche i portate e precipitazioni.

In funzione del massimo principale e secondario quando il massimo primaverile è maggiore di quello autunnale il regime viene definito di tipo prealpino; quando il massimo principale è in autunno e il secondario in primavera si parla di regime sublitoraneo se il minimo principale è in estate, subalpino se il minimo principale è in inverno; se il minimo principale è in inverno, il massimo principale è in autunno e il secondario è in estate si parla di regime sub continentale.

Il regime idrometrico, stimato dai dati misurati nelle stazioni di misura storiche, presenta caratteristiche molto simili al regime pluviometrico sul bacino sotteso, quindi con portate più abbondanti in relazione ai periodi di maggior afflusso.

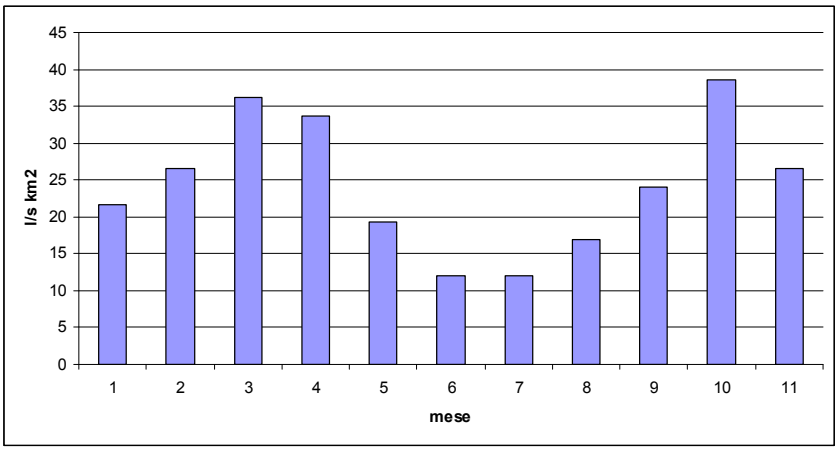
Come classificazione in base al regime idrologico si può fare riferimento a quella adottata nel P.S. 2.5 (DMV) dell'Autorità di Bacino del Po ed applicata negli studi regionali sul sistema di previsione delle portate e sul bilancio idrico della Stura di Lanzo:

−regime naturale N;
−regime alterato per regolazione A1 (es. serbatoi di ritenuta a monte);
−regime alterato per sottensione A2 (es. impianti idroelettrici a monte);
−regime alterato per sottrazione A3 (es. derivazione irrigua).

Il piano direttore del 1991 stabilisce che il regime del torrente Ceronda possa essere definito come naturale (sebbene ci siano degli apporti dalla Dora da monte).

Le portate del regime ordinario (portata media annuale, portate della curva di durata) sono state desunte dal piano di Tutela delle acque della regione Piemonte sia dall'analisi statistica delle serie storiche dei valori misurati nelle stazioni idrometriche storiche, sia dall'applicazione di formule di regionalizzazione sviluppate per l'intero bacino del Po, parzialmente ricalibrate sui bacini di interesse.

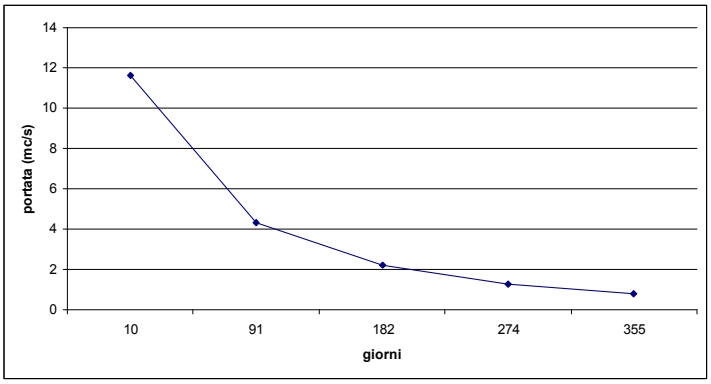
Il torrente ha una portata media di 3,4 m^3/s. Ha un contributo chilometrico medio di 24.09 $l/s\ km^2$ e un andamento mensile delle portate variabile due massimi, uno primaverile e l'altro in autunno. La seguente figura mostra la variazione del contributo chilometrico di portata mensile.



Contributo chilometrico mensile Torrente Ceronda.

Il regime idrometrico del torrente Ceronda può essere visualizzato anche tramite la curva di durata delle portate (vedi la seguente figura). Le curve di durata delle portate rappresentano le funzioni che legano ciascun valore di portata al corrispondente numero di giorni in cui mediamente essa viene superata nell'arco di un anno.

L'analisi dell'andamento delle curve di durata costruite su base giornaliera permette di mettere in evidenza la differenza fra i corsi d'acqua a regime fluviale con brevi periodi di secca, i corsi d'acqua a regime permanente e i corsi d'acqua a regime fortemente torrentizio con lunghi periodi di secca.



Curva di durata delle portate

5.5 Tempo di corrivazione

Per mezzo delle caratteristiche morfologiche indicate precedentemente in aggiunta alla conoscenza della curva ipsografica del torrente è possibile calcolare il tempo caratteristico di risposta del bacino del torrente Ceronda, detto "tempo di corrivazione".
Il calcolo del tempo di corrivazione *Tc* può essere effettuato mediante l'utilizzo della formula dal Giandotti, come indicato dalle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5\mathrm{L}}{0.5\sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:
A è l'area sottesa in kmq,
L è la lunghezza dell'asta principale, espressa in km;
Hm è l'altezza media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, espressa in m s.l.m

Il tempo di corrivazione è stato calcolato anche utilizzando le altre formule previste dalla Direttiva 47 del PAI "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica".
Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti.

	tc (hr)
Giandotti	5.53
Ventura	7.30
Pezzoli	5.84
Puglisi	4.21
media	**5.72**

I valori dei tempi di corrivazione qui presentati mostrano che il bacino ha un tempo di risposta molto breve ed un regime di tipo torrentizio.

6 DESCRIZIONE GEOMETRICA DELL'ALVEO

6.1 Morfologia dell'alveo e granulometria

Il Torrente Ceronda è caratterizzato da un alveo con morfologia unicursale, in cui tratti sub rettilinei si alternano ad alti sinuoso-irregolari.

In alcuni tratti, ad esempio a valle di Fiano per il T. Ceronda, la notevole quantità di deposito alluvionale in alveo determina la locale formazione di barre, con creazione di rami multipli effimeri la cui attivazione è unicamente legata ad occasionali aumenti di portata.

Ordinariamente il deflusso è concentrato in un unico canale che a luoghi tende ad approfondirsi per fenomeni di erosione. In ambito del comune di Venaria il Ceronda presenta un alveo poco inciso, con possibilità di allagamenti poco estesi e deposito di materiali fini.

Durante le piene più significative si verifica con facilità l'asportazione delle barre preesistenti, con formazione di nuove strutture di deposito che modificano il locale aspetto dell'alveo ma non ne cambiano le caratteristiche complessive.

Nella sua parte medio terminale i torrenti incidono costantemente i propri depositi alluvionali; l'alveo è compreso tra le sponde ovunque ben definite, la cui altezza non è mediamente superiore ai 2 m quando inciso nei propri depositi alluvionali medio-recenti.

I materiali alluvionali in alveo mostrano, come ovvio, una granulometria progressivamente decrescente da monte verso valle, pur restando costantemente nell'ambito dei depositi ghiaiosi-ciottolosi.

In particolare, nei settori prossimali prevalgono le facies maggiormente grossolane prive di cassazione, con locale presenza di blocchi pluridecimetrici, testimonianti un'energia di trasporto relativamente elevata in un ambito di deflussi a carattere torrentizio.

Ci si riferisce, in particolare, al tratto del torrente Ceronda a monte del gomito di Fiano.

Più a valle, con il diminuire della pendenza di fondo, si rileva un fuso granulometrico progressivamente più ristretto, con diametri medi dell'ordine di qualche centimetro, in presenza di una frazione di ghiaia minuta e sabbia via via più significativa.

La natura dei clasti riflette strettamente la litologia predominante nell'ambito del bacino e, quindi, si rileva una grande prevalenza di termini serpentinitico peridotitico. Per altro, litologie del tutto estranee a quelle in cui è inciso il bacino testimoniano del rimaneggiamento dei depositi alluvionali antichi e fluivo glaciali, geneticamente connessi ad areali di alimentazione estesi mitologicamente molto eterogenei.

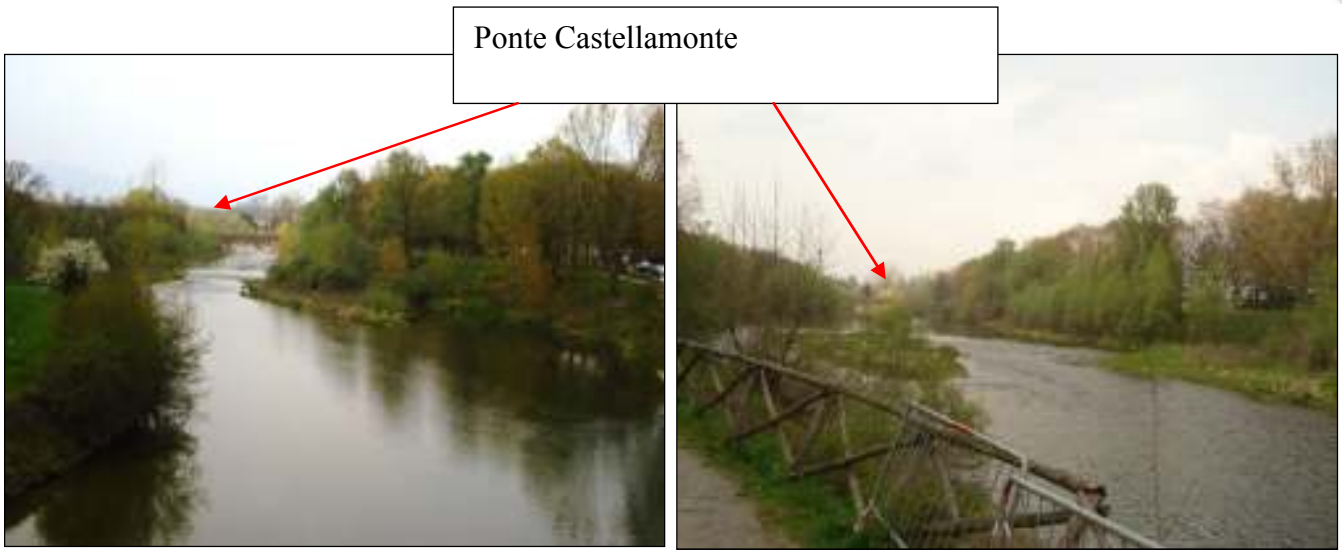
6.2 Documentazione fotografica della zona del Ceronda circostante all'area di progetto

Si riportano qui di seguito alcune fotografie del torrente Ceronda nell'area dei parcheggi. Le fotografie permettono di osservare come la vegetazione sia folta lungo le sponde del fiume. Inoltre si nota il sovralluvionamento di alcune zone del torrente in prossimità del ponte Castellamonte. Ad esempio, si osservi la barra in sponda destra a monte del ponte e la zona di sedimentazione a centro alveo a monte del Castellamonte con vegetazione. Il sovralluvionamento è evidente soprattutto nella zona a valle del Castellamonte con la presenza di ampie zone vegetate che restringono l'alveo appena a valle del parcheggio A.

Sponda destra del Ceronda in prossimità del parcheggio A

- <u>Ponte Castellamonte</u> visto rispettivamente dalla sponda destra e dalla sponda sinistra.

Vista del Torrente Ceronda <u>verso monte dal ponte</u> Castellemonte. Le fotografie superiori mostrano la zona verso monte dal Castellamonte e la barra vegetata in sponda destra e centrale. Le fotografie inferiori visualizzano, rispettivamente da destra a sinistra, la sponda destra e sinistra del torrente in prossimità del ponte Castellamonte.



Vista dell'alveo da valle (dalla passerella pedonale) verso il ponte Castellamonte.

6.3 Trasformazioni geomorfologiche del Ceronda

La cartografia antica reperita all'interno del PRG comunale ha permesso di visualizzare le modifiche subite nel corso degli ultimi secoli dal Torrente Stura e Ceronda.

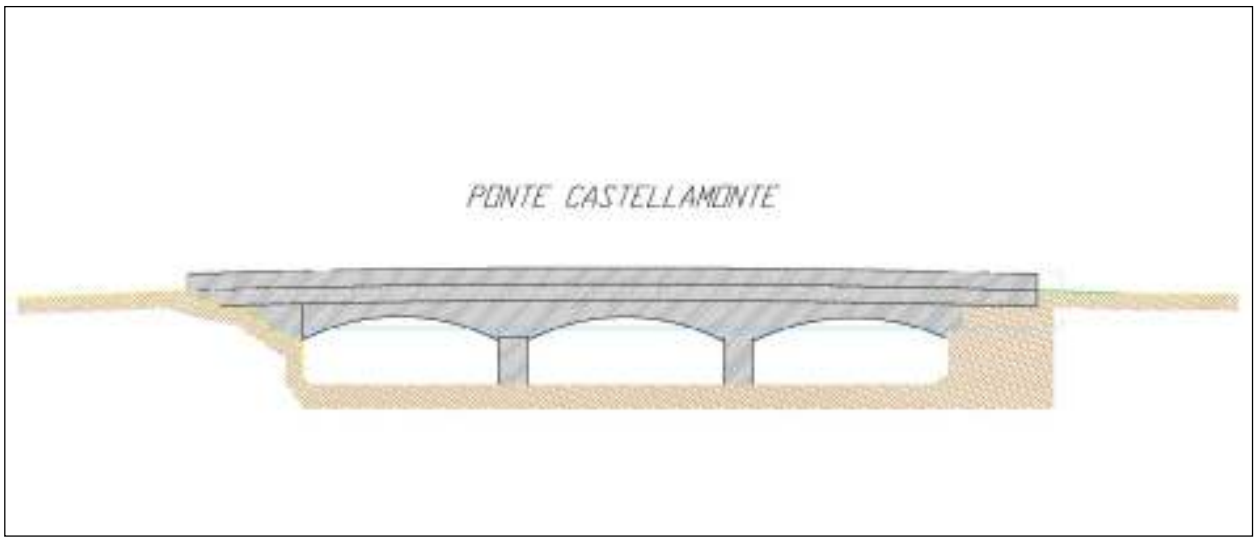
Questi due corsi d'acqua hanno visto una diversa evoluzione morfologica.

Il Torrente Stura è stato in passato fortemente influenzato dalle grandi escavazioni in alveo che hanno portato il passaggio dell'alveo da pluricursule a unicursuale, con la riattivazione di processi erosivi laterali e di fondo. E' inoltre stata evidenziata una migrazione del canale attivo del corso d'acqua in destra orografica con arretramento della confluenza Ceronda-Stura verso l'abitato di Venaria di un chilometro in circa due secoli.

Il corso del Ceronda mostra invece nel territorio comunale di Venaria una quasi perfetta sovrapposizione dei tracciati planimetrici. Questa situazione è legata all'andamento dell'alveo che forma un doppio gomito con angolo quasi retto. A questo effetto si sommano le operazioni di regimazione idraulica messe in atto contestualmente alla realizzazione delle pertinenze della Reggia di Venaria, a partire dalla seconda metà del XVII secolo. L'alveo fluviale è decisamente modificato rispetto al suo originario andamento naturale, del quale non esisterebbe che qualche vaga traccia cartografica. Recentemente, nel corso dei lavori di realizzazione della Peschiera nel Parco Basso della Reggia sono stati osservati depositi fluviali riconducibili ad un alveo recente del Ceronda.

6.4 Manufatti esistenti

Nell'area in progetto l'unico manufatto interferente è il Ponte Castellamonte.
Il ponte attuale, ad arco ribassato in muratura, ha lunghezza di circa 40m, ed è composto da 3 campate di 12 m ciascuna, poggianti su pile in alveo, anch'esse in muratura, di spessore di circa 2m.
L'attuale carreggiata ha una larghezza interno muretti di circa 6 m



7 PORTATE DI PIENA

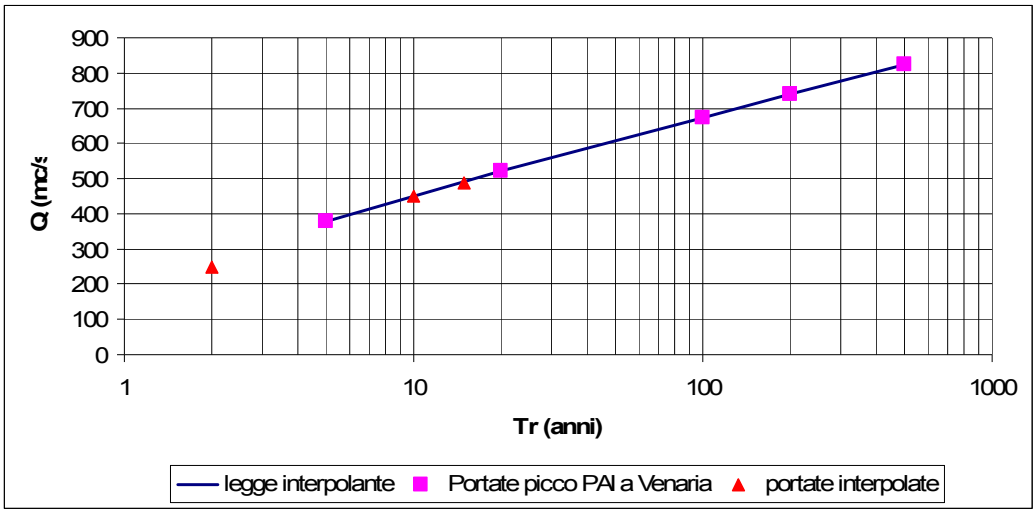
7.1 Portate di piena

Il Piano per l'Assetto idrogeologico indica le portate indicate nella tabella seguente in grassetto alla sezione di chiusura di Venaria.

Portate di picco alla sezione di Venaria come stabilito dal PAI in grassetto e portate interpolate.

Tr (anni)	*Q (mc/s)*
2	250
5	380
10	450
15	489
20	**520**
30	559
100	**675**
200	**740**
500	**825**

Eseguendo una interpolazione dei picchi su scala semi-logaritimca si possono ricavare anche le portate corrispondenti agli altri tempi di ritorno. La seguente misura mostra l'interpolazione effettuata.



. Legge interpolante le portate di picco del PAI.

Si osservi inoltre, come fatto notare da "Centofiori – Associazione per la promozione della partecipazione sociale" che la stima delle portate di piena del Ceronda non è di facile esecuzione e si hanno discordanze tra quanto calcolato da AIPO (PAI) e le stime della Provincia di Torino e Ajassa et al. (2000). In quest'analisi si è ritenuto di mantenere le portate di calcolo pari a quelle del PAI in quanto più cautelative.

7.2 Stima delle portate conseguenti degli eventi impulsivi del Ceronda

La stima degli eventi impulsivi è stata effettuata utilizzando il metodo razionale.
Quest'ultimo è un metodo di trasformazione afflussi- deflussi di semplice applicazione che può essere utilizzato per avere una indicazione di massima delle portate. La direttiva del PAI "sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" descrive il metodo.

Al fine di poter applicare il metodo suddetto è necessario avere la distribuzione delle piogge intense, oltre che le caratteristiche di uso del suolo.
Si osservi inoltre che un evento intenso di tipo temporalesco è generalmente localizzato e non avviene su tutta l'area del bacino con l'intensità massima di calcolo. Pertanto è stato necessario stimare l'ampiezza del bacino interessato dalla precipitazione e la sua durata che, dato il tipo di evento, è inferiore all'ora.

7.2.1 Curve di possibilità pluviometrica

I dati idrologici necessari per la stima delle curve di possibilità pluviometrica inferiore l'ora sono le altezze di pioggia relative degli eventi di breve durata e forte intensità.
Le curve di possibilità pluviometrica per l'area della città di Torino sono state ricavate sulla base dei dati pluviometrici raccolti dalle stazioni di misura di: Torino Ufficio Idrografico; Torino Millefonti; Collegno; Venaria Reale. I pluviometri scelti sono situati in una zona omogenea per altimetria e collocazione geografica.
Il campione dei dati misurati riguarda gli scrosci di pioggia di durata pari a 10min, 15 min, 20 min, 30 min, 40min, 45min raccolti nel periodo 1928-1986.

In base alle osservazioni pluviometriche raccolte sono state eseguite le elaborazioni statistiche necessarie a fornire l'adeguata legge di distribuzione delle probabilità che meglio rappresenta il fenomeno idrologico. La legge utilizzata è la distribuzione asintotica del massimo valore di Gumbel, la cui adattabilità al campione dei dati è stata verificata attraverso i test statistici del segno, di Pearson e di Kolmogrov-Smirnov.
Nel presente studio, ai fini delle valutazioni degli eventi estremi, interessano essenzialmente le precipitazioni relativamente brevi ed intense; tali eventi hanno come elementi caratteristici il tempo di pioggia t_p, definito "durata" della precipitazione, e l'altezza di pioggia h.
Qualora in una stazione pluviometrica si siano misurate le precipitazioni per un sufficiente numero di anni risulterà possibile classificare le massime annue aventi un' assegnata durata t_p in base ai tempi di ritorno T_r. Ripetendo la classificazione per i vari t_p, si possono tracciare nel piano h-t_p le curve aventi parametro T_r, che si definiscono linee segnalatrici di possibilità pluviometrica. Tali curve, dette anche "curve di possibilità climatica" si lasciano rappresentare con buona approssimazione da equazioni del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

ove a ed n dipendono dalla stazione considerata e dal tempo di ritorno T_r .
Le elaborazioni necessarie alla valutazione delle precipitazioni di assegnata probabilità sono state sviluppate sulla base delle serie storiche disponibili. I dati sono stati regolarizzati secondo la legge di Gumbel la cui espressine è qui seguito riportata:
- *distribuzione asintotica del massimo valore (Gumbel):*

$$P(x) = Q(y) = e^{-e^{-y}}$$

con $y = x - u$ $\qquad \alpha = \dfrac{\sigma(y_s)}{\sigma(x)} \qquad u = \mu(x) - \dfrac{\mu(y_s)}{\alpha} \qquad y_s = -\ln[-\ln(F)]$

Alla legge di distribuzione, determinate per ogni campione, sono stati applicati i test del segno e di Kolmogorov-Smirnov. Tali test hanno evidenziato, praticamente in tutti i casi, un buon accordo tra probabilità teorica e frequenza sperimentale.
Il test del segno ha fornito il minimo numero di segni positivi o negativi della popolazione della variabile casuale *F(x)-P(x)* per un prescelto livello di significatività ed in base al numero di elementi componenti il campione. Il comportamento dei campioni analizzati in base al suddetto test ha indicato per tutte le tre distribuzioni un buon adattamento senza mostrare scarti significativi tra le distribuzioni.
Il test di Kolgomorov-Smirnov ha fornito l'intervallo di confidenza della stessa variabile casuale *F(x)-P(x)* in valore assoluto, anch'esso per un prescelto livello di significatività ed in base al numero di elementi componenti il campione; per il livello di significatività di 0,05 prescelto il test assume la forma

$$\max|F(x) - P(x)| \le \frac{1,3581}{\sqrt{N}}$$

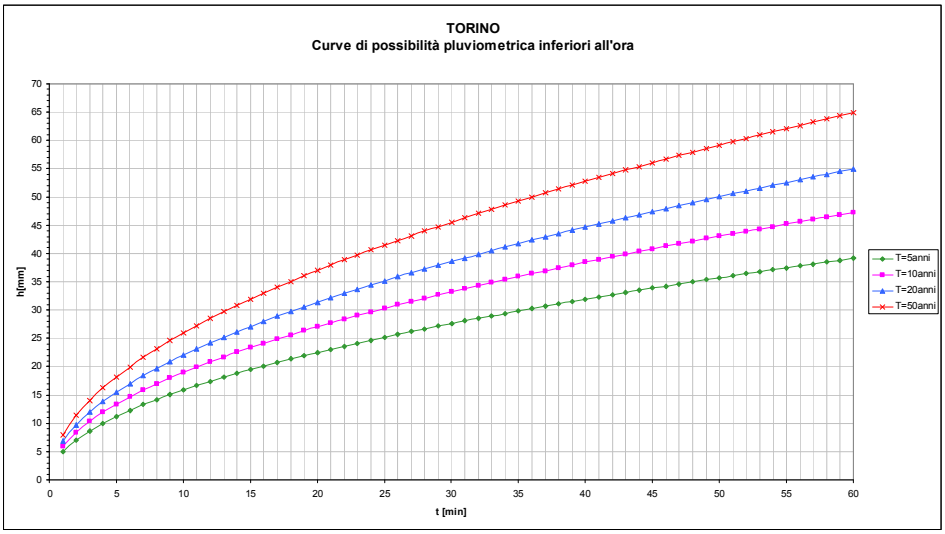
dove N esprime la numerosità del campione.

Qui di seguito sono riportati i risultati delle elaborazioni statistiche per tempi di ritorno di 5, 10, 20 e 50 anni.

Tabella parametri delle curve di possibilità climatica

T [anni]	a	n
5	39.1	0.503
10	47.2	0.507
20	54.9	0.510
50	64.9	0.512

Figura delle curve di possibilità climatica



7.2.2 Stima della portata

La formula del metodo razionale è:

$$Q_c = 0.28 \cdot c \cdot i \cdot A$$

ove.
Qc= portata al colmo (mc/s), *c*= coefficiente di deflusso, *i*= intensità di pioggia (m/hr), *A* = superficie del bacino (km^2).
Il metodo si basa sulle seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione.

Il coefficiente di deflusso tiene conto di tre fattori:

- fattore di ragguaglio della precipitazione alla superficie del bacino considerato;
- fattore di trattenuta del terreno, funzione della capacità di assorbimento del terreno
- fattore di laminazione che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico stesso.

La stima di questo coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce l'elemento di maggiore incertezza nella valutazione della portata.
Nella pratica si adottano normalmente valori di riferimento tratti dalla letteratura scientifica.

Coefficienti di deflusso raccomandati da *American Society of Civil Engineers* e da *Pollution Control Federation*

Caratteristiche del bacino	C
Superfici pavimentate o impermeabili	0,7 - 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 – 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2-7%)	0,10 – 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 – 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 – 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2-7%)	0,18 – 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 – 0,35

Coefficienti di deflusso raccomandati da *Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow,* 1964

Tipo di suolo	C	
	coltivato	bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Oltre al coefficiente di deflusso, al fine di stimare la portata è necessario ipotizzare l'estensione del bacino coinvolta dall'evento temporalesco e la sua durata.
Non essendo a disposizione studi idrologici sugli eventi di breve durata sul bacino del torrente Ceronda, sono state effettuate alcune ipotesi plausibili.
In particolare sono stati considerati tempi di pioggia di 15 minuti e 20 minuti e estensioni areali di 28 kmq (0.2 volte l'area del bacino) e 14 kmq (0.1 volte l'area totale del bacino).
I calcoli sono stati effettuati per tempi di ritorno di 5, 20 e 50 anni.

Valori dei coefficienti a e n per i diversi tempi di ritorno e le conseguenti altezze e intensità di pioggia per tempi dell'evento di 15 e 20 minuti.

Tr		5 anni
a	n	
39.10	0.503	
t (min)	h (mm)	i (mm/h)
15	19.5	77.88
20	22.5	67.50

Tr		20 anni
a	n	
54.90	0.51	
t (min)	h (mm)	i (mm/h)
15	27.1	108.29
20	31.4	94.05

Tr		50 anni
a	n	
64.90	0.512	
t (min)	h (mm)	i (mm/h)
15	31.9	127.66
20	37.0	110.94

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo. Sono state evidenziate in grigio le righe che si riferiscono a coefficienti di deflusso appropriati alla tipologia di bacino esaminato.
Si osservi che le portate ottenute dalla stima sono sempre inferiori a quelle definite dal Piano per l'Assetto Idrogeologico per analoghi tempi di ritorno e conseguenti a precipitazioni di tipo frontale e non convettivo.

T 5 anni

T	5 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	77.88	28.40	123.85
0.3	77.88	28.40	185.78
0.4	77.88	28.40	247.71
0.5	77.88	28.40	309.63
0.6	77.88	28.40	371.56
0.7	77.88	28.40	433.49
0.8	77.88	28.40	495.41
0.9	77.88	28.40	557.34

T	5 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	77.88	14.20	61.93
0.3	77.88	14.20	92.89
0.4	77.88	14.20	123.85
0.5	77.88	14.20	154.82
0.6	77.88	14.20	185.78
0.7	77.88	14.20	216.74
0.8	77.88	14.20	247.71
0.9	77.88	14.20	278.67

T	5 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	67.50	28.40	107.35
0.3	67.50	28.40	161.03
0.4	67.50	28.40	214.71
0.5	67.50	28.40	268.38
0.6	67.50	28.40	322.06
0.7	67.50	28.40	375.73
0.8	67.50	28.40	429.41
0.9	67.50	28.40	483.09

T	5 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	67.50	14.20	53.68
0.3	67.50	14.20	80.51
0.4	67.50	14.20	107.35
0.5	67.50	14.20	134.19
0.6	67.50	14.20	161.03
0.7	67.50	14.20	187.87
0.8	67.50	14.20	214.71
0.9	67.50	14.20	241.54

T 20 anni

T	20 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	108.29	28.40	172.22
0.3	108.29	28.40	258.33
0.4	108.29	28.40	344.44
0.5	108.29	28.40	430.55
0.6	108.29	28.40	516.67
0.7	108.29	28.40	602.78
0.8	108.29	28.40	688.89
0.9	108.29	28.40	775.00

T	20 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	108.29	14.20	86.11
0.3	108.29	14.20	129.17
0.4	108.29	14.20	172.22
0.5	108.29	14.20	215.28
0.6	108.29	14.20	258.33
0.7	108.29	14.20	301.39
0.8	108.29	14.20	344.44
0.9	108.29	14.20	387.50

T	20 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	94.05	28.40	149.58
0.3	94.05	28.40	224.37
0.4	94.05	28.40	299.16
0.5	94.05	28.40	373.95
0.6	94.05	28.40	448.73
0.7	94.05	28.40	523.52
0.8	94.05	28.40	598.31
0.9	94.05	28.40	673.10

T	20 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	94.05	14.20	74.79
0.3	94.05	14.20	112.18
0.4	94.05	14.20	149.58
0.5	94.05	14.20	186.97
0.6	94.05	14.20	224.37
0.7	94.05	14.20	261.76
0.8	94.05	14.20	299.16
0.9	94.05	14.20	336.55

T	50 anni

T	50 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	127.66	28.40	203.03
0.3	127.66	28.40	304.54
0.4	127.66	28.40	406.06
0.5	127.66	28.40	507.57
0.6	127.66	28.40	609.08
0.7	127.66	28.40	710.60
0.8	127.66	28.40	812.11
0.9	127.66	28.40	913.63

T	50 anni		
tempo	15 min		
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	127.66	14.20	101.51
0.3	127.66	14.20	152.27
0.4	127.66	14.20	203.03
0.5	127.66	14.20	253.79
0.6	127.66	14.20	304.54
0.7	127.66	14.20	355.30
0.8	127.66	14.20	406.06
0.9	127.66	14.20	456.81

T	50 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.2		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	110.94	28.40	176.44
0.3	110.94	28.40	264.65
0.4	110.94	28.40	352.87
0.5	110.94	28.40	441.09
0.6	110.94	28.40	529.31
0.7	110.94	28.40	617.52
0.8	110.94	28.40	705.74
0.9	110.94	28.40	793.96

T	50 anni		
tempo	20	min	
frazione area bacino	0.1		
c	**i**	**A (kmq)**	**Q (mc/s)**
0.20	110.94	14.20	88.22
0.3	110.94	14.20	132.33
0.4	110.94	14.20	176.44
0.5	110.94	14.20	220.54
0.6	110.94	14.20	264.65
0.7	110.94	14.20	308.76
0.8	110.94	14.20	352.87
0.9	110.94	14.20	396.98

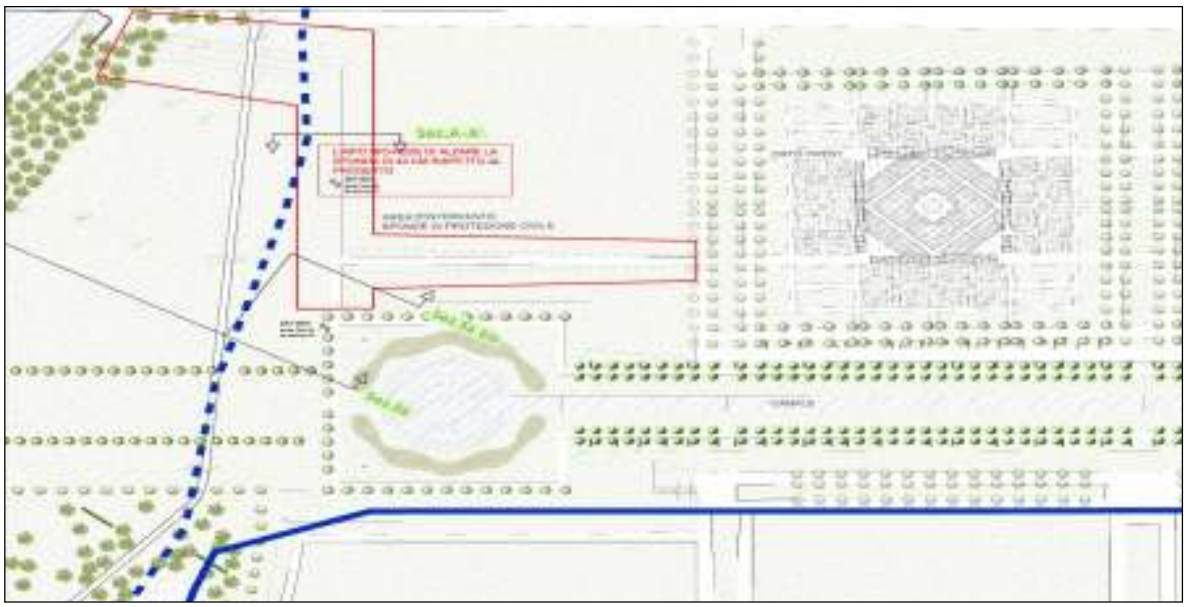
La protezione arginale sarà inoltre sufficiente a garantire la protezione dei parcheggi per eventi impulsivi del torrente Ceronda per tempi di ritorno superiori a quelli delle onde di piena (tempi di ritorno di circa 50 anni).

8 INTERVENTI PREVISTI

8.1 Opere di difesa idraulica

8.1.1 Argine a monte del Ponte Verde

A monte del Ponte Verde, a protezione della zona dei giardini della Reggia è stata prevista una arginatura denominata "sponde di protezione civile" all'interno del progetto "Intervento di completamento del parco basso e opere accessorie".
Tale intervento prevede la realizzazione di un argine alla quota del tempio di Diana esistente ossia alla quota 257.60 m. L'ubicazione planimetrica viene indicata nella seguente figura.



Planimetria relativa alle "sponde di protezione civile" relative al progetto "Intervento di completamento del parco basso e opere accessorie".

8.1.2 Argine parcheggio A

Il parcheggio A risulta essere collocato, allo stato attuale, all'interno della fascia A del torrente Ceronda. Al fine di proteggere in modo adeguato la nuova area in progetto, verrà realizzata una arginatura.

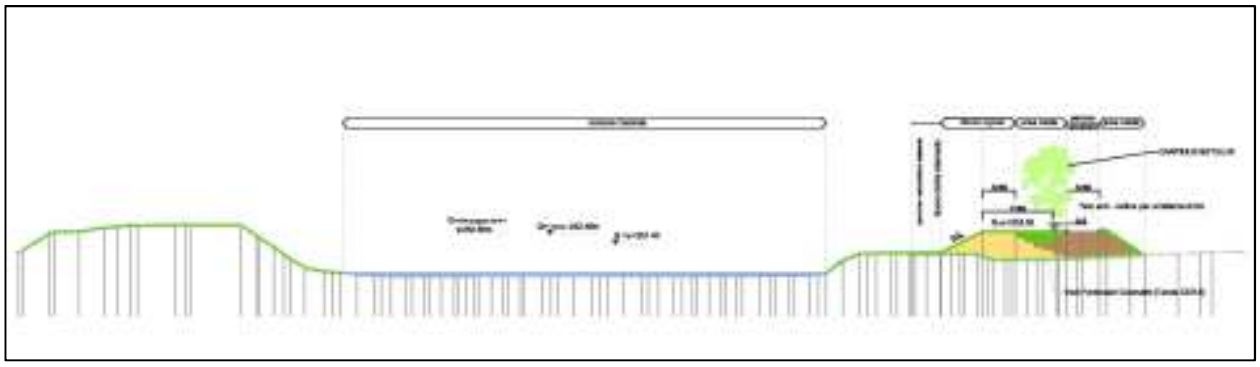
In particolare, lo stato di progetto prevede:

1) la realizzazione dell'argine a protezione della zona di parcheggio A, che, come concordato con gli Enti autorizzatori, sarà pari ai livelli idrici raggiunti per tempi di ritorno di 100 anni senza franco e comunque sarà sempre inferiore alla quota dell'argine esistente in sponda sinistra al fine di agevolare comunque l'esondazione in destra, mantenendo quindi le condizioni attuali di rischio;

2) il mantenimento dell'attuale viale ciclo pedonale con alberature nella zona di alveo golenale antistante il parcheggio A.

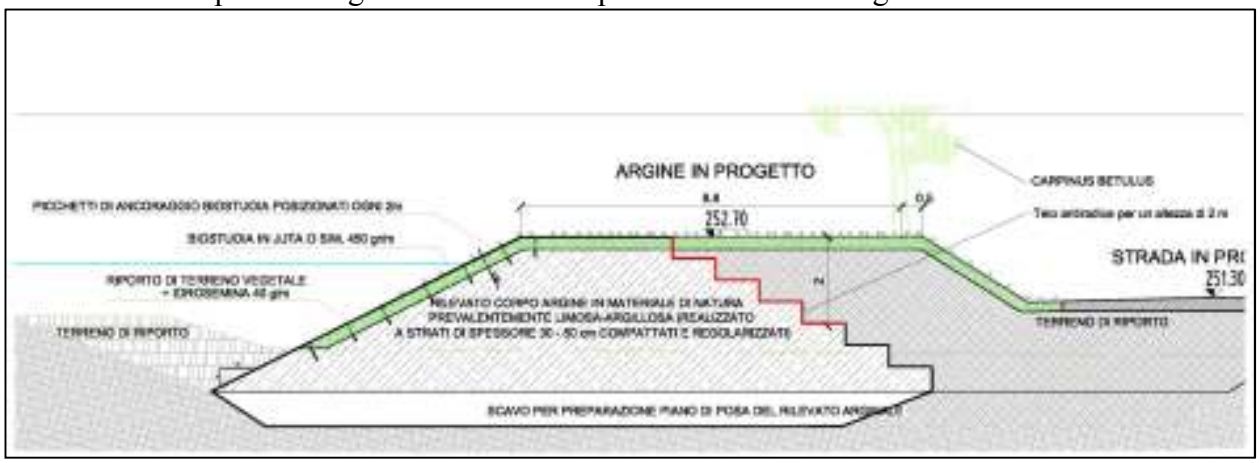
Poiché la sistemazione futura del tratto di Ceronda prevederà la ricalibratura dell'alveo nell'area prospiciente ai parcheggi, questi ultimi sono stati collocati ad una distanza tale da poter consentire la costruzione dell'arginature definitive di protezione dalla piena duecentennale ai sensi del RD 1904 n. 523.

Si riporta di seguito a titolo di esempio una sezione tipo da realizzarsi per il parcheggio A .



Sezione tipo per il parcheggio A nella configurazione di progetto.

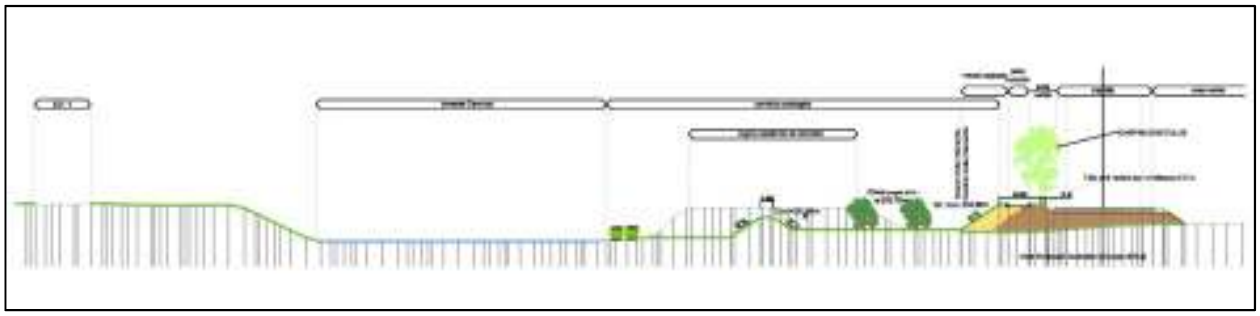
L'argine in progetto verrà realizzato a partire dal Ponte Castellamonte fino al termine della zona di intervento del parcheggio raccordandosi infine con l'argine attuale. Verrà costruito secondo quando previsto dai Quaderni delle opere tipo PAI con scarpa 2:1, altezza media di 3,5- 4 metri. L'arginatura verrà realizzata scavando sul terreno esistente per almeno 1 m. Il cuore arginale sarà realizzato in materiale limoso argilloso e copertura con biostuoia in Juta e sovrastante idrosemina. Si riporta di seguito una sezione tipo di realizzazione arginale.



Sezione tipo rilevato arginale parcheggio A

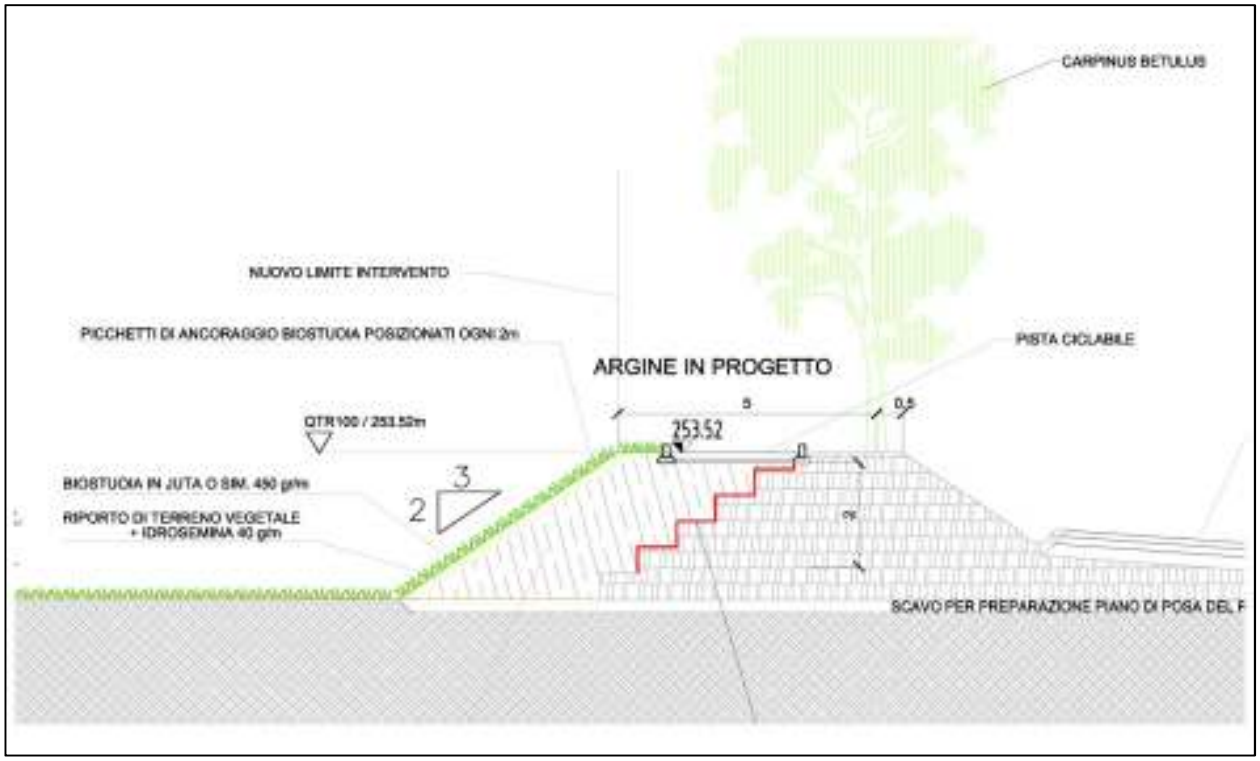
8.1.3 Argine parcheggio B

A livello del parcheggio B le sezioni sono state risagomate eliminando l'argine esistente e realizzando un arginello che verrà sormontato con T $\geq$5 anni collocato a circa 15 m dal livello medio di deflusso del Ceronda.



Sezione tipo a livello del parcheggio B

L'argine di protezione del parcheggio fiancheggerà la nuova viabilità in progetto.
Il deflusso delle acque nella golenale verso l'alveo attivo verrà agevolato da una interruzione dell'arginello di circa 30 m nella zona prossima al ponte. Tale abbassamento verrà protetto adeguatamente con una scogliera di massi e piantumazione. Verrà inoltre realizzato un tratto di lunghezza 30 metri a monte del parcheggio in materiale sciolto sabbioso del tipo "a collasso pilotato".

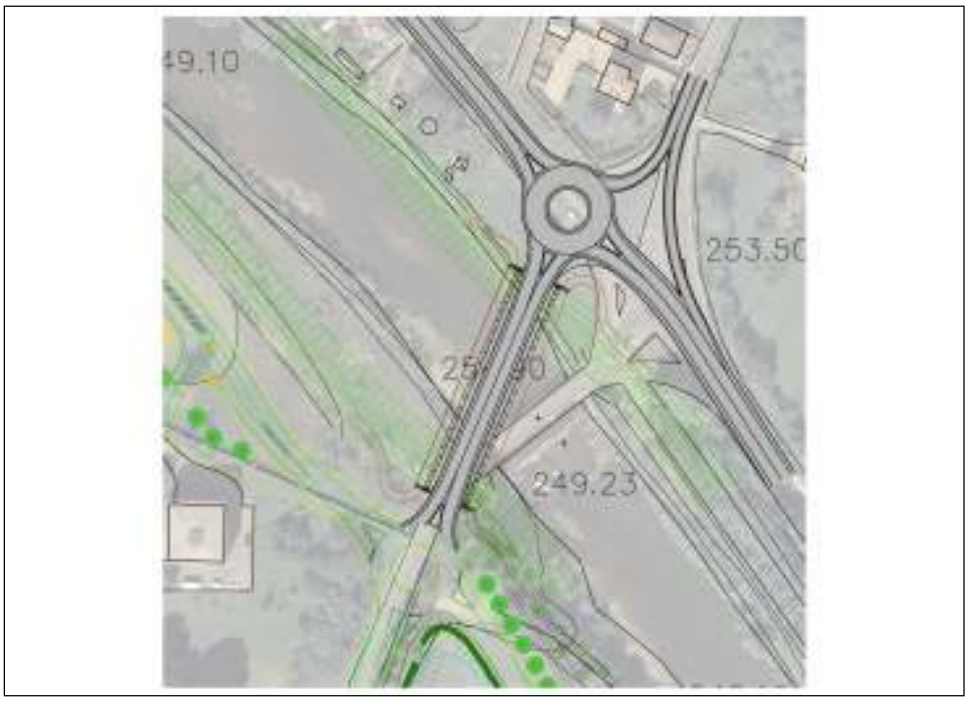


Sezione tipo rilevato arginale parcheggio B

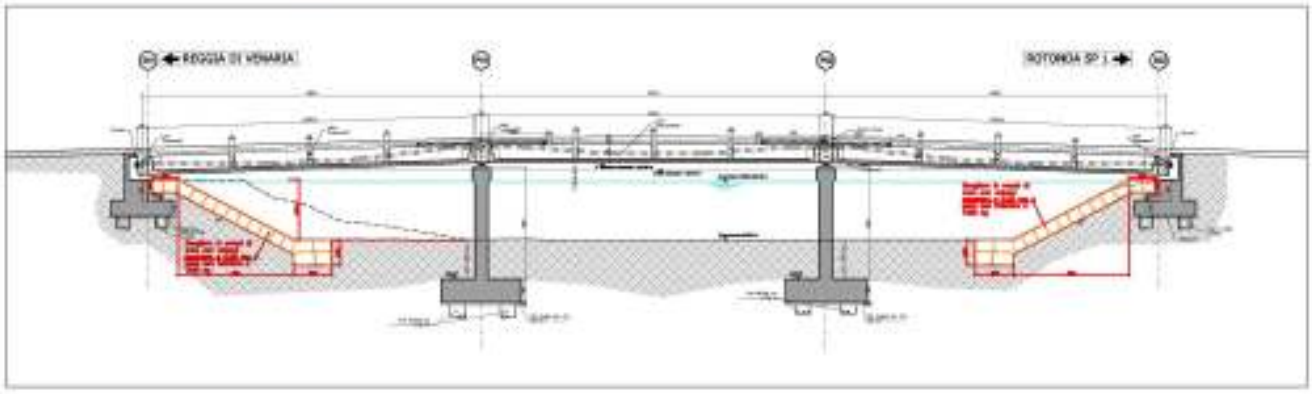
8.2 Manufatti interferenti

8.2.1 Ponte Castellamonte nuovo

La soluzione adottata per il nuovo ponte Castellamonte è un ponte di lunghezza 80 m con travi prefabbricate e campate di uguale luce, tutte pari circa 27 m.
Le pile sono di spessore 1 m del tipo a setto rettangolare con sagomatura arrotondata. Le spalle verranno protette con una scogliera che si raccorderà con quella già esistente lungo le sponde del torrente.



Ubicazione del nuovo ponte Castellamonte e nuova viabilità prevista dalla Provincia di Torino.



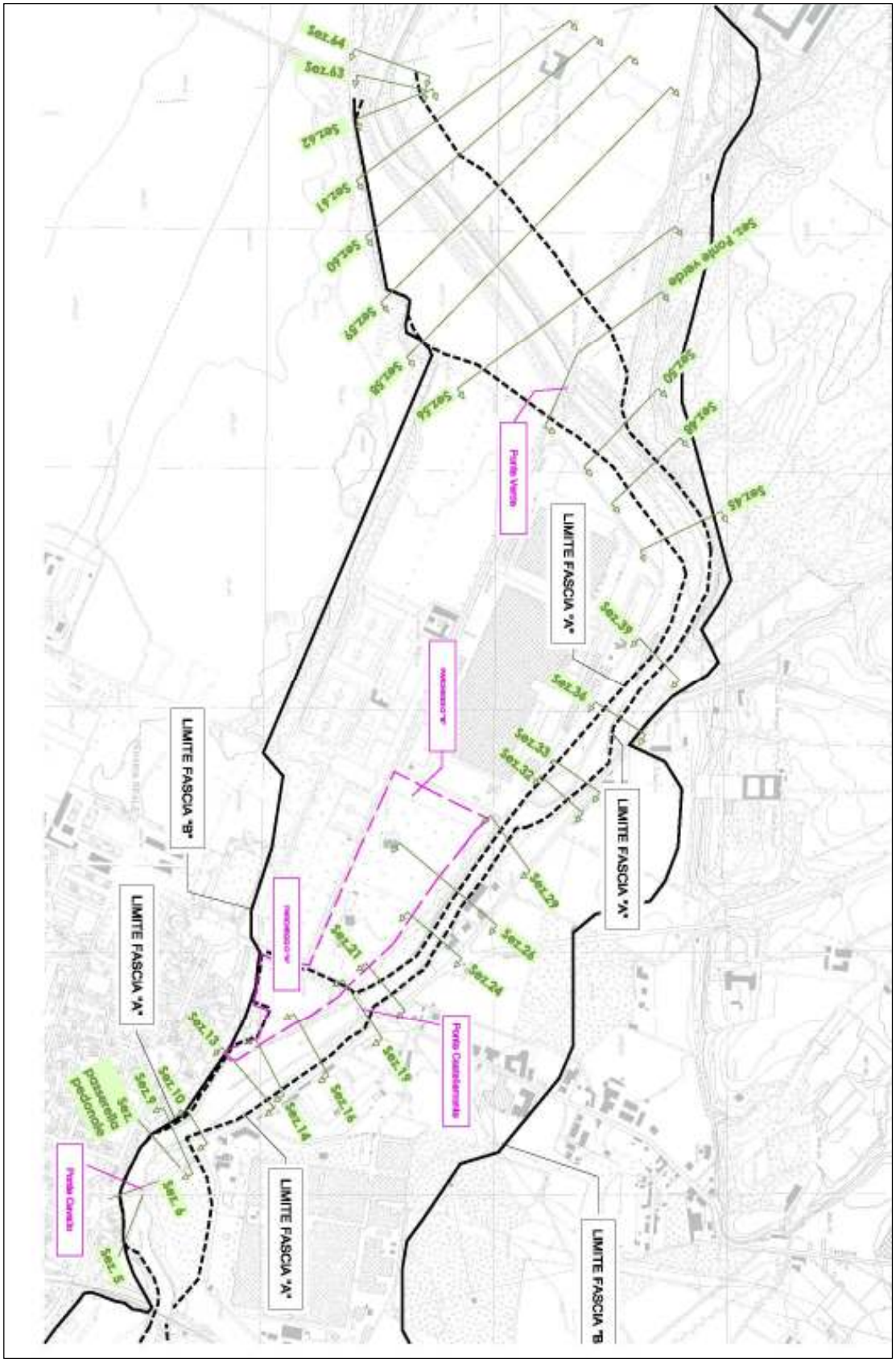
Sezione del nuovo ponte Castellamonte.

Le spalle del nuovo ponte verranno opportunamente potette da scogliere che andranno ad attestarsi su quelle già esistenti.

9 SIMULAZIONI IDRAULICHE

9.1 Modello idraulico

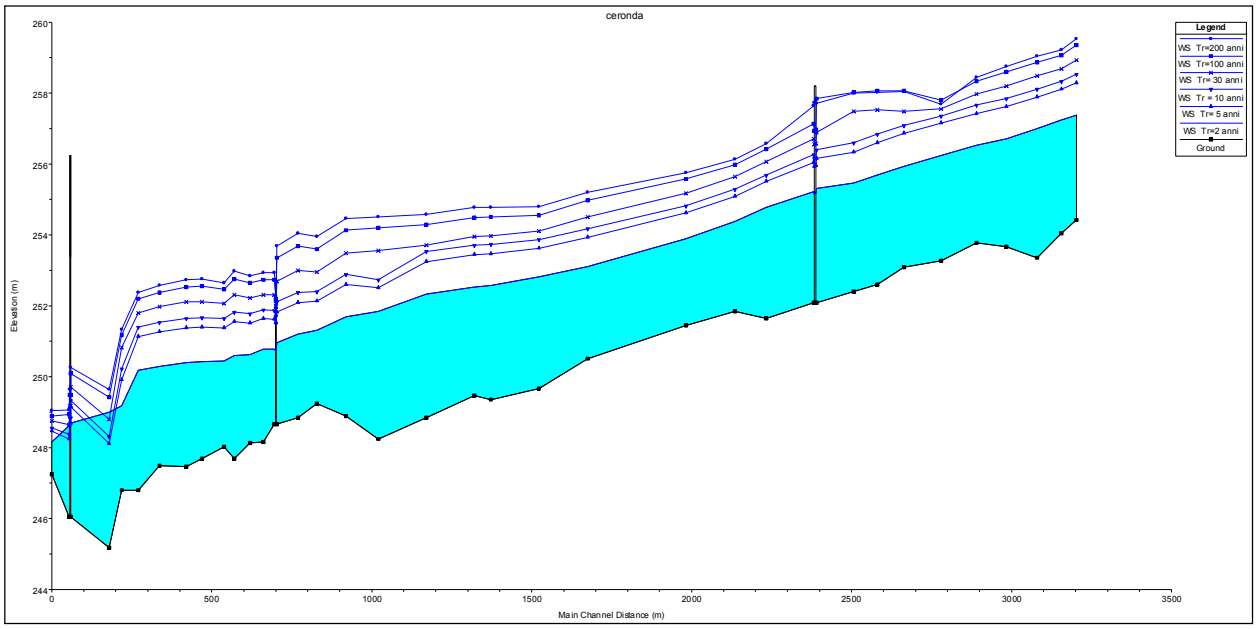
Il modello idraulico dell'asta fluviale è stato effettuato mediante il software monodimensionale Hec-Ras, strumento di corrente utilizzo nell'ambito del tracciamento delle fasce fluviali.
In questa prima fase di progettazione, si è considerato il tratto di Ceronda che si estende dalla soglia a valle del ponte Cavallo fino curva a monte del Ponte Verde B per un lunghezza complessiva dell'asta di circa 3,5 km. La seguente figura mostra l'area in esame e la disposizione delle sezioni fluviali.
La modellazione è stata condotta soltanto in moto stazionario, analizzando i picchi di piena forniti dal PAI. Questa analisi potrebbe essere affinata eseguendo simulazioni in modo vario bidimensionale, considerano l' idrogrammi di piena previsto dall'Autorità di Bacino.
Le sezioni utilizzate nel modello sono complessivamente una trentina ad una distanza media di circa 100 m. Queste sono state reperite da rilievi di dettaglio eseguiti sull'asta del Ceronda nel 2005.


Sez.64
Sez.63
Sez.62
Sez.61
Sez.60
Sez.59
Sez.58
Sez.56
Sez. Ponte verde
Sez.50
Sez.48
Sez.45
Ponte Verde
LIMITE FASCIA "A"
Sez.39
Sez.36
Sez.33
Sez.32
LIMITE FASCIA "A"
LIMITE FASCIA "B"
Sez.29
Sez.26
Sez.24
Sez.21
LIMITE FASCIA "A"
Sez.13
Sez.19
Ponte Castellamonte
Sez.10
Sez.9
Sez. passerella pedonale
Sez.16
Sez.14
Ponte Cuneo
Sez.6
Sez.5
LIMITE FASCIA "A"
LIMITE FASCIA "B"

9.2 Stato di fatto

Sono state eseguite alcune simulazioni al fine di valutare quale fosse il grado di rischio idraulico delle aree oggetto del presente progetto. Queste simulazioni sono state inoltre utili ai fini della verifica e la taratura del modello confortando i risultati con osservazioni e modellazioni pre-esistenti.

Si riporta di seguito il profilo idrico della corrente con una portata in alveo da 250 mc/s, a 740 mc/s, ossia portate che corrispondono rispettivamente a tempi di ritorno da 2 a 200 anni.



Profilo idrico per le portate con tempi di ritorno T da 2 a 200 anni.

Il ponte attuale è ad arco ribassato in muratura, ha una lunghezza di circa 40 m e la quota superiore dell'impalcato è 254.40 m (quota intradosso: l'arco delle campate va da 251.36 m a 252.76 m). E' composto da 3 campate di 12 m ciascuna, poggianti su pile in alveo, anche'esse in muratura di spessore di 2 m circa.

Si riscontra come il funzionamento del ponte Castellamonte risulta essere in pressione per portate superiori a 380 mc/s circa. Situazione che crea rigurgiti a monte tali da inondare le zone circostanti sia in destra che in sinistra idraulica. Queste esondazioni creano degli immagazzinamenti nelle aree a prato prospicienti che le simulazioni attuali in moto stazionario a portata costante non considerano.

Le simulazioni effettuate mostrano come per tempi di ritorno pari a 2 anni, che corrispondono ad una portata di circa 250 mc/s si abbiano esondazioni nell'area in progetto del parcheggio A. La zona del parcheggio B invece risulta essere inondata per portate di circa 350 mc/s cioè per tempi di ritorno di 5 anni. Risulta pertanto fondamentale effettuare delle opere per assicurare una adeguata protezione.

Si osservi che sezioni critiche sono quelle che si trovano in prossimità della fabbrica Magneti Marelli, dove si verifica esondazione già a partire da portate pari a 250 mc/s (T=2 anni).

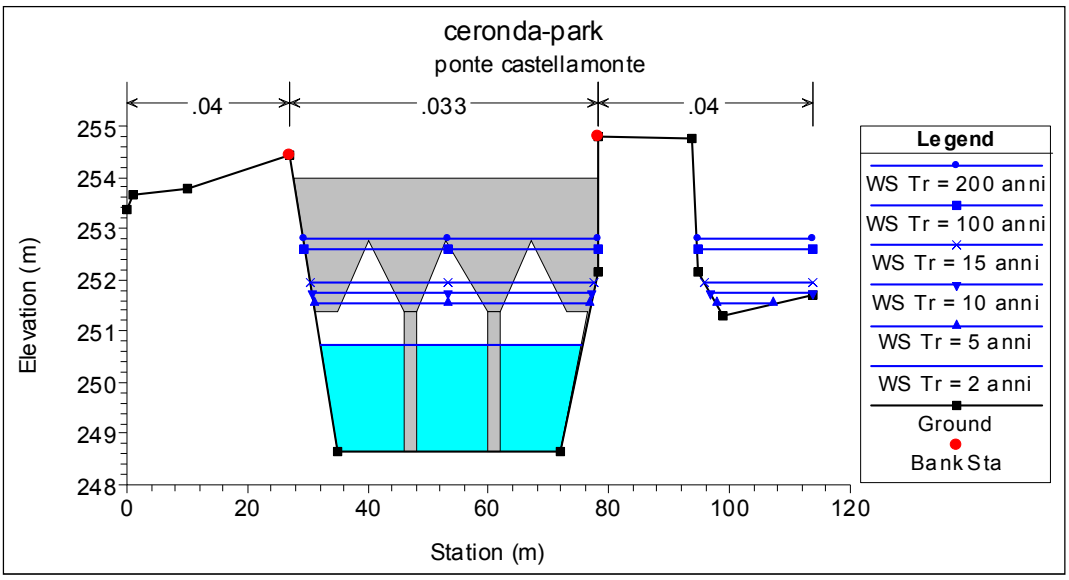
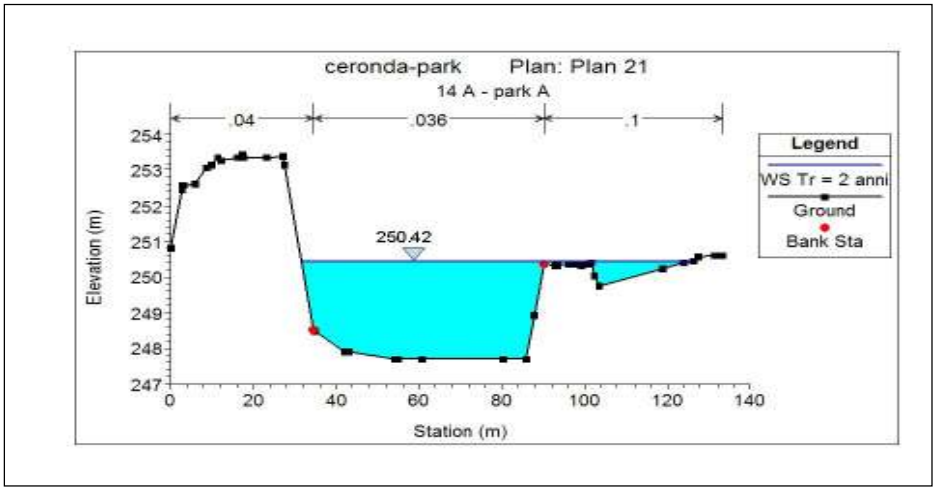
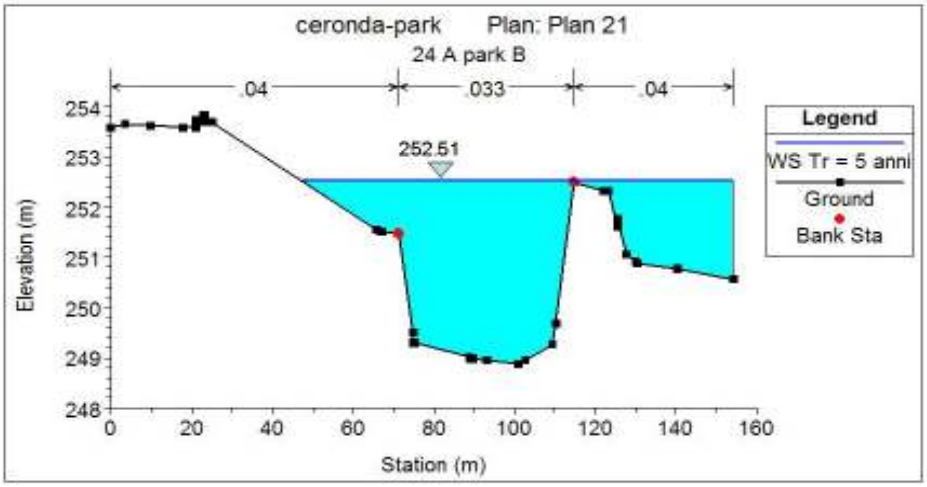


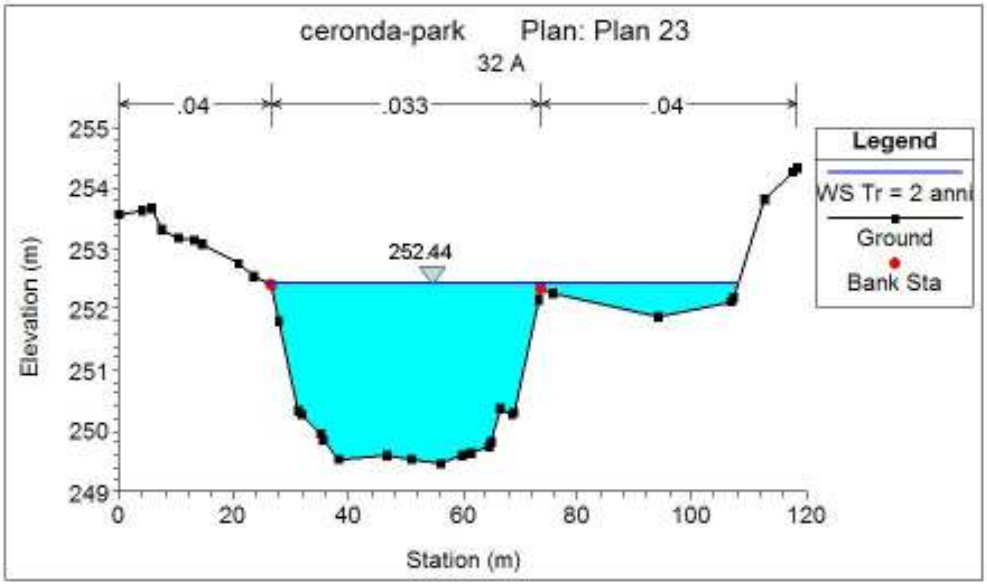
Figura 9-1- Sezione del ponte Castellamonte attuale con indicati i livelli idrici corrispondenti ai tempi di ritorno da 2 a 200 anni. Si osservi che già alla portata di 380 mc/s (T=5 anni) iniziano a verificarsi esondazioni a monte del ponte.



Sezione tipo nel parcheggio A con livello di esondazione corrispondente alla portata di 250 mc/s (T=2 anni).



Sezione tipo nel parcheggio B con livello di esondazione corrispondente alla portata di 380 mc/s (T=5 anni).



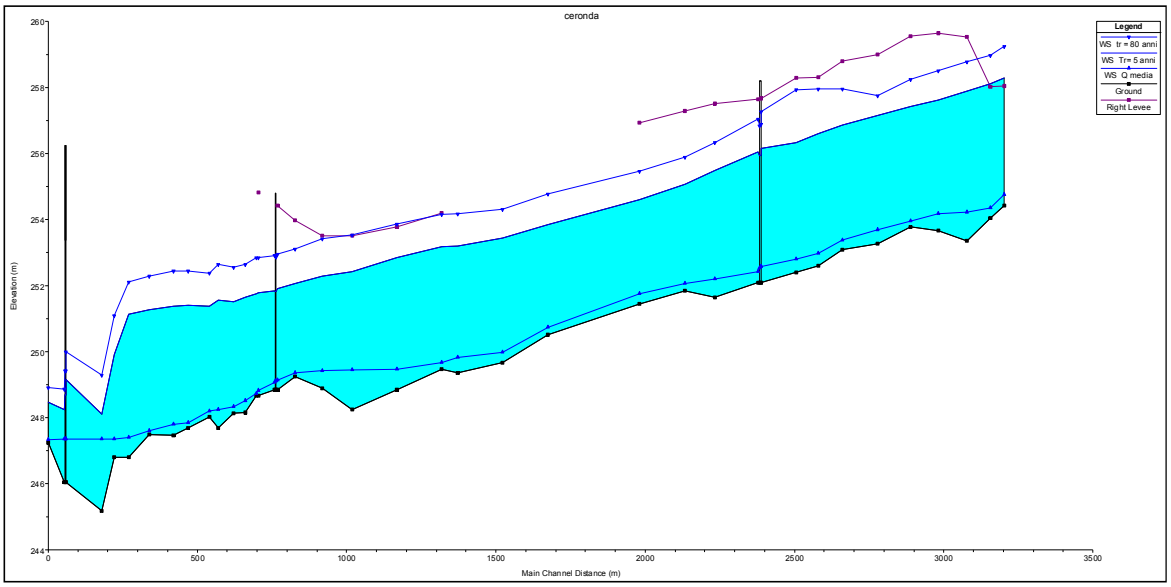
Sezione tipo nel parcheggio B, zona Magneti Marelli con livello di esondazione corrispondente alla portata di 250 mc/s (T=2 anni).

9.3 Stato di progetto

I risultati relativi allo stato di progetto si riferiscono alla realizzazione del nuovo ponte Castellamonte, ai rilevati arginali e alla risagomatura dell'alveo in corrispondenza dei nuovi parcheggi.

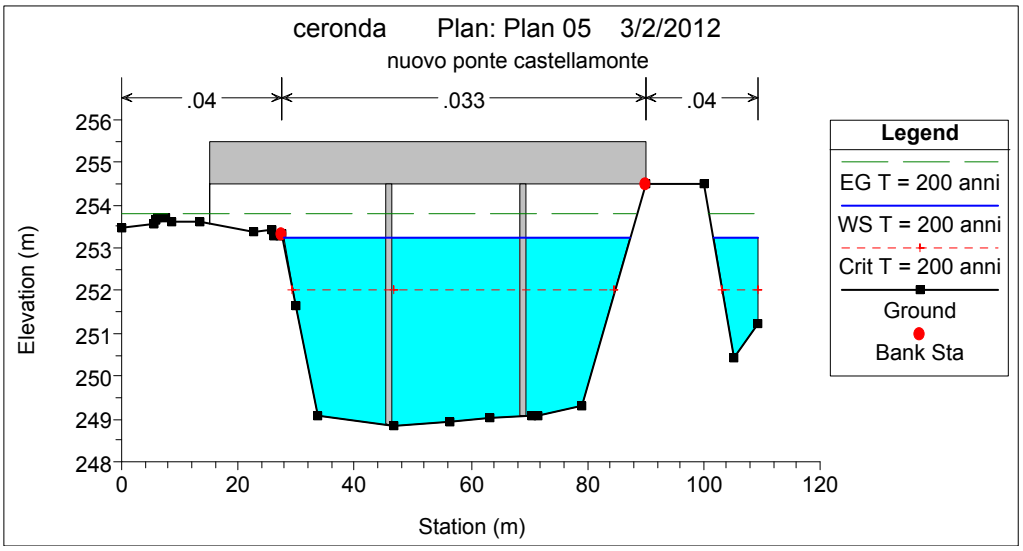
Anche in questo caso, le simulazioni sono state eseguite per diversi valori di portata a partire da 3.4 mc/s (portata media del Ceronda) fino a 740 mc/s, ossia per i tempi di ritorno che vanno da 2 a 200 anni.

La seguente figura mostra i profili di rigurgito che si possono verificare nell'area di progetto per portate di 3.4 mc/s, 380 mc/s e 650 mc/s, ossia portate che corrispondono rispettivamente a portata media, portata con T=5 anni e portata con T di circa 100 anni.



Profili di moto permanente nella configurazione di progetto dalla portata di 3.4 mc/s (portata media del Ceronda), portati di 380 mc/s (T=5 anni) e la portata 650 mc/s (T circa 100 anni).

Come si può vedere dalla figura sopra, la quota arginale del parcheggio lo metterà in sicurezza fino a portata circa centennale e non si avranno aggravi in sponda sinistra le cui quote sono superiori o analoghe a quelle dell'argine in progetto di fronte al parcheggio B.
Si evidenzia come, il nuovo ponte Castellamonte non rappresenta più un restringimento della corrente, che quindi potrà defluire al di sotto dell'impalcato con gli adeguarti franchi previsti dal PAI. La quota del pelo libero per T=200 anni corrisponde a 253,29 m.

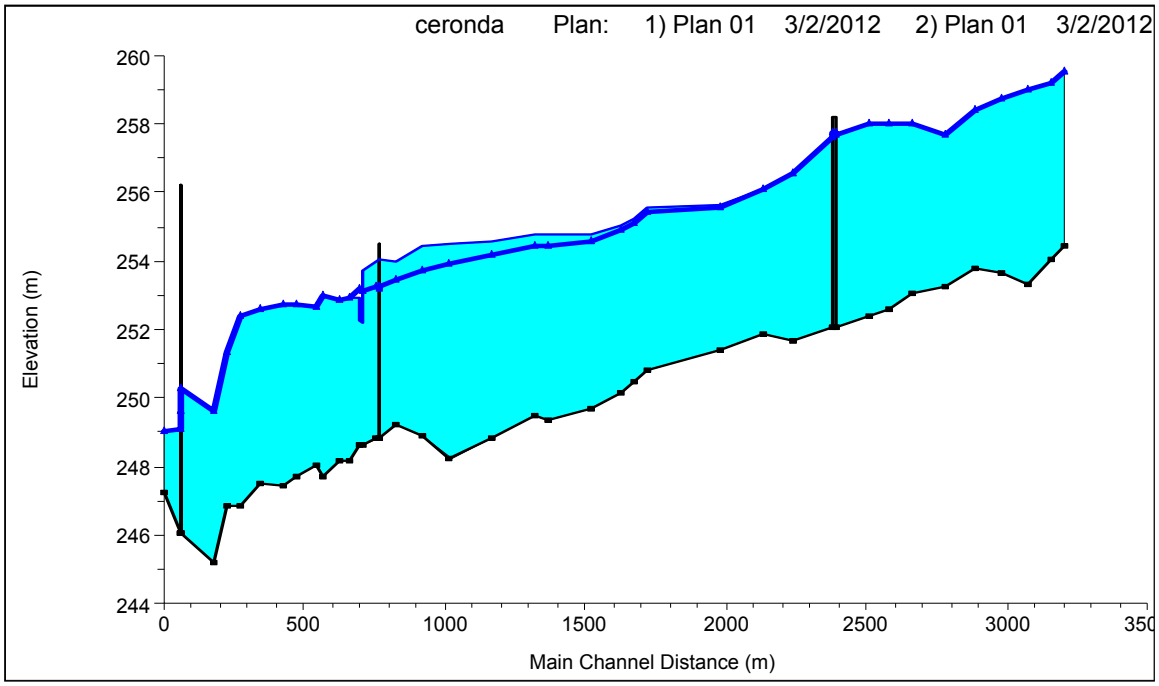


Sezione del nuovo ponte con indicati i livelli idrici corrispondenti al tempo di ritorno di 200 anni nel caso in cui si abbia la ricalibratura dell'alveo e la realizzazione delle nuove arginature in corrispondenza dei parcheggi.

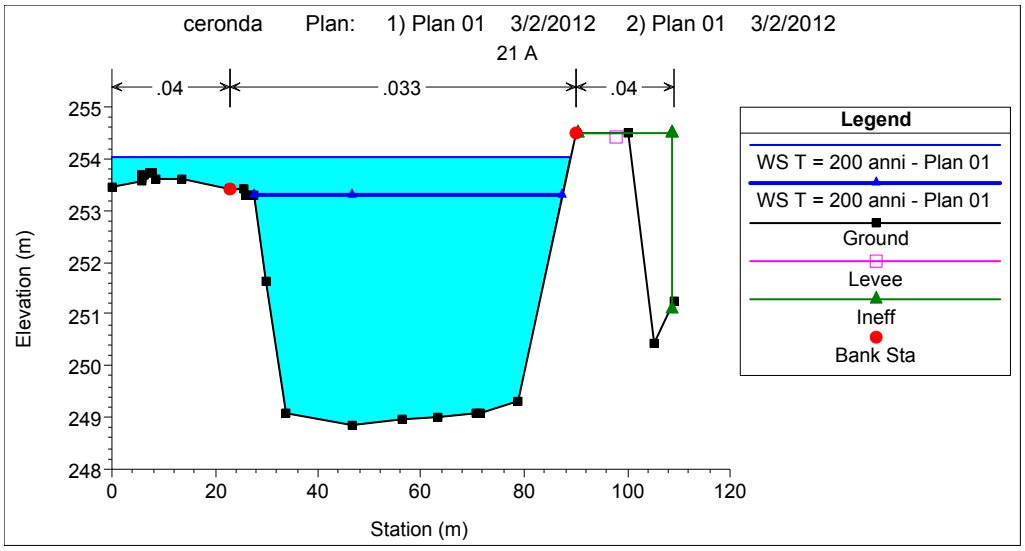
Si riportano in allegato i risultati delle simulazioni effettuate.

9.3.1 Confronto con lo stato di fatto

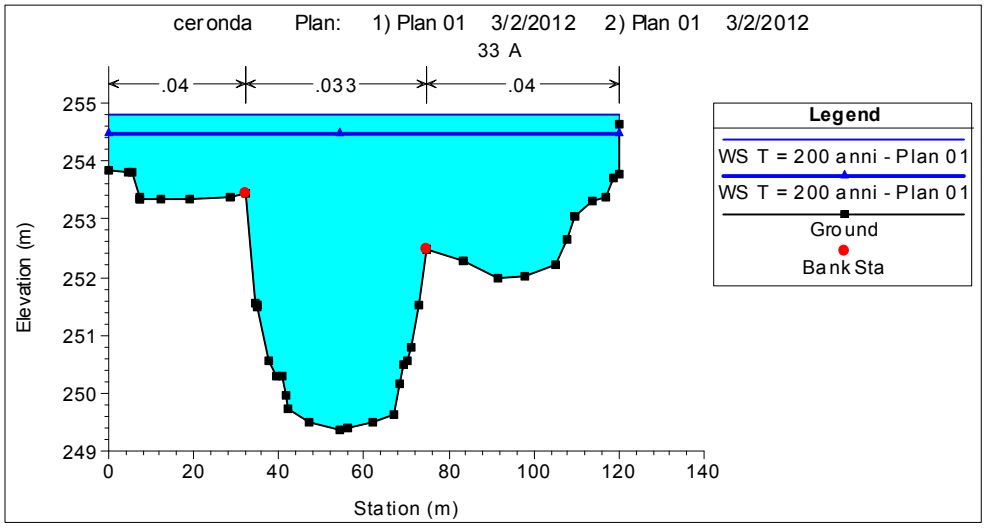
Si osservi che il profilo di piena subisce un sostanziale abbattimento grazie alla realizzazione del nuovo ponte, alla risagomatura in progetto e alla realizzazione di arginature.
Si riporta di seguito il confronto dei profili idrici per una portata di 200 anni di tempo di ritorno. Analizzando i risultati, si può valutare che il rigurgito diminuisce da 75 cm in prossimità del ponte a 30 cm circa 200 m a monte del parcheggio.



Confronto dei profili con portata con T di 200 anni . In grassetto la situazione di progetto.



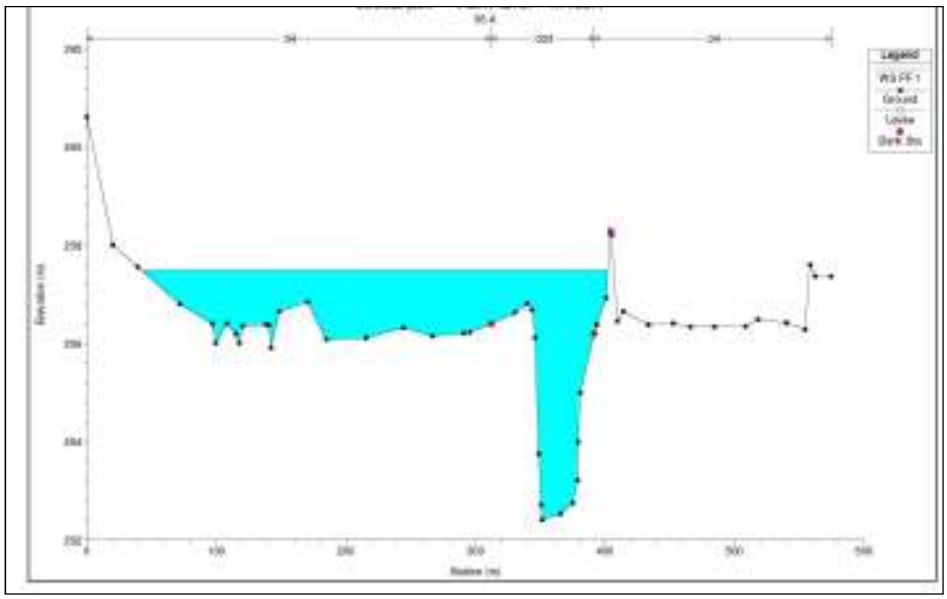
Livello idrico della portata con T di 200 anni per la sezione immediatamente a monte del nuovo ponte Castellamonte. Il livello inferiore si riferisce allo stato di progetto mentre quello superiore allo stato attuale. Si osservi che i due livelli idrici differiscono di circa 75 cm.



Livello idrico della portata con T 200 anni per la sezione 200 m a monte del parcheggio B. Il livello inferiore si riferisce allo stato di progetto mentre quello superiore allo stato attuale. Si osservi che i due livelli idrici differiscono di circa 30 cm.

9.3.2 Argine a monte del ponte Verde

Il Consorzio della Venaria Reale ha ottenuto l'autorizzazione a realizzare una arginatura a monte del Ponte Verde alla quota del tempio di Diana, ossia circa 1,5m sopra il p.c. attuale del campo. Tale quota, in condizioni attuali, protegge i giardini fino ad una portata nel Torrente Ceronda di 560 mc/s, corrispondenti a 30 anni di tempo di ritorno come visibile dalla seguente figura.



Sezione del Ceronda a monte del ponte Verde. La quota del pelo libero si riferisce alla portata con tempo di ritorno 30 anni e risulta essere pari ala quota della arginatura presente in sponda destra.

Si noti che allo stato attuale la sponda nella zona della prima ansa a monte del Ponte Verde presenta un abbassamento considerevole rispetto alle quote di valle. Tale abbassamento fa sì che le portate con T=4 anni (circa 350 mc/s) possano iniziare a esondare e interessare la zona dei giardini.
Una volta realizzata l'arginatura prevista, i giardini saranno protetti fino a tempi di ritorno di 30 anni.
La realizzazione di questo argine non comporta particolari aggravi sui livelli idrici in sponda sinistra dove per altro le condizioni di rischio sono molto basse, essendo area a parco e quindi non abitata stabilmente. Inoltre, come visibile dalla cartografia del PAI, l'area del parco è indicata come facente parte della fascia B del torrente.

9.3.3 Verifica di compatibilità idraulica

Si è verificata la compatibilità dell'opera (franco da rispettare tra il pelo libero e l'impalcato del ponte) con le prescrizioni PAI (Direttiva n.4) nel caso di progetto ossia di realizzazione del nuovo ponte, di ricalibratura dell'alveo e delle nuove arginature.
Secondo questa direttiva si deve garantire un franco minimo tra massima piena di progetto e intradosso del ponte pari a 0,5 volte il termine cinetico della corrente e non inferiore ad 1 m per almeno i 2/3 delle luce del ponte che presenta impalcato arcuato. La corrente presenta velocità massime dell'ordine di 3,3 m/s nelle sezioni del ponte. Il valore di 0.5 volte il termine cinetico è pari a circa 0.3, pertanto il franco da rispettare risulta essere di 1 m.

La quota minima dell'intradosso sarà di 254.50 m sl.m e la quota di piena 253.29 m garantisce un franco superiore ad 1 metro più di 2/3 della luce del ponte, assicurando la compatibilità suddetta.

9.3.4 Fase di costruzione

Il ponte Castellamonte attuale è attraversato da numerosi sottoservizi tra i quali 3 condotte dell'acquedotto. Si prevede che tali condotte, nel momento in cui il ponte nuovo sarà realizzato,

non saranno posate all'interno del nuovo implacato ma in alveo, più a monte dell'attuale attraversamento.
Il varo delle condotte avverrà in due fasi, in cui l'alveo verrà parzializzato come descritto nelle tavole di progetto. Si prevede di realizzare tale restringimento temporaneo nel momento in cui il torrente Ceronda è in magra ossia nei mesi invernali. Una volta posate le condotte verrà ripristinato lo stato attuale dell'alveo.
L'area di cantiere sarà contenuta nei limiti necessari al montaggio dei conci prefabbricati in officina e al successivo varo delle condotte per mezzo di apposita autogru.
L'area di cantiere nella quale verrà effettuato lo scavo per la posa delle condotte verrà protetta con un rilevato in massi ciclopici posti alla quota 250 m s.l.m.
Le simulazioni hanno permesso di stimare che la portata per la quale avviene il sormonto della protezione è pari a circa 20 mc/s. Come si evince dalla circa di durata delle portate riportata nella figura seguente, tale portata viene raggiunta o superata nell'arco dell'anno per un tempo inferiore a 10 giorni.

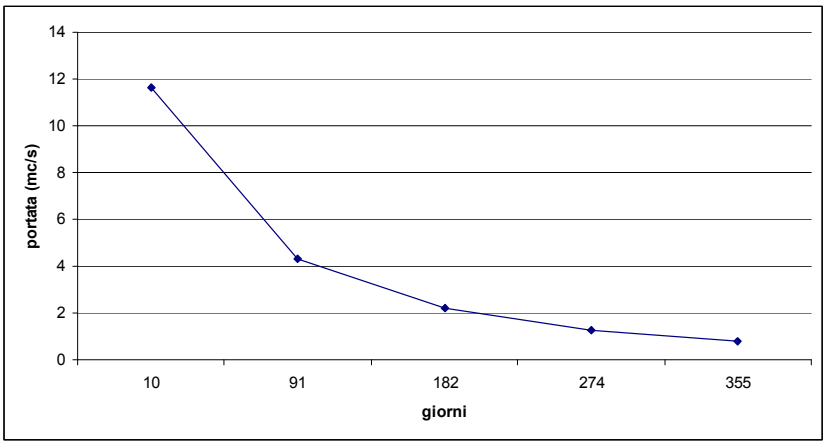


Figura 9-2- Curva di durata delle portate.

9.3.5 Ponte provvisorio "Bailey"

Il ponte provvisorio "Bailey" verrà collocato circa 400 m a monte del nuovo ponte in progetto.
Tale opera sarà costruita costruendo un rilevato che raccorderà Viale Carlo Emanuele con Via Scodeggio. Tale rilevato porterà l'intradosso del ponte provvisorio alla quota 254 m s.l.m., ossia 1,35 m rispetto alla quota della sponda sinistra attuale di 252,65 m.
La verifica del ponte provvisorio Bailey può essere fatta considerando quanto previsto dalla Direttiva 4 del PAI "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture" (aggiornata al 5/4/2006). Tale direttiva prescrive i criteri di compatibilità per i nuovi ponti e per i ponti esistenti. Essendo il ponte "bailey" di tipo provvisorio la sua verifica è stata assimilata a quella di un ponte esistente per il quale non sono verificate tutte le necessaire prescrizioni per i nuovi ponti in progetto. Queste prescrizioni risulterebbero infatti troppo onerose dal punto di vista progettuale per un ponte provvisorio che verrà comunque progettato con criteri che ne garantiscono la funzionalità analoga, se non superiore, a quella del ponte Castellamonte attuale.
Si osservi che per motivi di sicurezza la circolazione sull'attuale Castellamonte viene sospesa nel caso di aumento dei livelli del Ceronda senza che si verifichi tuttavia l'esondazione nell'area golenale che in futuro sarà destinate a parcheggio.
La Direttiva 4 , prevede al punto 3.3.2 prevede per i ponti e i rilevati di accesso esistenti per i quali non sono rispettate le condizioni di compatibilità che vengano definiti i "limiti idraulici di completa funzionalità dell'opera" e la "definizione degli scenari di piena probabile per le portate di piena per le quali l'opera è compatibile".

Si riportano di seguito i livelli idrici per le diverse portate alla sezione del ponte Bailey, nel caso in cui a valle sia presente la situazione attuale ancora con il ponte Castellamonte non abbattuto.

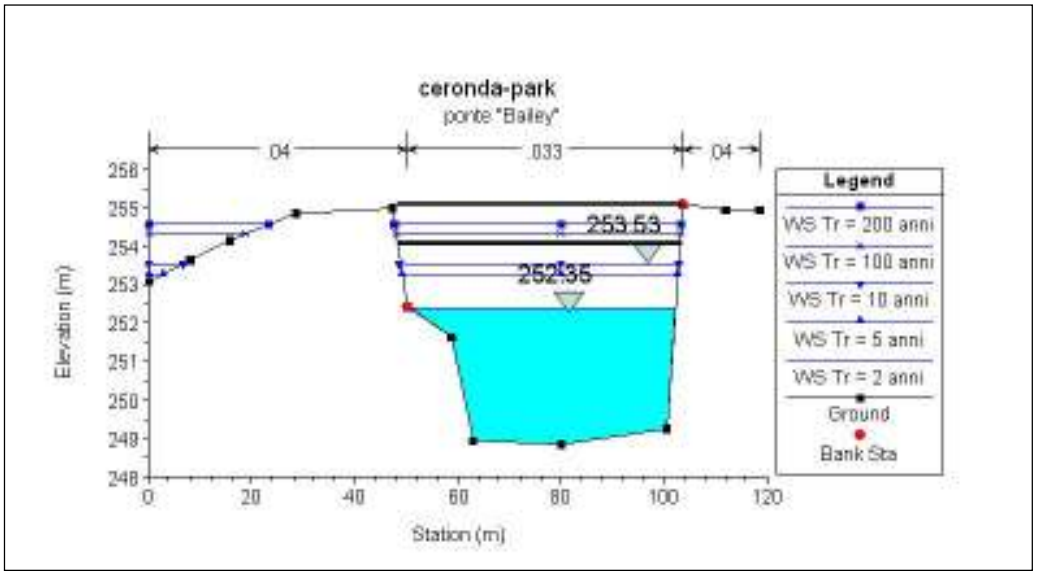


Figura 9-3 – Sezione attraversamento del ponte provvisorio tipo "Bailey" nel caso in cui non sia presente la parzializzazione dell'alveo a valle per la posa delle condotte.

Nel caso in cui non sia presente la parzializzazione dell'alveo a valle, esiste un franco di 1.65 m sulla piena con tempo di ritorno 2 anni, mentre un franco di 0.47 cm sulla piena con tempi di ritorno 10 anni.
Nel caso di piene con T>100 anni l'estradosso inferiore viene sormontato pertanto il ponte non sarà percorribile. In questo caso, si potrà verificare a monte del ponte provvisorio un sopralzo massimo rispetto alla situazione attuale pari a 10 cm rispetto alla situazione attuale nel caso in cui non vi sia parzializzazione dell'alveo a valle.
Nel periodo in cui l'alveo a valle verrà parzializzato, invece, l'innalzamento massimo rispetto alla situazione attuale sarà di circa 15 cm.

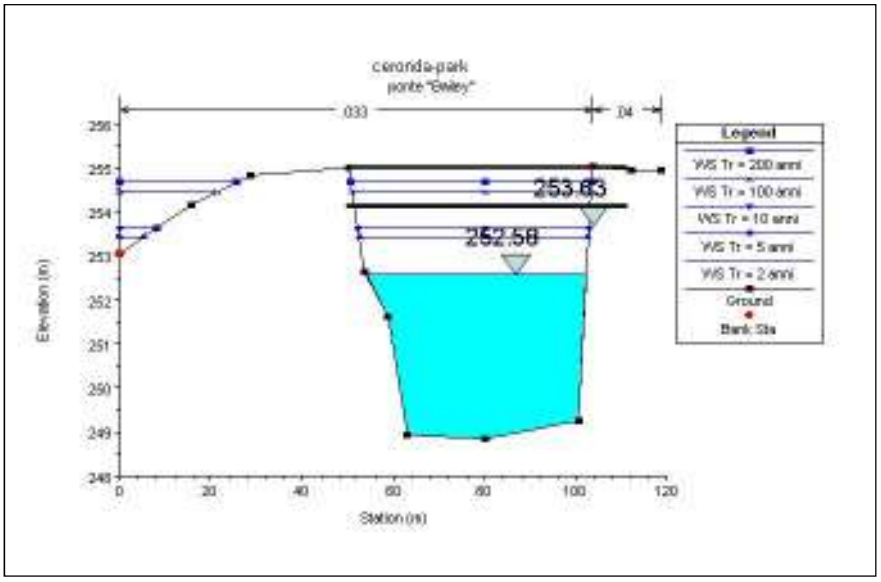


Figura 9-4 - Sezione attraversamento del ponte provvisorio tipo "Bailey" nel caso di parzializzazione dell'alveo a valle per la posa delle condotte.

9.3.6 "Pipe rack" per attraversamento provvisorio dei sottoservizi

Al fine di garantire l'attraversamento dei sottoservizi esistenti all'interno del ponte Castellamonte, con l'esclusione delle condotte di acquedotto, verrà realizzato un traliccio provvisorio, detto "pipe rack".
Al suo interno verranno inserite le tubazioni del gas, delle reti telefoniche (Telecom), delle reti dati (faste web) ed elettriche (Enel).
La quota di intradosso del traliccio è stata scelta in modo da poter garantire l'attraversamento dei sottoservizi senza generare variazioni plano – altimetriche significative. Pertanto questa è stata posta a quota 252,80 m. In tal modo le condizioni di rischio rimangono analoghe a quelle attuali, ossia i sottoservizi sono raggiunti in caso di piena con T = 100 anni e T = 200 anni.

.

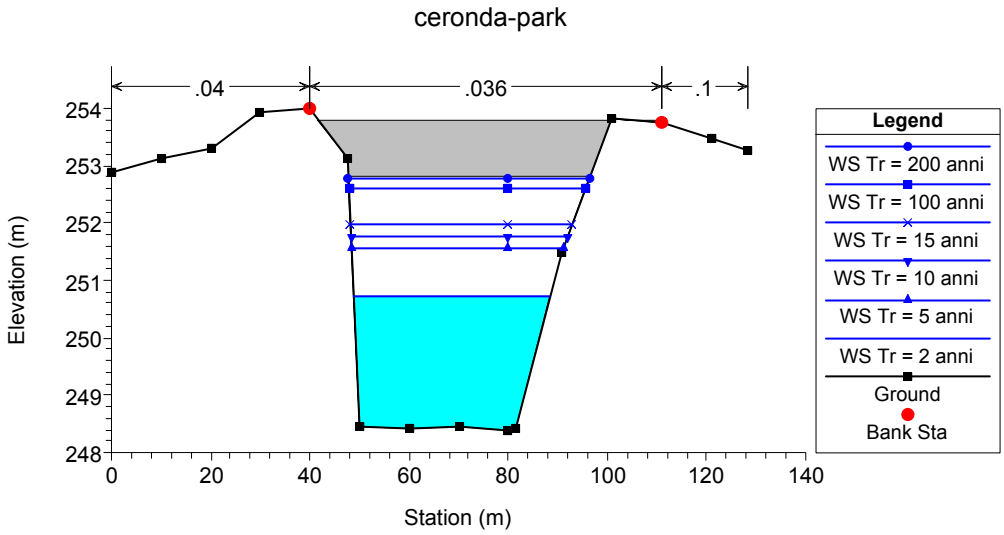


Figura 5 – Sezione di imposta del traliccio provvisorio di attraversamento dei sottoservizi.

Come si può osservare dalle simulazioni effettuate, un franco di 1 m è presente solo per la portata con T=10 anni. Le portate superiori non garantiscono i franchi richiesti dall'Autorità di Bacino.
Si osservi che le condizioni di rischio sono del tutto analoghe anche a quelle del ponte provvisorio baliley.

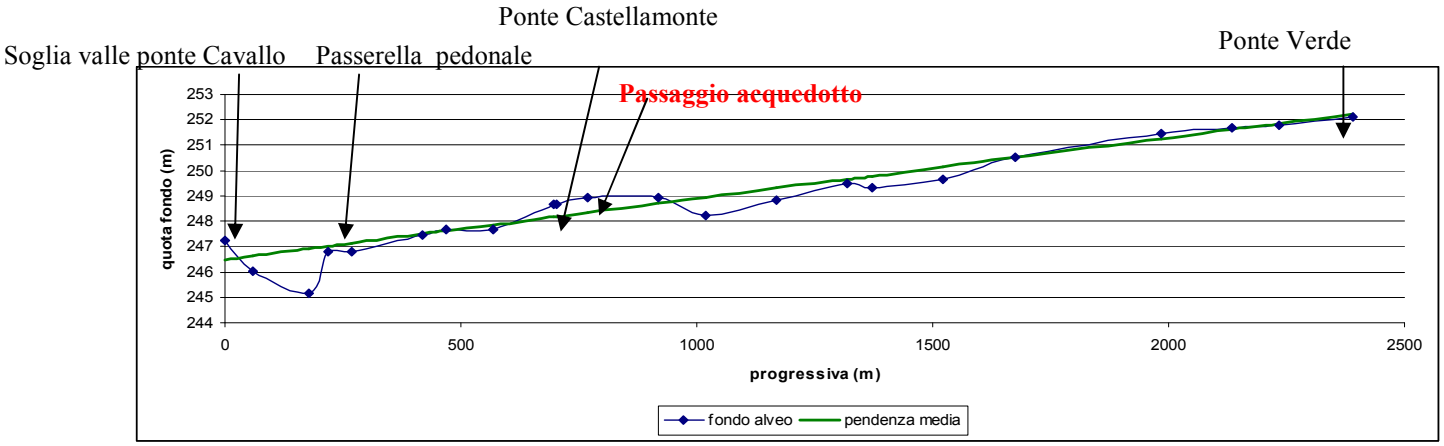
9.4 Stima dell'evoluzione morfologia futura del fondo alveo

Come descritto nel paragrafo relativo all'evoluzione morfologica passata del Ceronda, il fiume risulta essere sostanzialmente stabile.
Nel caso presumibile che soglia esistente del ponte Castellamonte venga eliminata in concomitanza con l'abbattimento del ponte, è stata effettuata una stima della pendenza media dell'alveo per valutare la possibile profondità del fondo futura.
Tale valutazione è stata effettuata a partire dalla soglia di valle del ponte Cavallo, fino ad arrivare al ponte Verde, per un tratto complessivo di fiume di lunghezza pari a 2500 m.
L'andamento del fondo è mostrato nella seguente figura.
La pendenza media del corso d'acqua nel tratto analizzato è dello 0,24%.

Si riporta nella seguente tabella i valori di fondo alveo naturali e i valori derivati considerando l'andamento del fondo alveo come rappresentato dall'interpolazione lineare riportata precedentemente.

progressiva	quota rilievo	quota interpolat	
(m)	(m)	(m)	
0	247.24	247.24	
220	246.81	247.02	
270	246.81	247.14	
420	247.46	247.50	
470	247.68	247.62	
570	247.7	247.86	
696	248.66	248.16	
704	248.66	248.18	Ponte Castellamonte
770	248.95	248.34	
782	248.94	248.37	attraversamento acquedotto
920	248.94	248.70	
1020	248.24	248.94	
1170	248.85	249.30	
1320	249.47	249.66	
1372	249.35	249.78	
1522.69	249.66	250.14	
1675.31	250.51	250.51	
1983.73	251.44	251.25	
2135.06	251.69	251.61	
2235.06	251.78	251.85	
2391.2	252.14	252.23	

Si osserva che esistono circa 90 cm di dislivello creati dalla soglia esistente, tra la quota di fondo alveo a valle della soglia e la soglia esistente.
Da ciò deriva il fatto che in futuro, sarà possibile un abbassamento dell'alveo anche a monte dell'attuale ponte Castellamonte, stimato in circa 60-70 cm alla sezione dove avverrà l'attraversamento dei sottoservizi in alveo.
A livello progettuale, è stato scelto di collocare l'estradosso dell'attraversamento a 2 m dal fondo alveo.
Questo per recepire quanto indicato da AIPO Torino durante la riunione tenutasi il 12 gennaio 2011 E' stato infatti richiesto un ulteriore abbassamento di 1 m per essere a favore di sicurezza nel caso in cui anche la soglia collocata più a valle sul Ceronda venisse in futuro eliminata.



9.5 Scalzamento alla pile per la portata di riferimento

Nel presente capitolo viene elaborata una stima dell'erosione intorno alle pile, al fine di valutare la massima profondità di scalzamento adottando le informazioni provenienti dallo studio bidimensionale di dettaglio. Lo scopo di tale analisi riguarda principalmente le verifiche di carattere idraulico per la definizione e la progettazione delle opere relative alla protezione del sistema di pile.

9.5.1 Caratteri generali

Com'è noto, lo scalzamento in corrispondenza delle strutture di attraversamento può essere indotto da tre fattori, i quali possono agire nello stesso tratto fluviale anche contemporaneamente. Si tratta dell'erosione distribuita o degradazione alla base delle pile o delle spalle, l'erosione locale indotta dall'interazione acque-strutture e l'erosione provocata dalla contrazione della corrente in prossimità del sistema di pile.

Dal punto di vista morfologico, il tratto del Torrente Ceronda interessato dalle pile e dal rilevato in progetto si può considerare in condizioni di sostanziale stabilità. Allo stato attuale non si rilevano infatti evidenti manifestazioni di tendenza né all'approfondimento né al sovralzo della quota di fondo alveo.

Per la valutazione dei processi erosivi in assenza di protezione, nel caso delle singole pile, la letteratura propone innumerevoli formulazioni di carattere semi-empirico basate su dati di laboratorio. E' importante sottolineare che tutte le formulazioni sono vincolate dalle condizioni fisiche in cui sono state ottenute e, di conseguenza, sono cariche di un significativo grado d'incertezza, il quale è generalmente tenuto in conto tramite coefficienti correttivi, ovvero con semplificazioni in favore della sicurezza.

Infine, bisogna ricordare che nessuna delle formulazioni normalmente adottate nella prassi ingegneristica fa riferimento agli effetti del corazzamento o alle condizioni di *live-bed* in relazione alle caratteristiche della piena, fondamentali nel problema in esame ma che consideriamo non presente in forma rilevante nel caso analizzato.

9.5.2 Metodologia di calcolo

Per il calcolo dell'erosione localizzata alla base delle pile e delle spalle, i modelli proposti in letteratura fanno riferimento a un medesimo schema, in cui la profondità della fossa d'erosione "*S*" risulta crescente con l'incremento del tirante idrico "Y_0", con la larghezza della pila "*b*" e con l'incremento della velocità.

Le formule sperimentali più note riportate in letteratura e basate su esperienze di laboratorio con riferimento a una singola pila cilindrica, in condizioni di deflusso con acque chiare e velocità prossima a quella limite per l'inizio del movimento del materiale di fondo, sono le seguenti:

Secondo Veiga e Cunha (1956-70) (riportato da Breusers et al., 1977)

$$S = 1{,}35b\left(\frac{Y_0}{b}\right)^{0{,}3}$$

Secondo Hancu (1977)

$$S = 1{,}66b\left(\frac{Y_0}{b}\right)^{0{,}13}$$

Secondo Coleman (1971)

$$S = 1{,}49b^{0{,}9}\left(\frac{v_0^2}{2g}\right)^{0{,}1}$$

Secondo Remedia (1984)

$$S = 1{,}42b(\frac{Y_0}{b})^{0{,}15}$$

Secondo Shen

$$S = 1{,}35b(\frac{Y_0}{b})^{0{,}2}$$

Secondo Breusers, Nicollet, Shen (1977)

$$S = 2bf_1(\frac{v_0}{v_{cs}}) \cdot \tanh \cdot (\frac{Y_0}{b}) \cdot f_2(\text{forma}) \cdot f_3(\alpha, l/b)$$

nella quale si ha:

v_0 velocità della corrente [m/s];

v_{cs} velocità per cui inizia l'erosione del materiale dell'alveo [m/s];

α inclinazione della pila rispetto alla corrente;

l lunghezza della pila;

f_1, f_2, f_3 sono funzioni dei rispettivi argomenti.

Per la velocità v_{cs} si adotta il valore:

$$v_{cs} = 1{,}3\left[g\frac{\rho_s - \rho}{\rho}D_m\right]^{1/2}\left(\frac{Y_0}{D_m}\right)^{1/6}$$

con:

D_m diametro medio dei granuli del materiale;

ρ_s, γ densità del sedimento e dell'acqua.

Secondo CSU (Colorado State University)

$$S = \varphi k_1 k_2 b^{0,65} Y_0^{0,35} F_0^{0,43}$$

dove:

$F_0 = \frac{v_0}{\sqrt{gY_0}}$ numero di Froude ;

k_1 coeff. di correzione relativo alla forma della pila;
k_2 coeff. di correzione relativo all'angolo di attacco del flusso;
φ coeff. sperimentale correttivo pari a 2.

9.5.3 Valutazione dello scalzamento intorno alle pile

La valutazione dell'erosione indotta da una piena fluviale di portata al picco di 740 m^3/s è stata fatta ricorrendo, in linea generale, alle formulazioni più ampiamente utilizzate nel campo dell'ingegneria idraulica dei ponti fluviali sopra riportate. Per valutare il valore massimo di scavo provocato dal fenomeno di piena di riferimento, si è proceduto come di seguito:

- individuazione delle velocità, dei tiranti idrici e degli sforzi nella sezione del ponte
- calcolo della profondità massima di scavo in funzione sia delle sole caratteristiche idrodinamiche che della geometria delle pile, con particolare riguardo al calcolo degli sforzi indotti dalla corrente intorno alle strutture (pile).

Nella seguente figura vengono riportati i valori di massimo scalzamento per tutte le formule empiriche precedentemente citate. Occorre ricordare che le esperienze su modello fisico alla base delle formulazioni empiriche sono state condotte con acqua chiara e con velocità di flusso prossime al valore della velocità critica d'instabilità del fondo mobile dell'alveo, vale a dire la velocità del moto incipiente.
Le relazioni di natura empirica per la massima profondità di erosione al piede delle pile, applicate per le specifiche condizioni idrauliche del caso in esame, porgono valori medi compresi tra 1.4b (1,4 m) e 3b (3 m), dove b è la larghezza della pila in progetto, pari a 1 m.
Tali valori, che possono subire attenuazioni a seconda della disposizione e dell'impatto che la corrente esercita sulle pile, hanno un campo di variazione non particolarmente esteso, e sembrano in linea con le profondità di scalzamento normalmente riscontrate nei casi reali per pile di tali dimensioni.

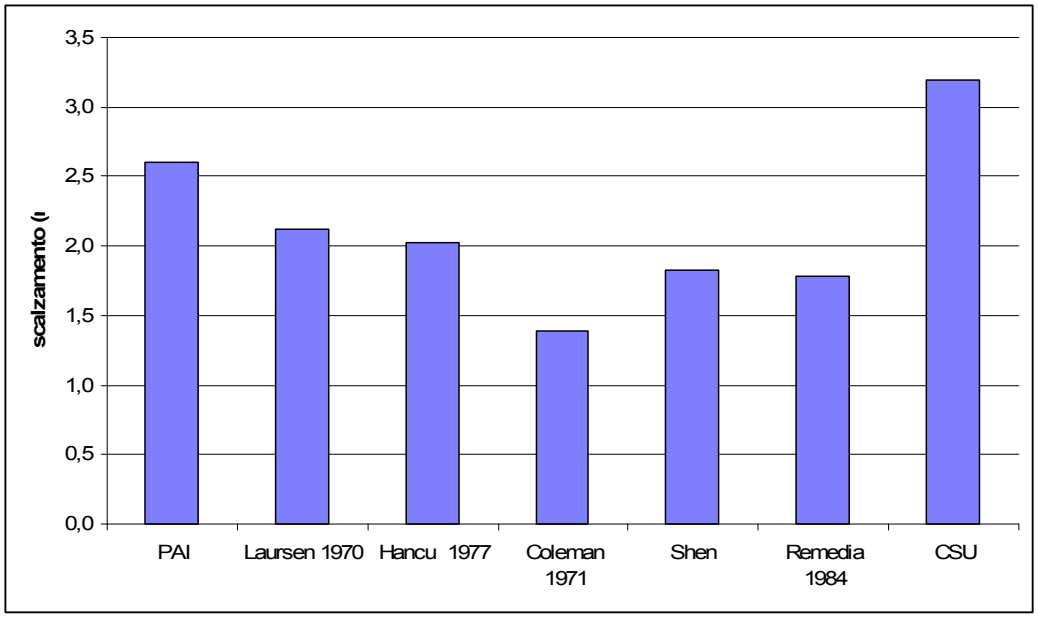


Figura 9-6- Scalzamento in funzione delle varie formulazioni empiriche adottate nel calcolo.

In base al risultato ottenuto da una prima analisi basata sulle formule empiriche, si può stimare come massimo scalzamento la profondità media di 2 m.
A livello progettuale, è stato scelto di collocare l'estradosso delle pile a 3 m dal fondo alveo di futura evoluzione morfologica (ciò senza l'attuale soglia del Ponte Castellamonte).
Questo per recepire quanto indicato da AIPO Torino durante la riunione tenutasi il 12 gennaio 2011. E' stato infatti richiesto questo ulteriore abbassamento per essere a favore di sicurezza nel caso in cui anche la soglia collocata più a valle sul Ceronda venisse in futuro eliminata.

10 CONSIDERAZIONI FINALI

Si riassumono i risultati relativi alla compatibilità idraulica delle aree in progetto secondo la Direttiva n.3 del PAI. I risultati sono stati ottenuti mediante l'analisi monodimensionale effettuata con le portate fornite dal PAI.

Lo stato di progetto si riferisce a: realizzazione del nuovo ponte Castellamonte con 3 campate di lunghezza 27 m, pile orientate secondo la corrente di larghezza 1 m e sagomatura arrotondata, protezione delle spalle mediante scogliera, risagomatura dell'alveo e realizzazione di nuove arginature in corrispondenza dei nuovi parcheggi A e B.

STATO ATTUALE:

- parcheggio A: esondazione per portate con T= 2 anni (250 mc/s);
- parcheggio B: esondazione per portate con T= 5 anni (380mc/s);

STATO DI PROGETTO (con nuovo ponte Castellamonte)

- parcheggio A: esondazione per portate con T 100 anni;
- parcheggio B: esondazione per portate con T 100 anni;

Si osservi che tutte le nuove arginature che verranno realizzate in sponda destra hanno quote comparabili con quelle della sponda sinistra del torrente Ceronda e non andranno ad aggravare le condizioni di rischio delle zone circostanti.

L'impalcato del nuovo ponte Castellamonte verrà realizzato alle quote compatibili in modo da garantire un franco minimo di 1 metro secondo quanto prescritto dalla Direttiva 4 del PAI.

Per le aree a valle, le condizioni di deflusso saranno inoltre paragonabili a quelle attuali.

La protezione arginale realizzata per tempi di ritorno di circa 100 anni sarà inoltre sufficiente a garantire la protezione dei parcheggi per eventi impulsivi del torrente Ceronda per tempi di ritorno superiori a quelli delle onde di piena (tempi di ritorno di circa 50 anni).

Questi risultati sono stati confermati anche di uno studio bidimensionale denominato "Studio idraulico bidimensionale del torrente Ceronda tra la confluenza con il Casternone e la confluenza in Stura di Lanzo" commissionato dal Consorzio di Valorizzazione Culturale La Venaria Reale. Gli scenari simulati hanno permesso di mostrare che i parcheggi in progetto di fronte alla reggia di Venaria, in presenza di risagomatura dell'alveo e ponte nuovo saranno in sicurezza con una condizioni in ingresso corrispondente all'idrogramma di piena duecentennale a Druento e che non si aggraveranno le condizioni di rischio né in sponda sinistra né a valle del nuovo ponte, ma le aree esondabili complessivamente a interventi ultimati diminuiranno.

In conclusione, l'opera in progetto risulta essere compatibile in toto dal punto di vista idraulico secondo la direttiva n. 4 del PAI.

11 ALLEGATI

11.1 Risultati delle simulazioni

sez Alpina	sez Hec Ras
64	3600
63	3500
62	3400
61	3300
60	3200
59	3100
58	3000
57	2900
56	2800
p verde	2600
50	2500
48	2400
45	2300
39	2200
36	2100
33	2000
32	1900
29	1800
26	1700
24	1500
16R	1400
21	1300
p castellamonte	1200
13R	1100
12R	1000
16	900
10R	800
14	700
13	600
5 R	550
10	500
9	400
pedonale	300
p cavallo	200
5	100
p cavallo	200
5	100

STATO DI FATTO - Risultati del modello per la configurazione senza risagomatura d' alveo e argine parcheggi.

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: cerconda Reach: ceronda

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	3600	Tr=2 anni	250.00	254.41	257.38	256.68	257.79	0.003950	2.85	88.52	51.45	0.66
ceronda	3600	Tr= 5 anni	400.00	254.41	258.29	257.49	258.73	0.002683	2.98	141.05	61.92	0.58
ceronda	3600	Tr = 10 anni	450.00	254.41	258.52	257.66	258.98	0.002547	3.05	155.77	62.35	0.57
ceronda	3600	Tr= 30 anni	559.00	254.41	258.94	258.04	259.46	0.002492	3.26	181.84	63.10	0.57
ceronda	3600	Tr=100 anni	680.00	254.41	259.35	258.36	259.94	0.002463	3.48	207.68	63.40	0.58
ceronda	3600	Tr=200 anni	740.00	254.41	259.53	258.51	260.15	0.002477	3.60	219.11	63.53	0.59
ceronda	3500	Tr=2 anni	250.00	254.04	257.24	256.49	257.63	0.002952	2.78	90.64	43.15	0.59
ceronda	3500	Tr= 5 anni	400.00	254.04	258.11	257.17	258.60	0.002687	3.12	132.34	52.17	0.59
ceronda	3500	Tr = 10 anni	450.00	254.04	258.33	257.37	258.85	0.002702	3.24	143.96	53.15	0.59
ceronda	3500	Tr= 30 anni	559.00	254.04	258.69	257.78	259.32	0.002917	3.55	163.82	54.81	0.62
ceronda	3500	Tr=100 anni	680.00	254.04	259.06	258.19	259.79	0.003126	3.86	183.96	56.43	0.65
ceronda	3500	Tr=200 anni	740.00	254.04	259.21	258.37	260.00	0.003248	4.01	192.77	57.13	0.67
ceronda	3400	Tr=2 anni	250.00	253.35	257.00	256.22	257.40	0.002947	2.81	89.06	38.51	0.59
ceronda	3400	Tr= 5 anni	400.00	253.35	257.88	256.90	258.36	0.003387	3.06	130.51	55.42	0.64
ceronda	3400	Tr = 10 anni	450.00	253.35	258.11	257.14	258.61	0.003367	3.13	143.87	59.26	0.64
ceronda	3400	Tr= 30 anni	559.00	253.35	258.49	257.63	259.06	0.003465	3.35	167.26	64.30	0.66
ceronda	3400	Tr=100 anni	680.00	253.35	258.87	258.04	259.52	0.003243	3.55	192.36	65.54	0.65
ceronda	3400	Tr=200 anni	740.00	253.35	259.04	258.21	259.72	0.003224	3.66	203.02	66.06	0.66
ceronda	3300	Tr=2 anni	250.00	253.66	256.72	255.94	257.10	0.003271	2.71	92.22	45.81	0.61
ceronda	3300	Tr= 5 anni	400.00	253.66	257.62	256.68	258.04	0.002920	2.89	138.34	56.52	0.59
ceronda	3300	Tr = 10 anni	450.00	253.66	257.85	256.88	258.30	0.002837	2.96	151.89	58.03	0.58
ceronda	3300	Tr= 30 anni	559.00	253.66	258.21	257.26	258.74	0.003052	3.24	172.70	60.28	0.61
ceronda	3300	Tr=100 anni	680.00	253.66	258.60	257.62	259.20	0.003142	3.46	196.68	62.76	0.62
ceronda	3300	Tr=200 anni	740.00	253.66	258.75	257.78	259.40	0.003251	3.58	206.49	63.75	0.64
ceronda	3200	Tr=2 anni	250.00	253.77	256.54	255.60	256.83	0.002080	2.39	104.66	44.89	0.50
ceronda	3200	Tr= 5 anni	400.00	253.77	257.43	256.19	257.81	0.001883	2.73	146.51	49.35	0.51
ceronda	3200	Tr = 10 anni	450.00	253.77	257.66	256.37	258.07	0.001885	2.85	158.14	51.68	0.51
ceronda	3200	Tr= 30 anni	559.00	253.77	257.97	256.73	258.50	0.002147	3.21	175.14	57.62	0.56
ceronda	3200	Tr=100 anni	680.00	253.77	258.33	257.10	258.95	0.002304	3.51	196.51	62.26	0.59
ceronda	3200	Tr=200 anni	740.00	253.77	258.44	257.29	259.14	0.002466	3.70	203.79	63.00	0.62
ceronda	3100	Tr=2 anni	250.00	253.27	256.25	255.35	256.58	0.002331	2.56	97.60	41.58	0.53
ceronda	3100	Tr= 5 anni	400.00	253.27	257.15	255.99	257.58	0.002199	2.92	136.98	46.02	0.54
ceronda	3100	Tr = 10 anni	450.00	253.27	257.37	256.18	257.84	0.002240	3.06	147.30	48.64	0.55
ceronda	3100	Tr= 30 anni	559.00	253.27	257.57	256.57	258.21	0.002835	3.57	157.48	52.93	0.63
ceronda	3100	Tr=100 anni	680.00	253.27	257.79	256.96	258.63	0.003394	4.05	169.93	57.73	0.69
ceronda	3100	Tr=200 anni	740.00	253.27	257.69	257.15	258.74	0.004405	4.54	164.34	55.63	0.78
ceronda	3000	Tr=2 anni	250.00	253.09	255.94	255.08	256.29	0.002573	2.63	95.01	41.12	0.55
ceronda	3000	Tr= 5 anni	400.00	253.09	256.86	255.74	257.30	0.002639	2.95	135.88	53.28	0.57
ceronda	3000	Tr = 10 anni	450.00	253.09	257.09	255.92	257.56	0.002518	3.04	149.12	59.71	0.57
ceronda	3000	Tr= 30 anni	559.00	253.09	257.49	256.33	257.86	0.001898	2.88	297.35	381.62	0.50
ceronda	3000	Tr=100 anni	680.00	253.09	258.06	256.82	258.24	0.000934	2.24	555.80	527.81	0.36
ceronda	3000	Tr=200 anni	740.00	253.09	258.04	256.98	258.26	0.001165	2.50	542.09	521.65	0.41
ceronda	2900	Tr=2 anni	250.00	252.59	255.69	254.90	256.07	0.002808	2.74	91.32	39.76	0.58
ceronda	2900	Tr= 5 anni	400.00	252.59	256.60	255.55	257.07	0.002936	3.04	131.76	50.82	0.60
ceronda	2900	Tr = 10 anni	450.00	252.59	256.85	255.75	257.34	0.002870	3.11	144.70	52.91	0.60
ceronda	2900	Tr= 30 anni	559.00	252.59	257.53	256.17	257.66	0.001339	1.84	417.15	342.90	0.40
ceronda	2900	Tr=100 anni	680.00	252.59	258.06	256.65	258.15	0.000700	1.54	599.11	343.90	0.30
ceronda	2900	Tr=200 anni	740.00	252.59	258.03	256.82	258.14	0.000867	1.70	590.28	343.85	0.33
ceronda	2800	Tr=2 anni	250.00	252.41	255.46	254.57	255.86	0.002926	2.80	89.19	38.14	0.59
ceronda	2800	Tr= 5 anni	400.00	252.41	256.34	255.33	256.85	0.003004	3.15	127.16	47.97	0.61
ceronda	2800	Tr = 10 anni	450.00	252.41	256.59	255.56	257.13	0.002902	3.24	139.65	52.25	0.61
ceronda	2800	Tr= 30 anni	559.00	252.41	257.48	256.00	257.57	0.000813	1.62	506.29	359.71	0.32
ceronda	2800	Tr=100 anni	680.00	252.41	258.03	256.41	258.10	0.000470	1.40	711.39	383.20	0.25
ceronda	2800	Tr=200 anni	740.00	252.41	258.00	256.61	258.08	0.000586	1.55	698.83	382.88	0.28
ceronda	2600	Tr=2 anni	250.00	252.08	255.30	254.11	255.56	0.001690	2.24	111.57	41.21	0.43
ceronda	2600	Tr= 5 anni	400.00	252.08	256.16	254.68	256.54	0.001806	2.71	147.50	42.15	0.46
ceronda	2600	Tr = 10 anni	450.00	252.08	256.41	254.86	256.82	0.001858	2.85	157.78	42.54	0.47
ceronda	2600	Tr= 30 anni	559.00	252.08	256.89	255.25	257.39	0.001961	3.13	178.63	43.34	0.49
ceronda	2600	Tr=100 anni	680.00	252.08	257.83	255.63	258.02	0.000771	2.20	510.46	347.21	0.32
ceronda	2600	Tr=200 anni	740.00	252.08	257.72	255.81	257.97	0.001077	2.56	470.06	339.35	0.37
ceronda	2570		Bridge									
ceronda	2550	Tr=2 anni	250.00	252.08	255.22	254.10	255.49	0.001864	2.31	108.17	41.14	0.45
ceronda	2550	Tr= 5 anni	400.00	252.08	256.04	254.68	256.44	0.002026	2.81	142.12	41.94	0.49
ceronda	2550	Tr = 10 anni	450.00	252.08	256.26	254.86	256.71	0.002102	2.97	151.57	42.30	0.50
ceronda	2550	Tr= 30 anni	559.00	252.08	256.70	255.25	257.25	0.002266	3.28	170.39	43.03	0.53
ceronda	2550	Tr=100 anni	680.00	252.08	257.14	255.63	257.80	0.002428	3.59	189.42	43.75	0.55
ceronda	2550	Tr=200 anni	740.00	252.08	257.65	255.80	257.93	0.001175	2.65	449.21	335.23	0.39
ceronda	2500	Tr=2 anni	250.00	251.65	254.77	253.88	255.15	0.002740	2.75	90.98	38.30	0.57
ceronda	2500	Tr= 5 anni	400.00	251.65	255.50	254.61	256.06	0.003068	3.33	120.61	43.58	0.62
ceronda	2500	Tr = 10 anni	450.00	251.65	255.69	254.82	256.32	0.003169	3.50	129.09	43.99	0.64
ceronda	2500	Tr= 30 anni	559.00	251.65	256.06	255.22	256.83	0.003424	3.88	145.41	44.77	0.67
ceronda	2500	Tr=100 anni	680.00	251.65	256.42	255.64	257.34	0.003707	4.26	161.37	45.52	0.71
ceronda	2500	Tr=200 anni	740.00	251.65	256.58	255.82	257.58	0.003841	4.44	168.73	45.86	0.73

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: cerconda Reach: ceronda (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	2400	Tr=2 anni	250.00	251.85	254.39	253.74	254.84	0.003409	2.98	83.90	36.51	0.63
ceronda	2400	Tr= 5 anni	400.00	251.85	255.09	254.40	255.73	0.003504	3.58	117.75	53.01	0.66
ceronda	2400	Tr = 10 anni	450.00	251.85	255.28	254.66	255.98	0.003504	3.74	128.32	53.30	0.67
ceronda	2400	Tr= 30 anni	559.00	251.85	255.64	255.11	256.47	0.003652	4.10	147.55	53.82	0.70
ceronda	2400	Tr=100 anni	680.00	251.85	255.98	255.49	256.95	0.003871	4.49	165.70	54.32	0.73
ceronda	2400	Tr=200 anni	740.00	251.85	256.13	255.63	257.18	0.003979	4.67	173.98	54.54	0.74
ceronda	2300	Tr=2 anni	250.00	251.44	253.90	253.31	254.30	0.003511	2.82	88.50	43.90	0.64
ceronda	2300	Tr= 5 anni	400.00	251.44	254.62	253.92	255.17	0.003495	3.29	121.67	50.83	0.66
ceronda	2300	Tr = 10 anni	450.00	251.44	254.82	254.10	255.42	0.003517	3.42	132.87	59.82	0.66
ceronda	2300	Tr= 30 anni	559.00	251.44	255.18	254.47	255.88	0.003620	3.71	157.32	72.58	0.68
ceronda	2300	Tr=100 anni	680.00	251.44	255.57	254.90	256.33	0.003498	3.91	185.82	74.52	0.68
ceronda	2300	Tr=200 anni	740.00	251.44	255.76	255.15	256.54	0.003413	3.99	199.96	75.46	0.68
ceronda	2200	Tr=2 anni	250.00	250.51	253.12		253.41	0.002274	2.40	105.91	50.32	0.52
ceronda	2200	Tr= 5 anni	400.00	250.51	253.94		254.32	0.002003	2.75	151.63	74.83	0.51
ceronda	2200	Tr = 10 anni	450.00	250.51	254.18		254.58	0.001923	2.84	169.70	78.52	0.51
ceronda	2200	Tr= 30 anni	559.00	250.51	254.52		254.99	0.002038	3.13	197.15	82.75	0.53
ceronda	2200	Tr=100 anni	680.00	250.51	254.97		255.48	0.001888	3.27	235.90	85.38	0.52
ceronda	2200	Tr=200 anni	740.00	250.51	255.20		255.72	0.001801	3.31	255.40	85.73	0.52
ceronda	2100	Tr=2 anni	250.00	249.66	252.83		253.10	0.001770	2.32	107.88	42.32	0.46
ceronda	2100	Tr= 5 anni	400.00	249.66	253.63		254.02	0.001897	2.77	149.04	62.83	0.50
ceronda	2100	Tr = 10 anni	450.00	249.66	253.87		254.28	0.001894	2.88	164.02	65.38	0.50
ceronda	2100	Tr= 30 anni	559.00	249.66	254.12		254.66	0.002294	3.30	180.68	68.10	0.56
ceronda	2100	Tr=100 anni	680.00	249.66	254.56		255.16	0.002247	3.49	212.57	78.34	0.56
ceronda	2100	Tr=200 anni	740.00	249.66	254.81		255.41	0.002126	3.53	233.83	96.39	0.55
ceronda	2000	Tr=2 anni	250.00	249.35	252.57		252.83	0.001745	2.31	117.77	73.89	0.46
ceronda	2000	Tr= 5 anni	400.00	249.35	253.46		253.75	0.001421	2.50	189.74	110.50	0.44
ceronda	2000	Tr = 10 anni	450.00	249.35	253.73		254.01	0.001295	2.51	219.79	113.42	0.42
ceronda	2000	Tr= 30 anni	559.00	249.35	253.97		254.32	0.001495	2.82	249.04	120.12	0.46
ceronda	2000	Tr=100 anni	680.00	249.35	254.51		254.83	0.001233	2.79	313.12	120.12	0.42
ceronda	2000	Tr=200 anni	740.00	249.35	254.79		255.10	0.001108	2.76	346.68	120.12	0.41
ceronda	1900	Tr=2 anni	250.00	249.47	252.52		252.73	0.001408	2.06	133.20	84.35	0.42
ceronda	1900	Tr= 5 anni	400.00	249.47	253.45		253.66	0.001021	2.16	220.55	104.74	0.37
ceronda	1900	Tr = 10 anni	450.00	249.47	253.72		253.93	0.000946	2.19	249.65	112.35	0.36
ceronda	1900	Tr= 30 anni	559.00	249.47	253.96		254.23	0.001116	2.48	277.42	114.23	0.40
ceronda	1900	Tr=100 anni	680.00	249.47	254.49		254.76	0.000973	2.52	339.09	118.43	0.38
ceronda	1900	Tr=200 anni	740.00	249.47	254.77		255.03	0.000886	2.51	372.25	118.43	0.37
ceronda	1800	Tr=2 anni	250.00	248.85	252.34	250.85	252.54	0.001130	1.96	127.37	46.10	0.38
ceronda	1800	Tr= 5 anni	400.00	248.85	253.24	251.46	253.50	0.001109	2.27	196.77	108.19	0.39
ceronda	1800	Tr = 10 anni	450.00	248.85	253.53	251.64	253.78	0.001015	2.29	227.86	108.56	0.38
ceronda	1800	Tr= 30 anni	559.00	248.85	253.71	252.02	254.05	0.001282	2.66	247.95	108.56	0.43
ceronda	1800	Tr=100 anni	680.00	248.85	254.28	252.39	254.60	0.001078	2.67	309.47	108.56	0.40
ceronda	1800	Tr=200 anni	740.00	248.85	254.58	252.57	254.89	0.000976	2.65	341.78	108.56	0.38
ceronda	1700	Tr=2 anni	250.00	248.24	251.85	250.91	252.27	0.002600	2.86	87.38	33.06	0.56
ceronda	1700	Tr= 5 anni	400.00	248.24	252.51	251.66	253.18	0.003483	3.64	109.83	35.74	0.66
ceronda	1700	Tr = 10 anni	450.00	248.24	252.73	251.88	253.47	0.003663	3.81	120.99	103.76	0.68
ceronda	1700	Tr= 30 anni	559.00	248.24	253.54	252.34	253.83	0.001396	2.69	286.75	148.77	0.44
ceronda	1700	Tr=100 anni	680.00	248.24	254.19	253.03	254.42	0.000968	2.48	382.72	148.77	0.37
ceronda	1700	Tr=200 anni	740.00	248.24	254.51	253.11	254.72	0.000823	2.40	430.84	148.77	0.35
ceronda	1500	Tr=2 anni	250.00	248.88	251.68	250.79	252.00	0.002259	2.51	100.80	50.18	0.52
ceronda	1500	Tr= 5 anni	400.00	248.88	252.61	251.40	252.85	0.001331	2.35	211.65	108.73	0.42
ceronda	1500	Tr = 10 anni	450.00	248.88	252.89	251.60	253.12	0.001172	2.33	243.33	114.14	0.40
ceronda	1500	Tr= 30 anni	559.00	248.88	253.48	252.03	253.70	0.000929	2.30	313.83	125.35	0.36
ceronda	1500	Tr=100 anni	680.00	248.88	254.13	252.44	254.33	0.000727	2.25	409.44	154.38	0.33
ceronda	1500	Tr=200 anni	740.00	248.88	254.46	252.52	254.64	0.000628	2.19	460.69	154.38	0.31
ceronda	1400	Tr=2 anni	250.00	249.23	251.32	250.81	251.73	0.003730	2.82	88.50	45.70	0.65
ceronda	1400	Tr= 5 anni	400.00	249.23	252.14	251.37	252.64	0.003137	3.16	126.71	48.23	0.62
ceronda	1400	Tr = 10 anni	450.00	249.23	252.40	251.54	252.93	0.002932	3.22	139.81	49.01	0.61
ceronda	1400	Tr= 30 anni	559.00	249.23	252.96	251.88	253.53	0.002592	3.34	167.37	50.03	0.58
ceronda	1400	Tr=100 anni	680.00	249.23	253.61	252.24	254.18	0.002137	3.37	209.33	69.86	0.54
ceronda	1400	Tr=200 anni	740.00	249.23	253.95	252.40	254.51	0.001894	3.34	233.44	69.86	0.51
ceronda	1300	Tr=2 anni	250.00	248.85	251.19	250.52	251.52	0.002832	2.53	98.64	49.04	0.57
ceronda	1300	Tr= 5 anni	400.00	248.85	252.08	251.07	252.45	0.002102	2.73	155.96	76.99	0.52
ceronda	1300	Tr = 10 anni	450.00	248.85	252.39	251.22	252.75	0.001818	2.72	179.50	77.40	0.49
ceronda	1300	Tr= 30 anni	559.00	248.85	253.00	251.55	253.35	0.001437	2.72	227.16	78.24	0.45
ceronda	1300	Tr=100 anni	680.00	248.85	253.68	252.04	254.02	0.001139	2.71	284.97	104.18	0.41
ceronda	1300	Tr=200 anni	740.00	248.85	254.04	252.19	254.36	0.000995	2.66	322.81	106.27	0.39
ceronda	1200	Tr=2 anni	250.00	248.66	250.95	250.29	251.32	0.003045	2.69	92.89	44.13	0.59
ceronda	1200	Tr= 5 anni	400.00	248.66	251.83	250.87	252.29	0.002601	3.01	132.72	46.86	0.57
ceronda	1200	Tr = 10 anni	450.00	248.66	252.12	251.05	252.60	0.002435	3.07	146.57	47.77	0.56
ceronda	1200	Tr= 30 anni	559.00	248.66	252.70	251.40	253.22	0.002187	3.20	174.61	48.63	0.54
ceronda	1200	Tr=100 anni	680.00	248.66	253.36	251.77	253.91	0.001924	3.29	206.85	49.52	0.51
ceronda	1200	Tr=200 anni	740.00	248.66	253.70	251.94	254.25	0.001794	3.31	224.02	54.85	0.50

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: cerconda Reach: ceronda (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	1175		Bridge									
ceronda	1150	Tr=2 anni	250.00	248.66	250.77		251.21	0.004782	2.94	84.97	43.57	0.67
ceronda	1150	Tr= 5 anni	400.00	248.66	251.62		252.16	0.003874	3.24	125.39	60.01	0.63
ceronda	1150	Tr = 10 anni	450.00	248.66	251.87		252.43	0.003703	3.32	141.12	64.66	0.63
ceronda	1150	Tr= 30 anni	559.00	248.66	252.30		252.94	0.003631	3.55	169.90	67.15	0.63
ceronda	1150	Tr=100 anni	680.00	248.66	252.74		253.45	0.003572	3.77	199.12	67.91	0.63
ceronda	1150	Tr=200 anni	740.00	248.66	252.93		253.68	0.003567	3.88	212.53	68.25	0.63
ceronda	1100	Tr=2 anni	250.00	248.15	250.78		251.05	0.002272	2.31	108.80	46.73	0.48
ceronda	1100	Tr= 5 anni	400.00	248.15	251.64		252.01	0.002103	2.69	149.77	48.69	0.48
ceronda	1100	Tr = 10 anni	450.00	248.15	251.89		252.29	0.002089	2.81	161.86	49.45	0.49
ceronda	1100	Tr= 30 anni	559.00	248.15	252.31		252.80	0.002180	3.09	185.27	61.72	0.50
ceronda	1100	Tr=100 anni	680.00	248.15	252.74		253.31	0.002245	3.36	211.76	62.69	0.52
ceronda	1100	Tr=200 anni	740.00	248.15	252.93		253.55	0.002278	3.49	223.96	63.12	0.53
ceronda	1000	Tr=2 anni	250.00	248.14	250.62		250.94	0.002981	2.52	100.55	49.14	0.55
ceronda	1000	Tr= 5 anni	400.00	248.14	251.52		251.92	0.002370	2.80	149.58	64.22	0.51
ceronda	1000	Tr = 10 anni	450.00	248.14	251.78		252.20	0.002258	2.89	166.28	64.71	0.51
ceronda	1000	Tr= 30 anni	559.00	248.14	252.22		252.71	0.002247	3.14	195.02	65.52	0.52
ceronda	1000	Tr=100 anni	680.00	248.14	252.65		253.22	0.002262	3.39	223.64	66.30	0.53
ceronda	1000	Tr=200 anni	740.00	248.14	252.85		253.45	0.002281	3.51	236.64	66.65	0.54
ceronda	900	Tr=2 anni	250.00	247.70	250.61		250.80	0.001468	1.97	147.76	91.51	0.39
ceronda	900	Tr= 5 anni	400.00	247.70	251.56		251.78	0.001173	2.17	243.77	104.92	0.37
ceronda	900	Tr = 10 anni	450.00	247.70	251.83		252.06	0.001121	2.22	272.48	105.87	0.37
ceronda	900	Tr= 30 anni	559.00	247.70	252.30		252.56	0.001116	2.40	322.43	107.52	0.37
ceronda	900	Tr=100 anni	680.00	247.70	252.76		253.06	0.001121	2.58	372.57	109.14	0.38
ceronda	900	Tr=200 anni	740.00	247.70	252.97		253.28	0.001128	2.66	395.53	109.88	0.38
ceronda	800	Tr=2 anni	250.00	248.03	250.45		250.73	0.002435	2.34	108.78	51.01	0.50
ceronda	800	Tr= 5 anni	400.00	248.03	251.38		251.72	0.001939	2.62	162.72	61.68	0.47
ceronda	800	Tr = 10 anni	450.00	248.03	251.64		252.00	0.001874	2.72	178.73	62.14	0.47
ceronda	800	Tr= 30 anni	559.00	248.03	252.06		252.50	0.001935	2.98	205.19	62.90	0.48
ceronda	800	Tr=100 anni	680.00	248.03	252.47		252.99	0.002018	3.26	231.14	63.63	0.50
ceronda	800	Tr=200 anni	740.00	248.03	252.65		253.21	0.002068	3.39	242.76	63.95	0.51
ceronda	700	Tr=2 anni	250.00	247.68	250.42		250.58	0.001176	1.75	152.62	94.33	0.35
ceronda	700	Tr= 5 anni	400.00	247.68	251.40		251.58	0.000930	1.94	251.76	104.02	0.33
ceronda	700	Tr = 10 anni	450.00	247.68	251.67		251.86	0.000896	2.00	280.10	104.88	0.33
ceronda	700	Tr= 30 anni	559.00	247.68	252.12		252.34	0.000917	2.18	327.44	106.29	0.34
ceronda	700	Tr=100 anni	680.00	247.68	252.56		252.82	0.000945	2.36	374.40	107.86	0.35
ceronda	700	Tr=200 anni	740.00	247.68	252.76		253.03	0.000963	2.45	396.13	111.78	0.35
ceronda	600	Tr=2 anni	250.00	247.46	250.40		250.52	0.000886	1.61	182.94	101.09	0.31
ceronda	600	Tr= 5 anni	400.00	247.46	251.38		251.53	0.000739	1.80	283.54	102.79	0.30
ceronda	600	Tr = 10 anni	450.00	247.46	251.66		251.81	0.000723	1.87	311.61	103.26	0.30
ceronda	600	Tr= 30 anni	559.00	247.46	252.10		252.29	0.000759	2.05	358.07	104.15	0.31
ceronda	600	Tr=100 anni	680.00	247.46	252.54		252.76	0.000801	2.25	404.76	112.99	0.32
ceronda	600	Tr=200 anni	740.00	247.46	252.73		252.98	0.000866	2.39	426.50	119.94	0.34
ceronda	550	Tr=2 anni	250.00	247.49	250.29		250.44	0.001125	1.69	157.43	68.25	0.34
ceronda	550	Tr= 5 anni	400.00	247.49	251.28		251.46	0.000947	1.93	226.81	73.13	0.33
ceronda	550	Tr = 10 anni	450.00	247.49	251.54		251.74	0.000933	2.01	246.54	74.51	0.33
ceronda	550	Tr= 30 anni	559.00	247.49	251.97		252.22	0.000998	2.23	278.72	75.89	0.35
ceronda	550	Tr=100 anni	680.00	247.49	252.38		252.68	0.001068	2.46	310.36	76.41	0.36
ceronda	550	Tr=200 anni	740.00	247.49	252.57		252.89	0.001104	2.56	324.60	76.47	0.37
ceronda	500	Tr=2 anni	250.00	246.81	250.18		250.35	0.001187	1.88	138.74	64.56	0.35
ceronda	500	Tr= 5 anni	400.00	246.81	251.14		251.38	0.001118	2.21	203.48	71.93	0.36
ceronda	500	Tr = 10 anni	450.00	246.81	251.40		251.67	0.001122	2.31	222.80	80.73	0.36
ceronda	500	Tr= 30 anni	559.00	246.81	251.81		252.13	0.001235	2.58	255.39	80.82	0.39
ceronda	500	Tr=100 anni	680.00	246.81	252.19		252.59	0.001354	2.86	286.90	81.20	0.41
ceronda	500	Tr=200 anni	740.00	246.81	252.37		252.80	0.001411	2.99	301.06	81.20	0.42
ceronda	400	Tr=2 anni	250.00	246.81	249.19	249.19	250.14	0.011531	4.33	57.75	30.75	1.01
ceronda	400	Tr= 5 anni	400.00	246.81	249.92	249.92	251.16	0.010128	4.94	81.65	37.32	0.99
ceronda	400	Tr = 10 anni	450.00	246.81	250.21	250.21	251.45	0.008750	4.94	94.40	50.80	0.94
ceronda	400	Tr= 30 anni	559.00	246.81	250.82	250.82	251.93	0.006396	4.81	132.26	67.18	0.83
ceronda	400	Tr=100 anni	680.00	246.81	251.17	251.17	252.38	0.006297	5.09	156.26	68.58	0.83
ceronda	400	Tr=200 anni	740.00	246.81	251.34	251.34	252.59	0.006209	5.21	167.86	69.13	0.83
ceronda	300	Tr=2 anni	250.00	245.17	248.99	248.01	249.44	0.003135	2.97	84.25	29.41	0.56
ceronda	300	Tr= 5 anni	400.00	245.17	248.12	248.76	250.45	0.023848	6.77	59.11	28.17	1.49
ceronda	300	Tr = 10 anni	450.00	245.17	248.32	248.97	250.78	0.022847	6.96	64.67	28.45	1.47
ceronda	300	Tr= 30 anni	559.00	245.17	248.80	249.71	251.38	0.019325	7.11	78.66	29.14	1.38
ceronda	300	Tr=100 anni	680.00	245.17	249.42	250.24	251.87	0.014960	6.97	101.16	48.22	1.24
ceronda	300	Tr=200 anni	740.00	245.17	249.65	250.44	252.09	0.014104	7.00	112.08	48.96	1.21
ceronda	200	Tr=2 anni	250.00	246.05	248.69	248.06	249.01	0.003480	2.48	100.68	52.12	0.57
ceronda	200	Tr= 5 anni	400.00	246.05	249.15	248.56	249.67	0.004620	3.19	125.24	54.65	0.67
ceronda	200	Tr = 10 anni	450.00	246.05	249.34	248.72	249.90	0.004536	3.32	135.52	54.75	0.67
ceronda	200	Tr= 30 anni	559.00	246.05	249.71	249.05	250.37	0.004461	3.58	155.97	54.96	0.68
ceronda	200	Tr=100 anni	680.00	246.05	250.09	249.36	250.85	0.004418	3.84	176.89	55.15	0.69
ceronda	200	Tr=200 anni	740.00	246.05	250.27	249.50	251.07	0.004398	3.96	186.81	55.19	0.69

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: cerconda Reach: ceronda (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	190		Bridge									
ceronda	180	Tr=2 anni	250.00	246.05	248.62		248.96	0.003940	2.59	96.57	51.58	0.60
ceronda	180	Tr= 5 anni	400.00	246.05	248.24	248.56	249.61	0.020751	5.18	77.22	51.14	1.35
ceronda	180	Tr = 10 anni	450.00	246.05	248.37	248.72	249.83	0.020054	5.36	83.91	51.24	1.34
ceronda	180	Tr= 30 anni	559.00	246.05	248.65	249.05	250.29	0.018600	5.68	98.45	51.83	1.32
ceronda	180	Tr=100 anni	680.00	246.05	248.93	249.36	250.77	0.018110	6.00	113.37	53.75	1.32
ceronda	180	Tr=200 anni	740.00	246.05	249.06	249.50	250.99	0.018028	6.15	120.24	54.60	1.32
ceronda	100	Tr=2 anni	250.00	247.24	248.15	248.15	248.58	0.013681	2.90	86.17	101.65	1.01
ceronda	100	Tr= 5 anni	400.00	247.24	248.47	248.47	249.05	0.012401	3.38	118.33	102.94	1.01
ceronda	100	Tr = 10 anni	450.00	247.24	248.56	248.56	249.19	0.012051	3.51	128.32	103.33	1.00
ceronda	100	Tr= 30 anni	559.00	247.24	248.76	248.76	249.48	0.011467	3.75	148.87	104.14	1.00
ceronda	100	Tr=100 anni	680.00	247.24	248.88	248.97	249.79	0.012992	4.21	161.64	104.64	1.08
ceronda	100	Tr=200 anni	740.00	247.24	249.06	249.06	249.92	0.010928	4.12	179.65	105.35	1.01

STATO DI PROGETTO - con ponte nuovo, parcheggi e risagomatura di alveo

HEC-RAS Plan: Plan 18 River: cerconda Reach: ceronda

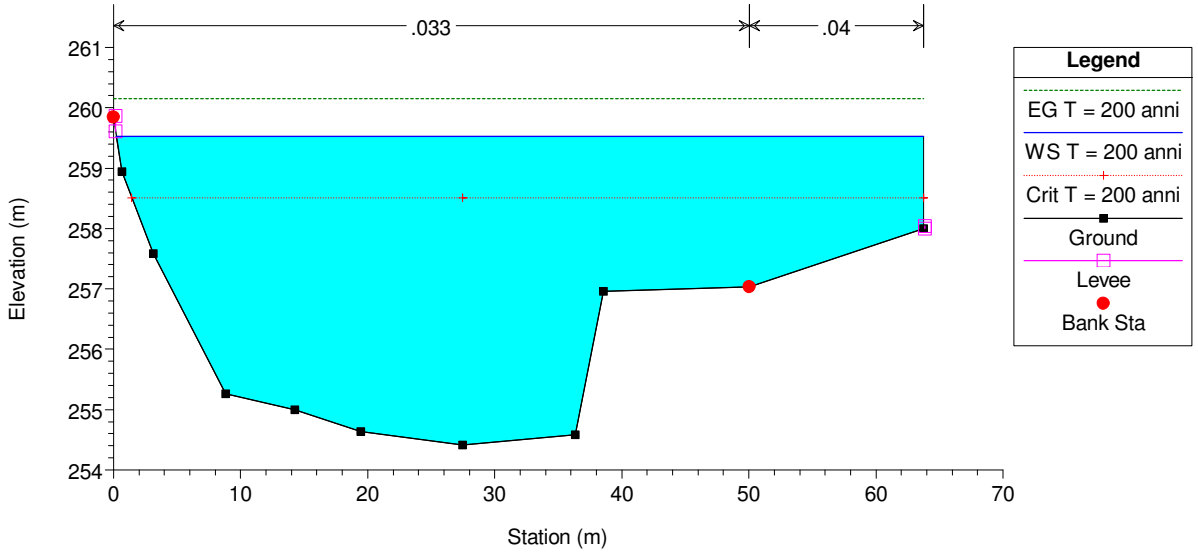
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	3600	Tr= 5 anni	400.00	254.41	258.29	257.49	258.73	0.002683	2.98	141.05	61.92	0.58
ceronda	3600	Tr=200 anni	740.00	254.41	259.53	258.51	260.15	0.002477	3.60	219.11	63.53	0.59
ceronda	3600	tr circa 100 ann	650.00	254.41	259.25	258.28	259.82	0.002465	3.43	201.59	63.33	0.58
ceronda	3500	Tr= 5 anni	400.00	254.04	258.11	257.17	258.59	0.002687	3.12	132.34	52.16	0.59
ceronda	3500	Tr=200 anni	740.00	254.04	259.21	258.37	260.00	0.003248	4.01	192.77	57.13	0.67
ceronda	3500	tr circa 100 ann	650.00	254.04	258.97	258.10	259.68	0.003073	3.78	179.19	56.05	0.65
ceronda	3400	Tr= 5 anni	400.00	253.35	257.88	256.90	258.36	0.003387	3.06	130.51	55.42	0.64
ceronda	3400	Tr=200 anni	740.00	253.35	259.04	258.21	259.72	0.003224	3.66	203.02	66.06	0.66
ceronda	3400	tr circa 100 ann	650.00	253.35	258.78	257.95	259.41	0.003280	3.49	186.46	65.25	0.65
ceronda	3300	Tr= 5 anni	400.00	253.66	257.62	256.68	258.04	0.002921	2.89	138.33	56.52	0.59
ceronda	3300	Tr=200 anni	740.00	253.66	258.75	257.78	259.40	0.003251	3.58	206.49	63.75	0.64
ceronda	3300	tr circa 100 ann	650.00	253.66	258.50	257.54	259.09	0.003117	3.40	190.96	62.18	0.62
ceronda	3200	Tr= 5 anni	400.00	253.77	257.43	256.19	257.81	0.001883	2.73	146.51	49.35	0.51
ceronda	3200	Tr=200 anni	740.00	253.77	258.44	257.29	259.14	0.002466	3.70	203.79	63.00	0.62
ceronda	3200	tr circa 100 ann	650.00	253.77	258.25	257.01	258.85	0.002262	3.44	191.47	61.74	0.58
ceronda	3100	Tr= 5 anni	400.00	253.27	257.15	255.99	257.58	0.002199	2.92	136.97	46.01	0.54
ceronda	3100	Tr=200 anni	740.00	253.27	257.69	257.15	258.74	0.004407	4.54	164.32	55.62	0.78
ceronda	3100	tr circa 100 ann	650.00	253.27	257.75	256.87	258.53	0.003227	3.92	167.46	56.81	0.67
ceronda	3000	Tr= 5 anni	400.00	253.09	256.86	255.74	257.30	0.002640	2.95	135.87	53.27	0.57
ceronda	3000	Tr=200 anni	740.00	253.09	258.04	256.98	258.26	0.001167	2.50	541.74	521.50	0.41
ceronda	3000	tr circa 100 ann	650.00	253.09	257.95	256.63	258.16	0.001066	2.35	498.97	492.96	0.39
ceronda	2900	Tr= 5 anni	400.00	252.59	256.60	255.55	257.07	0.002938	3.04	131.73	50.82	0.60
ceronda	2900	Tr=200 anni	740.00	252.59	258.03	256.82	258.14	0.000868	1.70	590.07	343.85	0.33
ceronda	2900	tr circa 100 ann	650.00	252.59	257.96	256.55	258.05	0.000767	1.57	563.76	343.71	0.31
ceronda	2800	Tr= 5 anni	400.00	252.41	256.34	255.33	256.85	0.003006	3.15	127.12	47.96	0.61
ceronda	2800	Tr=200 anni	740.00	252.41	258.00	256.61	258.08	0.000587	1.55	698.58	382.88	0.28
ceronda	2800	tr circa 100 ann	650.00	252.41	257.93	256.33	257.99	0.000506	1.42	671.17	379.71	0.26
ceronda	2600	Tr= 5 anni	400.00	252.08	256.16	254.68	256.54	0.001808	2.71	147.46	42.14	0.46
ceronda	2600	Tr=200 anni	740.00	252.08	257.71	255.81	257.97	0.001078	2.56	469.67	339.28	0.37
ceronda	2600	tr circa 100 ann	650.00	252.08	257.27	255.54	257.84	0.002022	3.33	195.30	43.97	0.50
ceronda	2570		Bridge									
ceronda	2550	Tr= 5 anni	400.00	252.08	256.04	254.68	256.44	0.002028	2.82	142.08	41.93	0.49
ceronda	2550	Tr=200 anni	740.00	252.08	257.65	255.80	257.93	0.001177	2.65	448.79	335.13	0.39
ceronda	2550	tr circa 100 ann	650.00	252.08	257.03	255.54	257.66	0.002391	3.52	184.79	43.57	0.55
ceronda	2500	Tr= 5 anni	400.00	251.65	255.50	254.61	256.06	0.003076	3.33	120.50	43.57	0.62
ceronda	2500	Tr=200 anni	740.00	251.65	256.57	255.82	257.57	0.003851	4.44	168.59	45.86	0.73
ceronda	2500	tr circa 100 ann	650.00	251.65	256.33	255.54	257.21	0.003646	4.17	157.46	45.34	0.70
ceronda	2400	Tr= 5 anni	400.00	251.85	255.08	254.40	255.72	0.003540	3.59	117.31	53.00	0.67
ceronda	2400	Tr=200 anni	740.00	251.85	256.12	255.63	257.17	0.004037	4.69	173.12	54.51	0.75
ceronda	2400	tr circa 100 ann	650.00	251.85	255.89	255.40	256.83	0.003853	4.41	160.87	54.19	0.72
ceronda	2300	Tr= 5 anni	400.00	251.44	254.60	253.92	255.16	0.003580	3.32	120.62	49.91	0.66
ceronda	2300	Tr=200 anni	740.00	251.44	255.71	255.15	256.52	0.003582	4.05	196.34	75.22	0.70
ceronda	2300	tr circa 100 ann	650.00	251.44	255.46	254.78	256.21	0.003616	3.90	177.23	73.94	0.69
ceronda	2200	Tr= 5 anni	400.00	250.51	253.84		254.25	0.002270	2.86	143.99	69.18	0.54
ceronda	2200	Tr=200 anni	740.00	250.51	255.07		255.63	0.002047	3.46	243.73	85.52	0.55
ceronda	2200	tr circa 100 ann	650.00	250.51	254.78		255.31	0.002083	3.32	219.78	85.09	0.54
ceronda	2100	Tr= 5 anni	400.00	249.66	253.45		253.90	0.002289	2.95	138.01	60.88	0.54
ceronda	2100	Tr=200 anni	740.00	249.66	254.55		255.26	0.002706	3.81	211.18	77.02	0.61
ceronda	2100	tr circa 100 ann	650.00	249.66	254.31		254.95	0.002592	3.60	194.07	70.21	0.59
ceronda	2000	Tr= 5 anni	400.00	249.35	253.19		253.56	0.001930	2.78	165.50	79.35	0.50
ceronda	2000	Tr=200 anni	740.00	249.35	254.47		254.86	0.001523	3.08	308.19	120.12	0.47
ceronda	2000	tr circa 100 ann	650.00	249.35	254.18		254.57	0.001592	3.01	274.20	120.12	0.48
ceronda	1900	Tr= 5 anni	400.00	249.47	253.17	251.96	253.44	0.001450	2.44	191.83	99.83	0.44
ceronda	1900	Tr=200 anni	740.00	249.47	254.44	253.08	254.77	0.001205	2.79	333.66	118.43	0.42
ceronda	1900	tr circa 100 ann	650.00	249.47	254.17	252.87	254.48	0.001224	2.69	300.86	116.34	0.42
ceronda	1800	Tr= 5 anni	400.00	248.85	252.85	251.46	253.20	0.001721	2.64	155.99	94.17	0.47
ceronda	1800	Tr=200 anni	740.00	248.85	254.15	252.57	254.57	0.001448	3.03	295.26	108.56	0.46
ceronda	1800	tr circa 100 ann	650.00	248.85	253.87	252.31	254.27	0.001474	2.93	264.94	108.56	0.46
ceronda	1700	Tr= 5 anni	400.00	248.24	252.43	251.33	252.89	0.002383	3.00	133.54	92.78	0.55
ceronda	1700	Tr=200 anni	740.00	248.24	253.86	252.48	254.32	0.001815	3.17	285.68	174.00	0.51
ceronda	1700	tr circa 100 ann	650.00	248.24	253.52	252.19	254.00	0.002058	3.18	244.49	174.00	0.53
ceronda	1500	Tr= 5 anni	400.00	248.88	252.29	251.20	252.63	0.002054	2.63	159.03	113.31	0.51
ceronda	1500	Tr=200 anni	740.00	248.88	253.97	252.29	254.12	0.000676	1.80	459.43	174.00	0.30
ceronda	1500	tr circa 100 ann	650.00	248.88	253.43	252.03	253.78	0.001598	2.73	265.37	143.92	0.47
ceronda	1400	Tr= 5 anni	400.00	249.23	252.06	251.12	252.43	0.002287	2.69	148.59	77.38	0.53
ceronda	1400	Tr=200 anni	740.00	249.23	253.47	252.04	253.98	0.002412	3.18	232.87	95.84	0.56
ceronda	1400	tr circa 100 ann	650.00	249.23	253.12	251.82	253.60	0.002053	3.10	209.89	82.48	0.53

HEC-RAS Plan: Plan 18 River: cerconda Reach: ceronda (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ceronda	1300	Tr= 5 anni	400.00	248.85	251.90	250.97	252.29	0.002397	2.77	144.21	54.98	0.55
ceronda	1300	Tr=200 anni	740.00	248.85	253.29	251.93	253.84	0.002157	3.31	223.58	59.80	0.55
ceronda	1300	tr circa 100 ann	650.00	248.85	252.96	251.70	253.48	0.002179	3.18	204.47	58.67	0.54
ceronda	1280		Bridge									
ceronda	1270	Tr= 5 anni	400.00	248.85	251.84		252.24	0.002501	2.80	146.31	60.66	0.56
ceronda	1270	Tr=200 anni	740.00	248.85	253.25		253.77	0.002099	3.25	236.17	67.34	0.54
ceronda	1270	tr circa 100 ann	650.00	248.85	252.92		253.41	0.002145	3.13	214.45	65.79	0.54
ceronda	1200	Tr= 5 anni	400.00	248.66	251.77	250.58	252.10	0.001787	2.54	157.58	54.05	0.47
ceronda	1200	Tr=200 anni	740.00	248.66	253.15	251.52	253.66	0.001794	3.17	233.72	56.24	0.50
ceronda	1200	tr circa 100 ann	650.00	248.66	252.83	251.29	253.30	0.001768	3.01	215.93	55.81	0.49
ceronda	1150	Tr= 5 anni	400.00	248.66	251.76		252.09	0.002160	2.55	160.94	71.13	0.48
ceronda	1150	Tr=200 anni	740.00	248.66	253.16		253.63	0.002021	3.08	265.07	75.64	0.48
ceronda	1150	tr circa 100 ann	650.00	248.66	252.84		253.27	0.002023	2.95	240.59	75.08	0.48
ceronda	1100	Tr= 5 anni	400.00	248.15	251.64		252.01	0.002103	2.69	149.77	48.69	0.48
ceronda	1100	Tr=200 anni	740.00	248.15	252.93		253.55	0.002278	3.49	223.96	63.12	0.53
ceronda	1100	tr circa 100 ann	650.00	248.15	252.64		253.19	0.002231	3.30	205.36	62.46	0.52
ceronda	1000	Tr= 5 anni	400.00	248.14	251.52		251.92	0.002370	2.80	149.58	64.22	0.51
ceronda	1000	Tr=200 anni	740.00	248.14	252.85		253.45	0.002281	3.51	236.64	66.65	0.54
ceronda	1000	tr circa 100 ann	650.00	248.14	252.55		253.10	0.002257	3.33	216.79	66.11	0.53
ceronda	900	Tr= 5 anni	400.00	247.70	251.56		251.78	0.001173	2.17	243.77	104.92	0.37
ceronda	900	Tr=200 anni	740.00	247.70	252.97		253.28	0.001128	2.66	395.53	109.88	0.38
ceronda	900	tr circa 100 ann	650.00	247.70	252.65		252.94	0.001119	2.53	360.53	108.76	0.38
ceronda	800	Tr= 5 anni	400.00	248.03	251.38		251.72	0.001939	2.62	162.72	61.68	0.47
ceronda	800	Tr=200 anni	740.00	248.03	252.65		253.21	0.002068	3.39	242.76	63.95	0.51
ceronda	800	tr circa 100 ann	650.00	248.03	252.37		252.87	0.001997	3.19	224.96	63.45	0.50
ceronda	700	Tr= 5 anni	400.00	247.68	251.40		251.58	0.000930	1.94	251.76	104.02	0.33
ceronda	700	Tr=200 anni	740.00	247.68	252.76		253.03	0.000963	2.45	396.13	111.78	0.35
ceronda	700	tr circa 100 ann	650.00	247.68	252.46		252.71	0.000938	2.32	363.17	107.34	0.35
ceronda	600	Tr= 5 anni	400.00	247.46	251.38		251.53	0.000739	1.80	283.54	102.79	0.30
ceronda	600	Tr=200 anni	740.00	247.46	252.73		252.98	0.000866	2.39	426.50	119.94	0.34
ceronda	600	tr circa 100 ann	650.00	247.46	252.44		252.65	0.000790	2.20	393.20	108.83	0.32
ceronda	550	Tr= 5 anni	400.00	247.49	251.28		251.46	0.000947	1.93	226.81	73.13	0.33
ceronda	550	Tr=200 anni	740.00	247.49	252.57		252.89	0.001104	2.56	324.60	76.47	0.37
ceronda	550	tr circa 100 ann	650.00	247.49	252.29		252.57	0.001051	2.40	302.84	76.38	0.36
ceronda	500	Tr= 5 anni	400.00	246.81	251.14		251.38	0.001118	2.21	203.48	71.93	0.36
ceronda	500	Tr=200 anni	740.00	246.81	252.37		252.80	0.001411	2.99	301.06	81.20	0.42
ceronda	500	tr circa 100 ann	650.00	246.81	252.10		252.48	0.001324	2.79	279.47	80.89	0.41
ceronda	400	Tr= 5 anni	400.00	246.81	249.92	249.92	251.16	0.010128	4.94	81.65	37.32	0.99
ceronda	400	Tr=200 anni	740.00	246.81	251.34	251.34	252.59	0.006209	5.21	167.86	69.13	0.83
ceronda	400	tr circa 100 ann	650.00	246.81	251.09	251.09	252.28	0.006295	5.02	150.76	68.33	0.83
ceronda	300	Tr= 5 anni	400.00	245.17	248.12	248.76	250.45	0.023848	6.77	59.11	28.17	1.49
ceronda	300	Tr=200 anni	740.00	245.17	249.65	250.44	252.09	0.014104	7.00	112.08	48.96	1.21
ceronda	300	tr circa 100 ann	650.00	245.17	249.29	250.14	251.76	0.015594	6.97	95.03	45.86	1.26
ceronda	200	Tr= 5 anni	400.00	246.05	249.15	248.56	249.67	0.004620	3.19	125.24	54.65	0.67
ceronda	200	Tr=200 anni	740.00	246.05	250.27	249.50	251.07	0.004398	3.96	186.81	55.19	0.69
ceronda	200	tr circa 100 ann	650.00	246.05	250.00	249.28	250.73	0.004428	3.78	171.84	55.12	0.68
ceronda	190		Bridge									
ceronda	180	Tr= 5 anni	400.00	246.05	248.24	248.56	249.61	0.020751	5.18	77.22	51.14	1.35
ceronda	180	Tr=200 anni	740.00	246.05	249.06	249.50	250.99	0.018028	6.15	120.24	54.60	1.32
ceronda	180	tr circa 100 ann	650.00	246.05	248.87	249.28	250.65	0.018177	5.92	109.83	53.30	1.32
ceronda	100	Tr= 5 anni	400.00	247.24	248.47	248.47	249.05	0.012401	3.38	118.33	102.94	1.01
ceronda	100	Tr=200 anni	740.00	247.24	249.06	249.06	249.92	0.010928	4.12	179.65	105.35	1.01
ceronda	100	tr circa 100 ann	650.00	247.24	248.91	248.91	249.71	0.011191	3.95	164.61	104.76	1.01

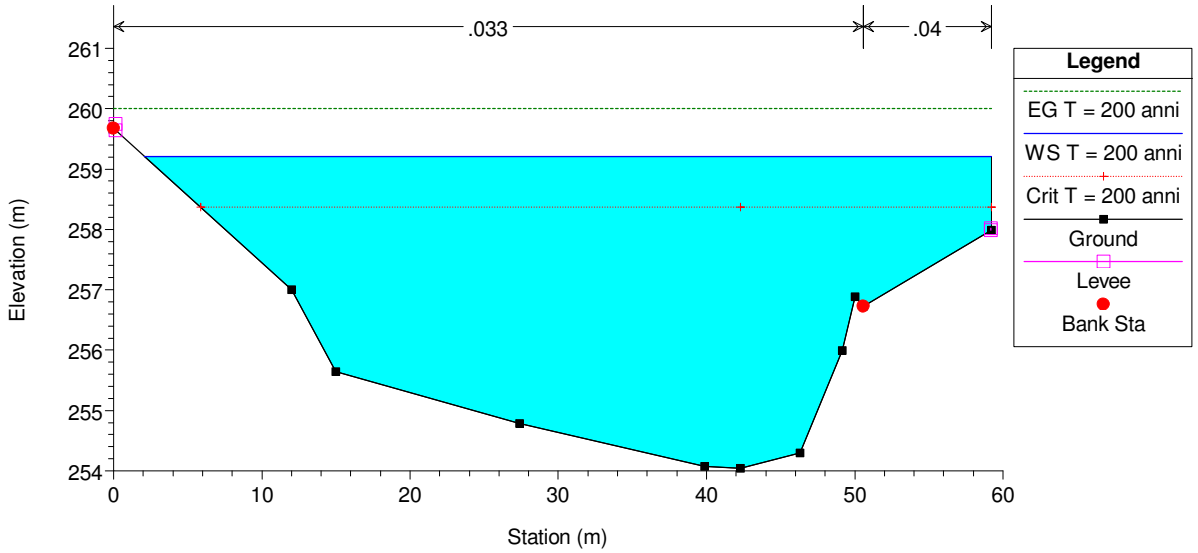
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012

64 A



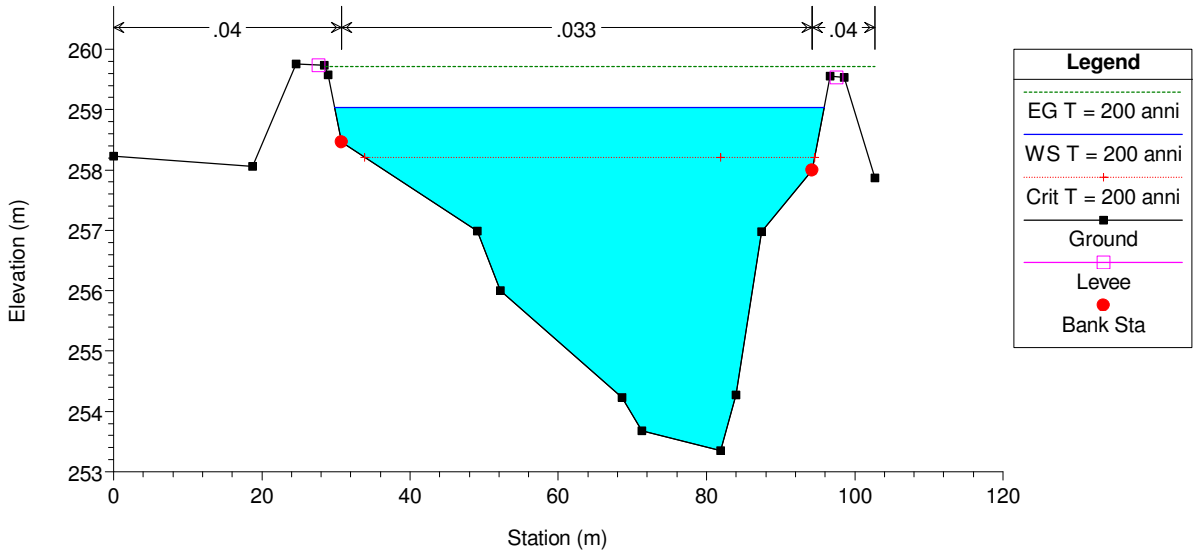
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012

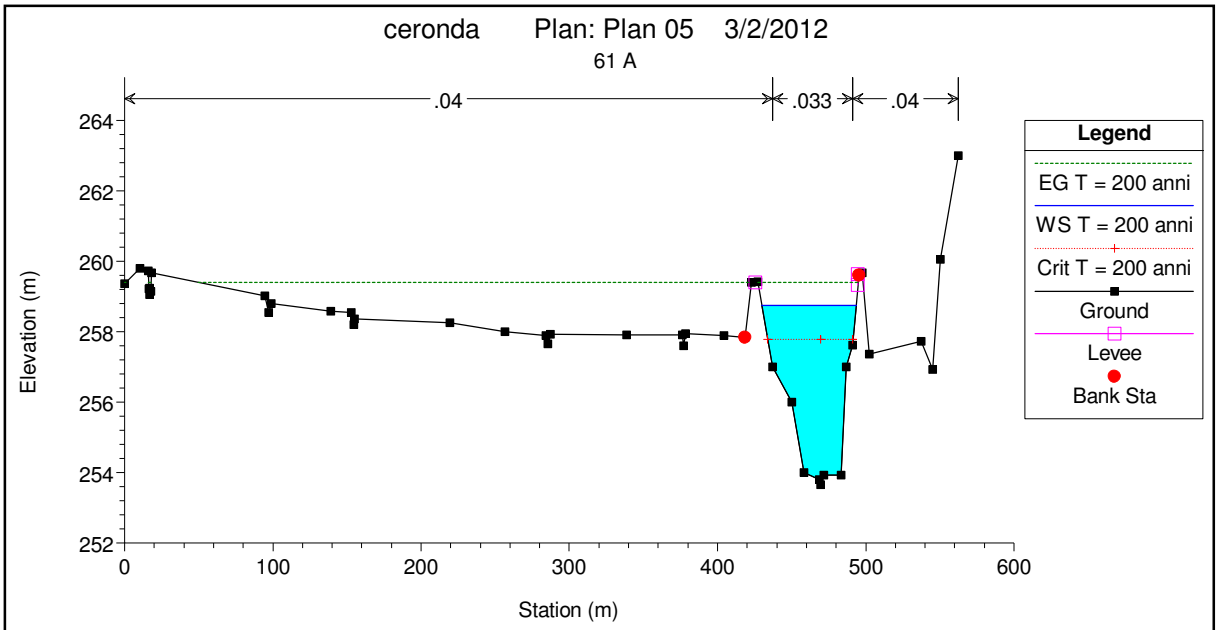
63 A

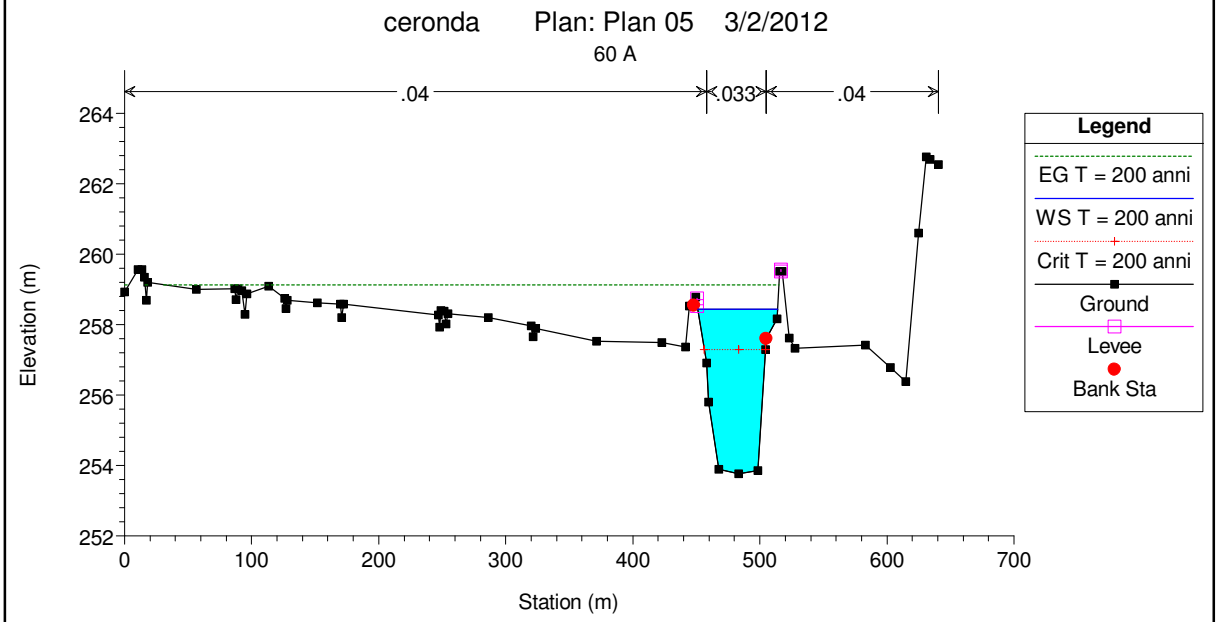


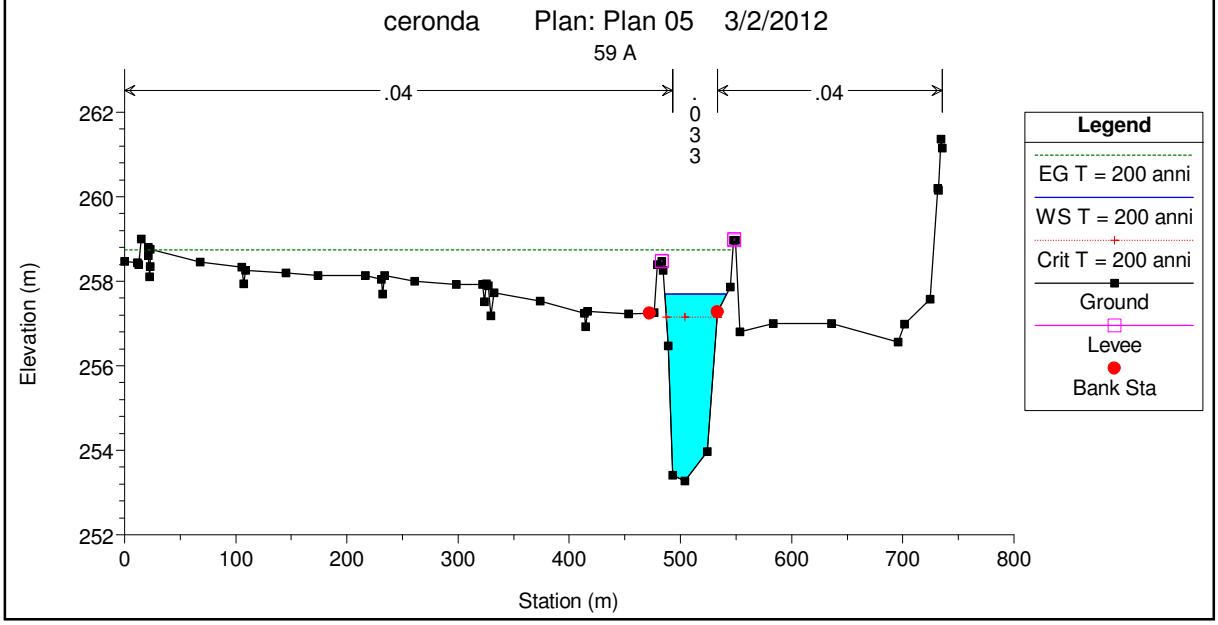
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012

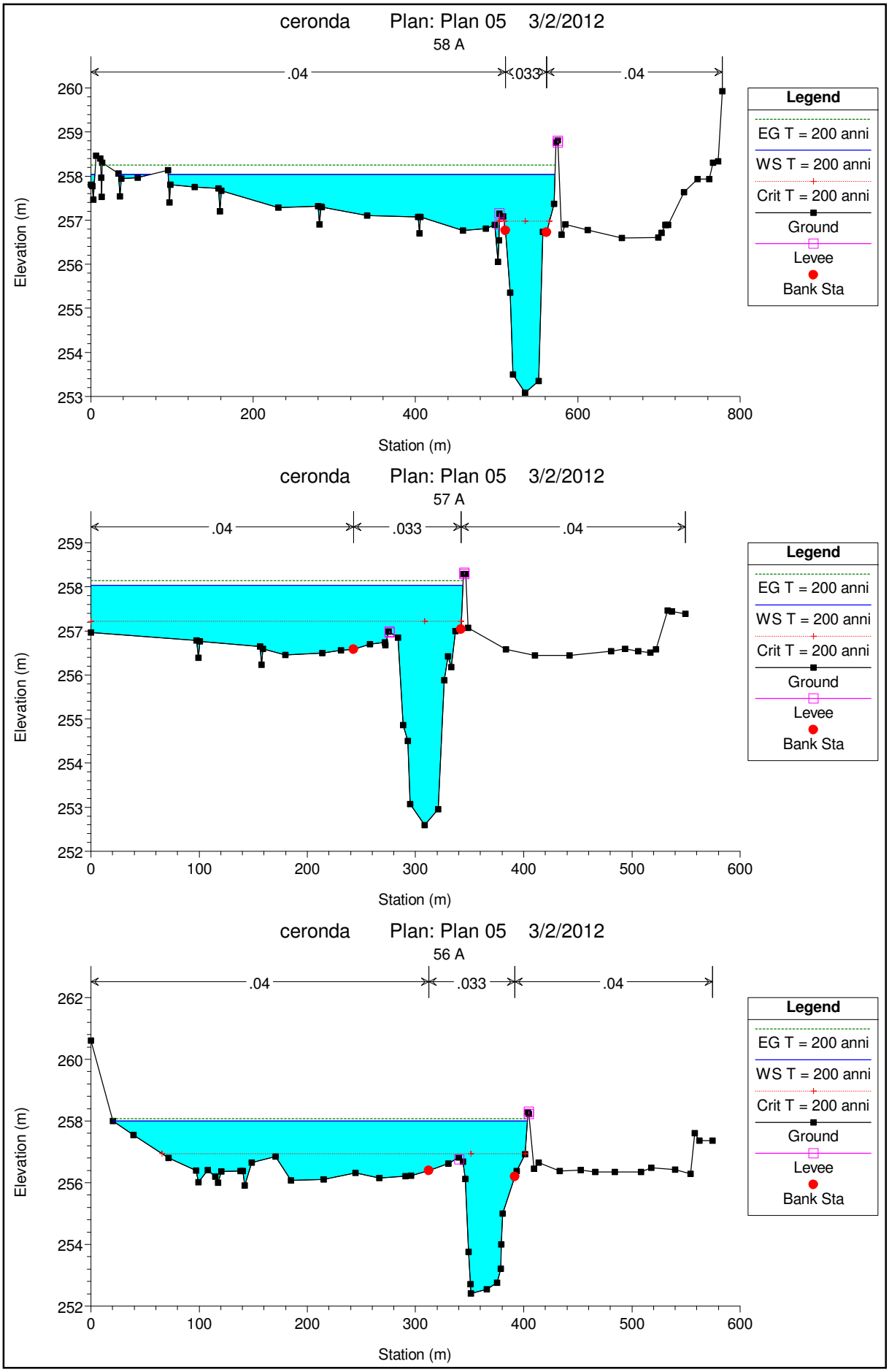
62 A

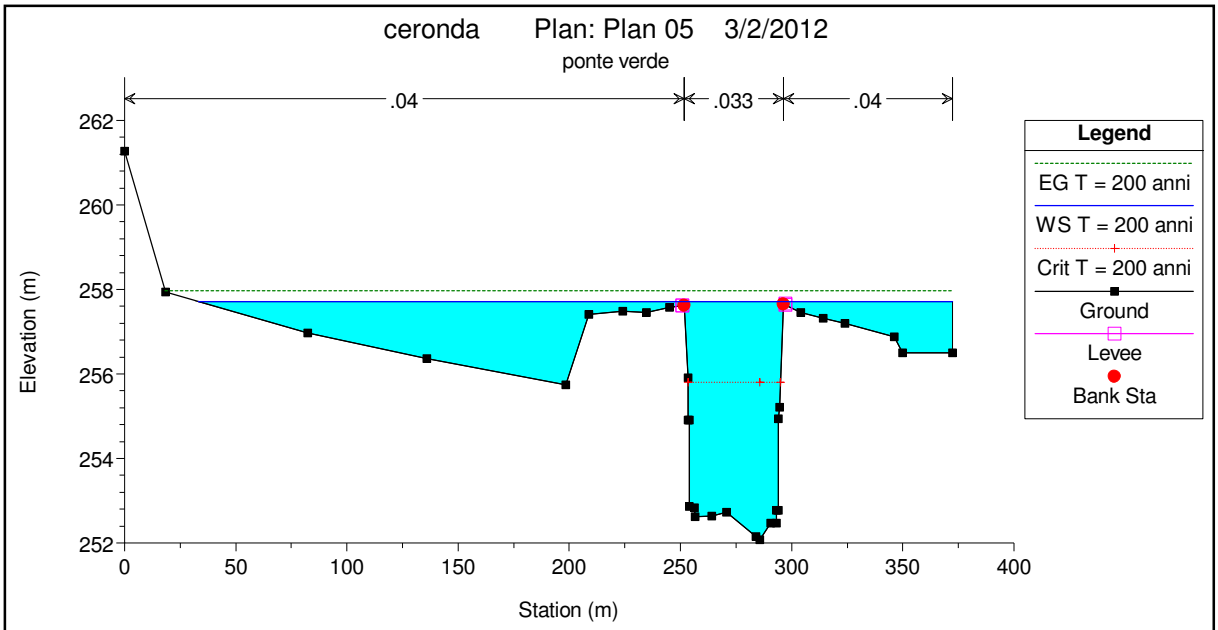


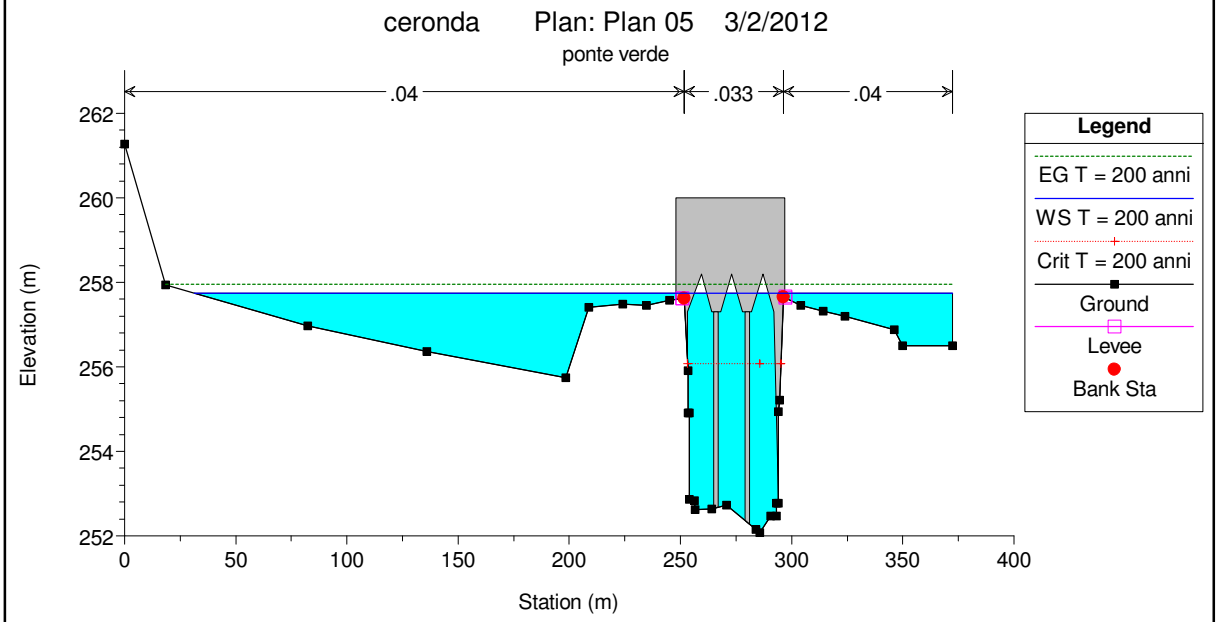

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
61 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

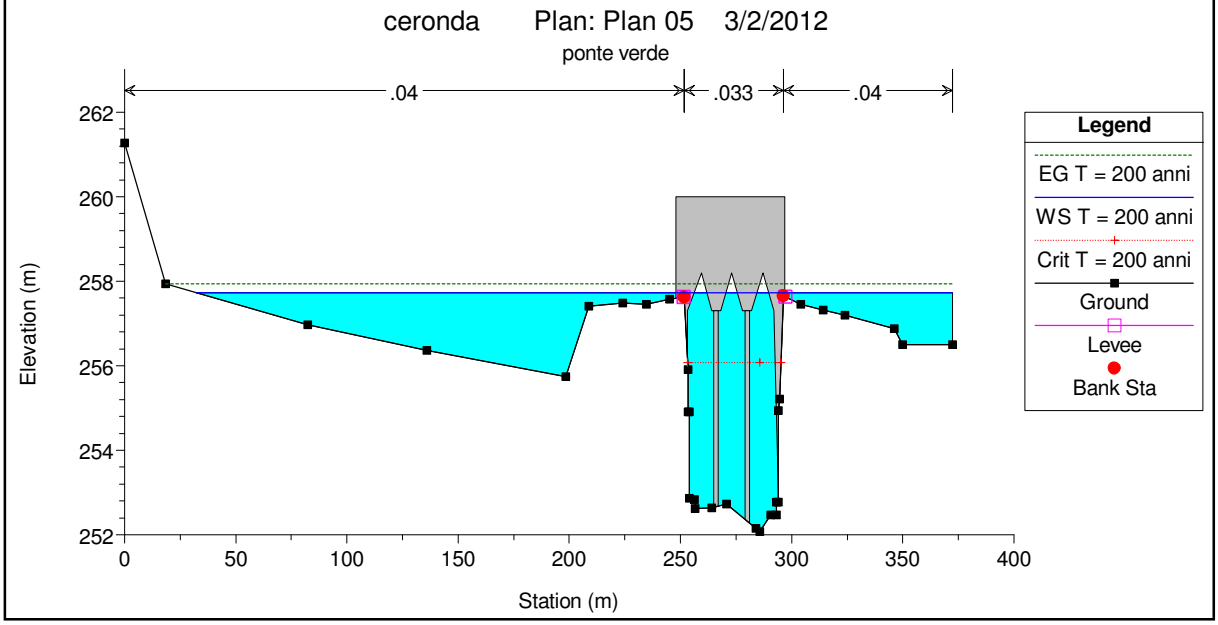

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
60 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

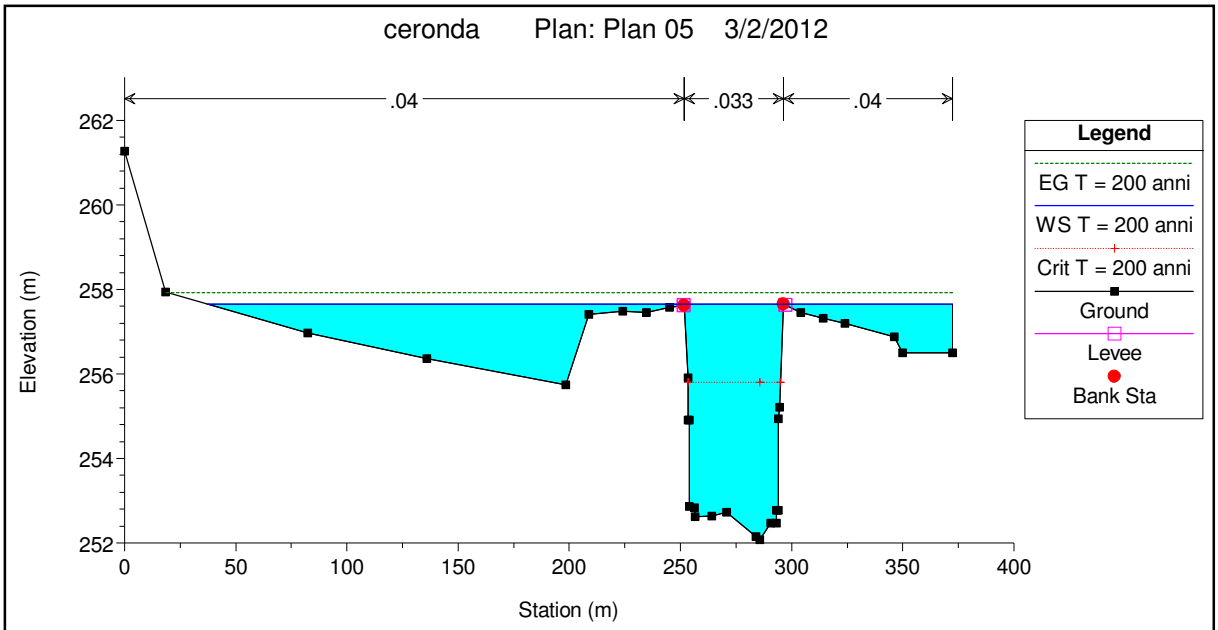

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
59 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

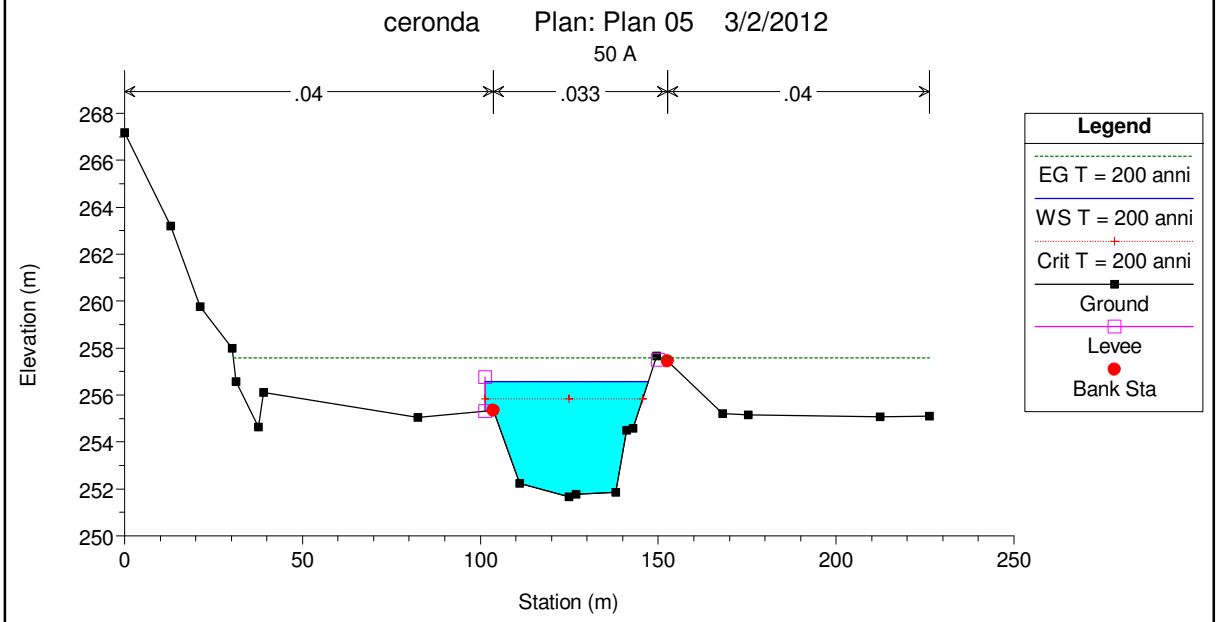

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
58 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
57 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
56 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

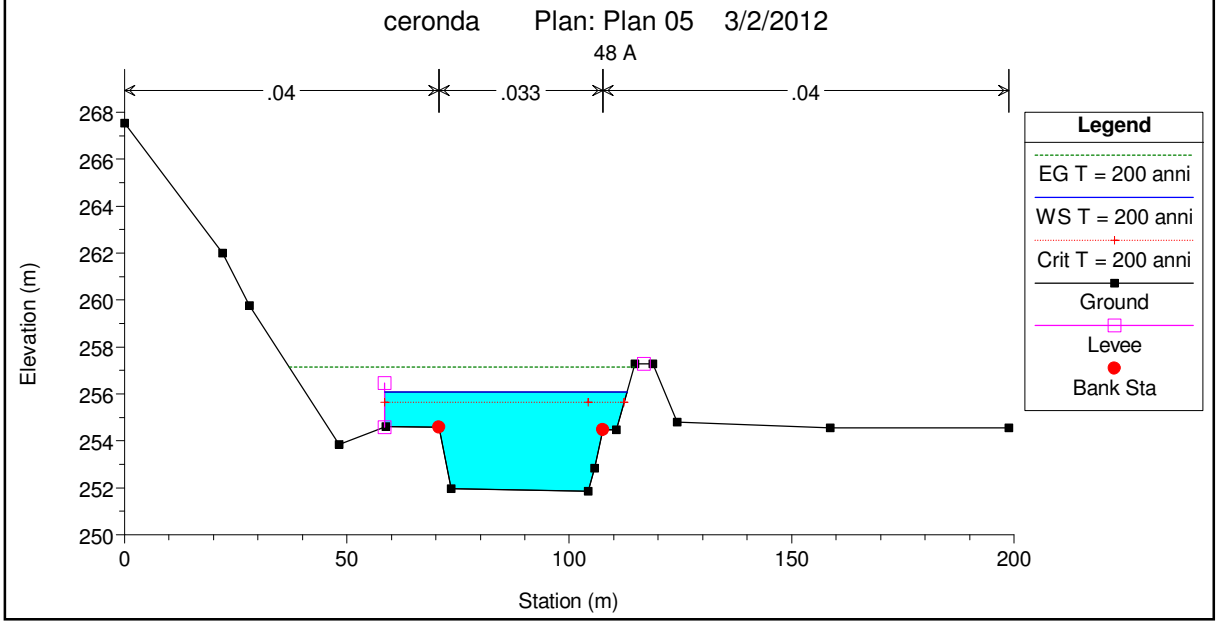

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
ponte verde
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

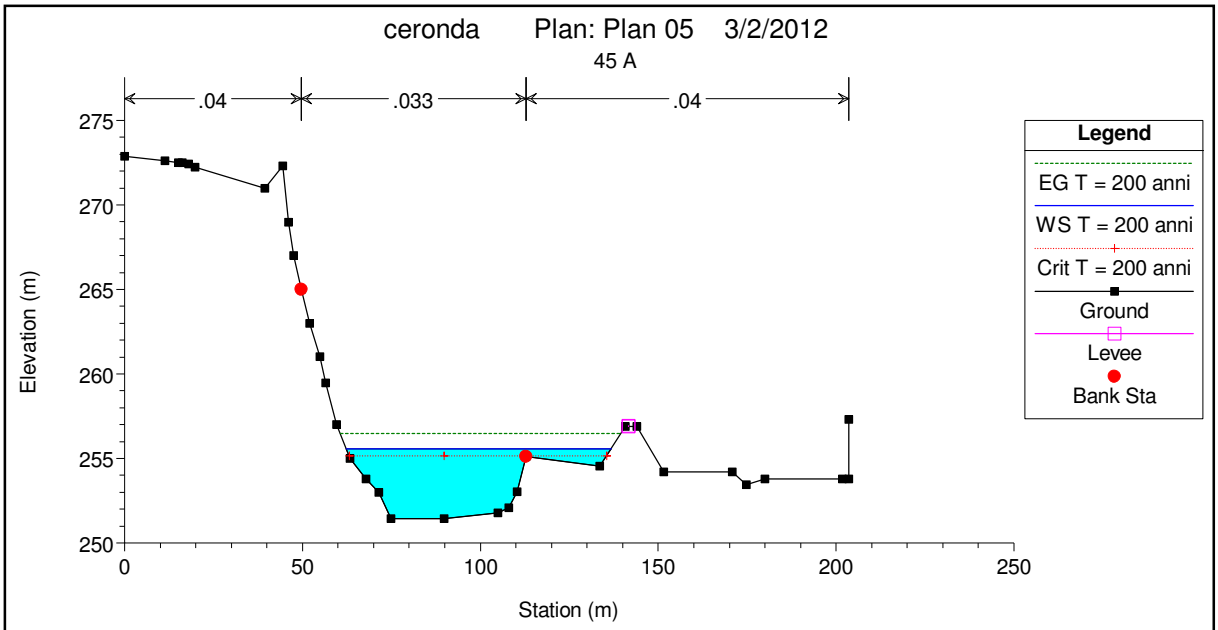

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
ponte verde
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

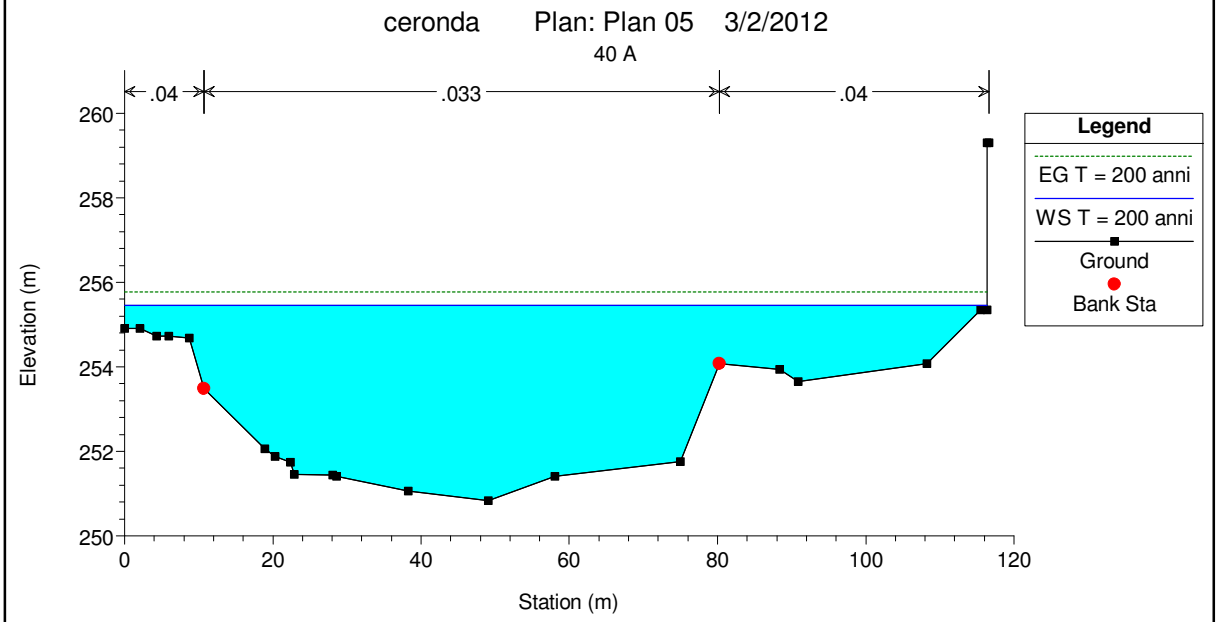

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
ponte verde
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

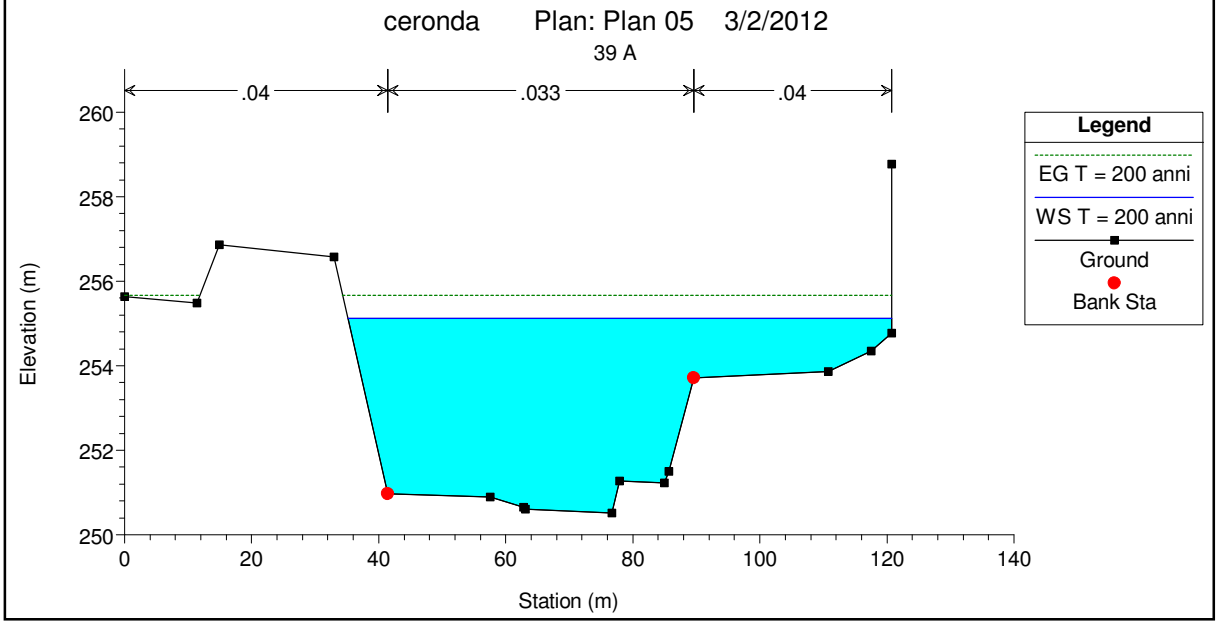

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

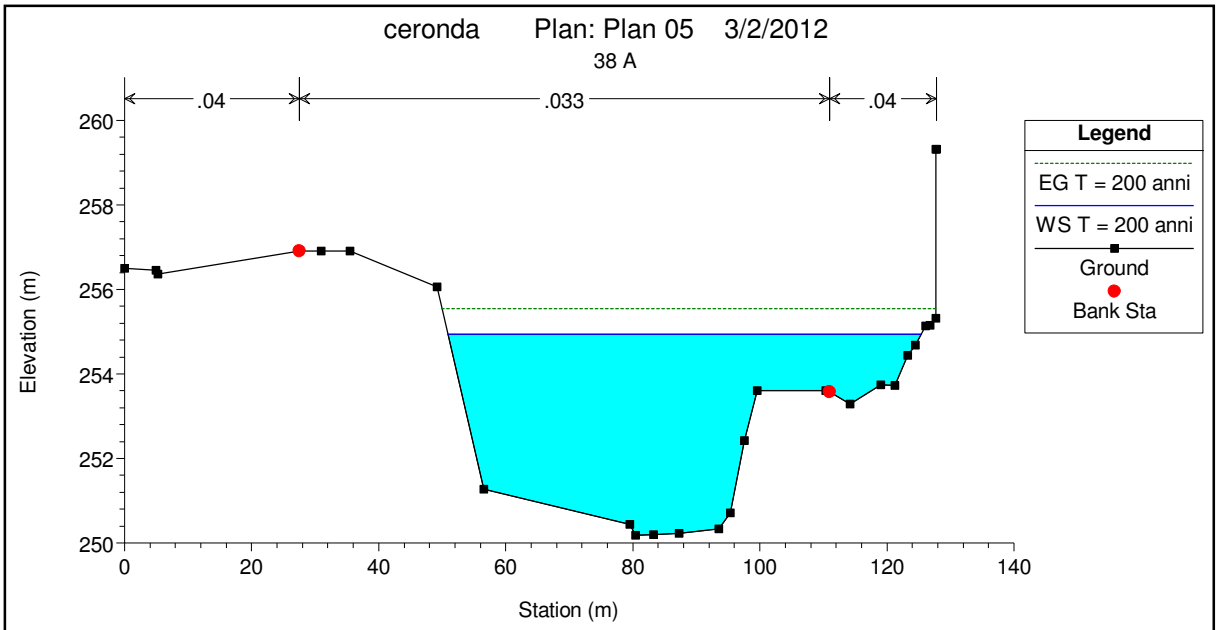

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
50 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

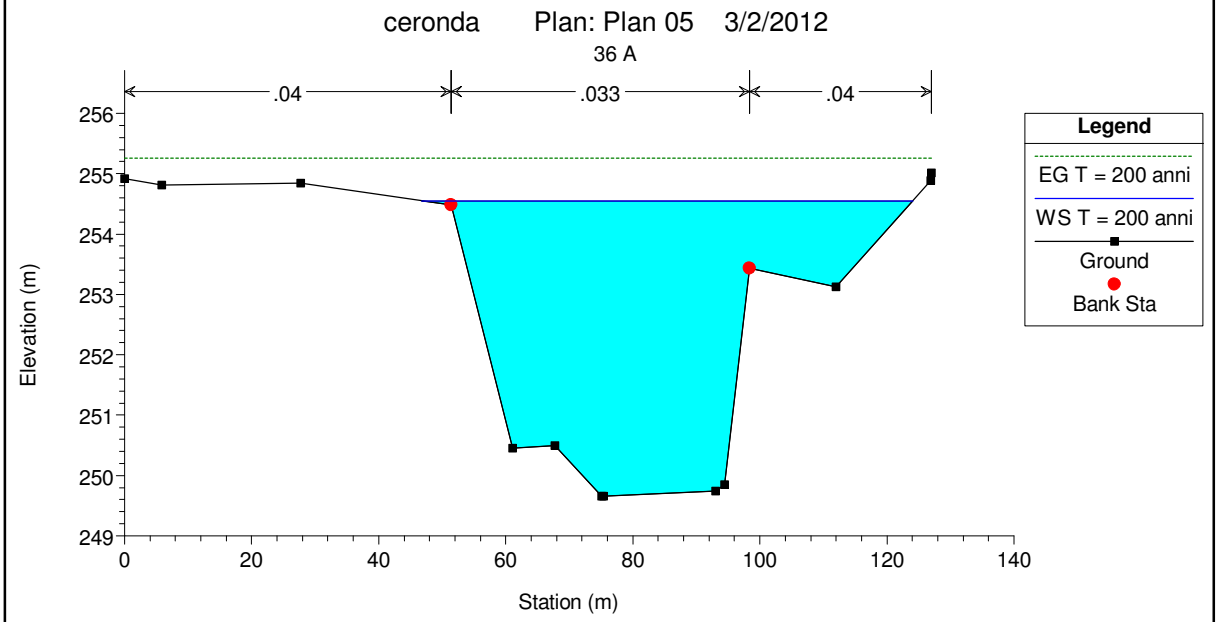

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
48 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

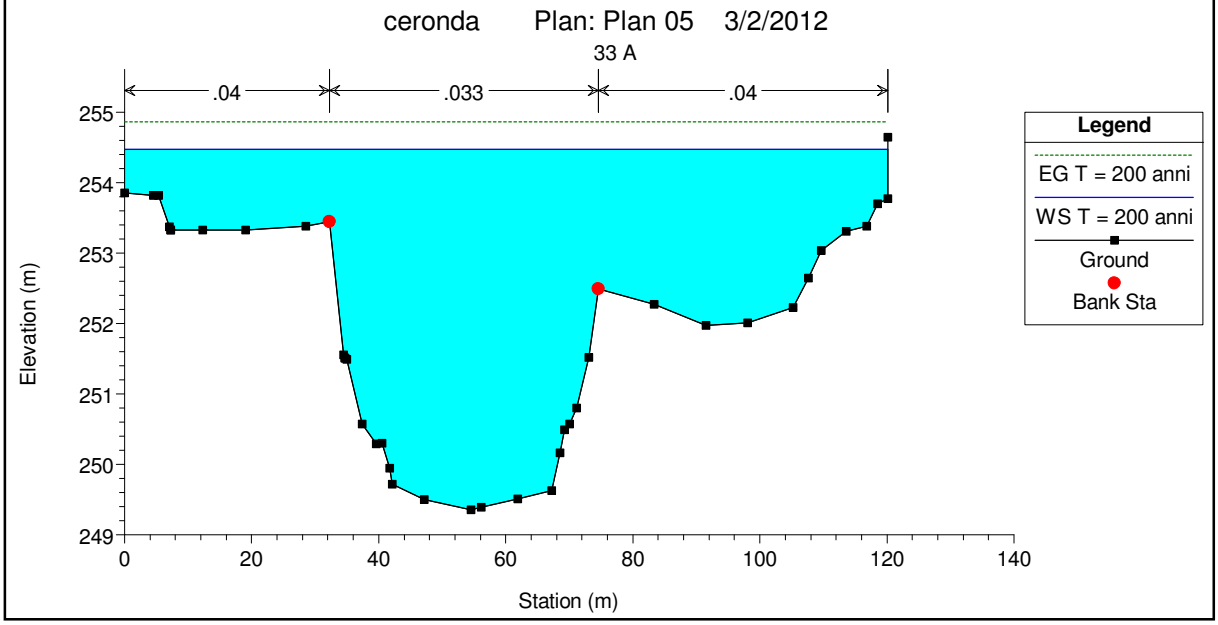

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
45 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

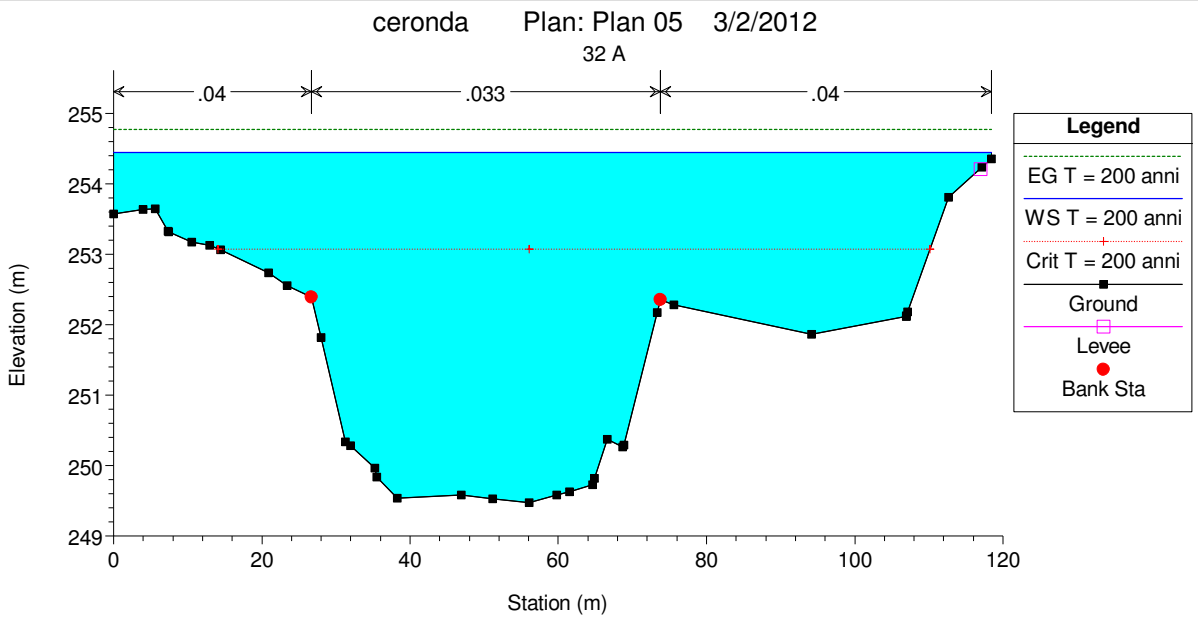

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
40 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

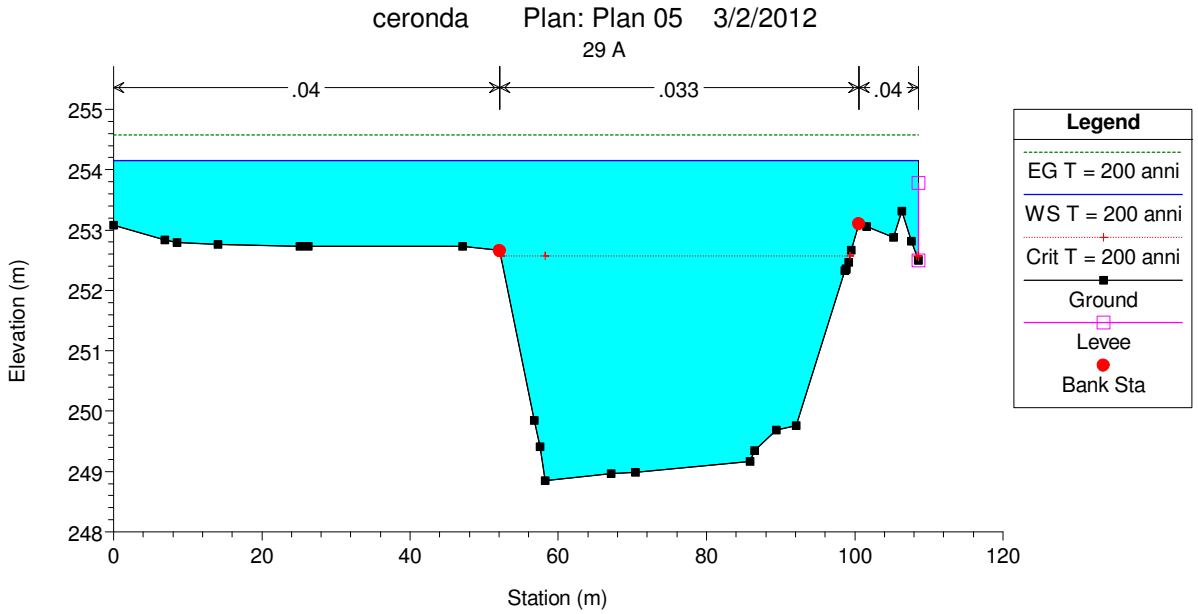

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
39 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

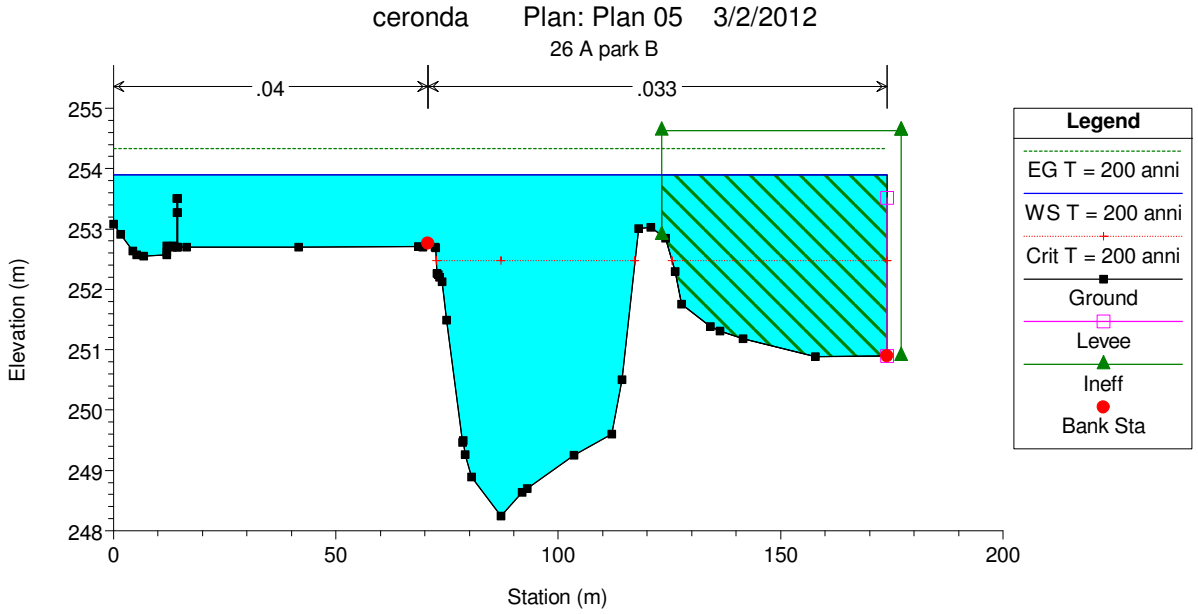

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
38 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

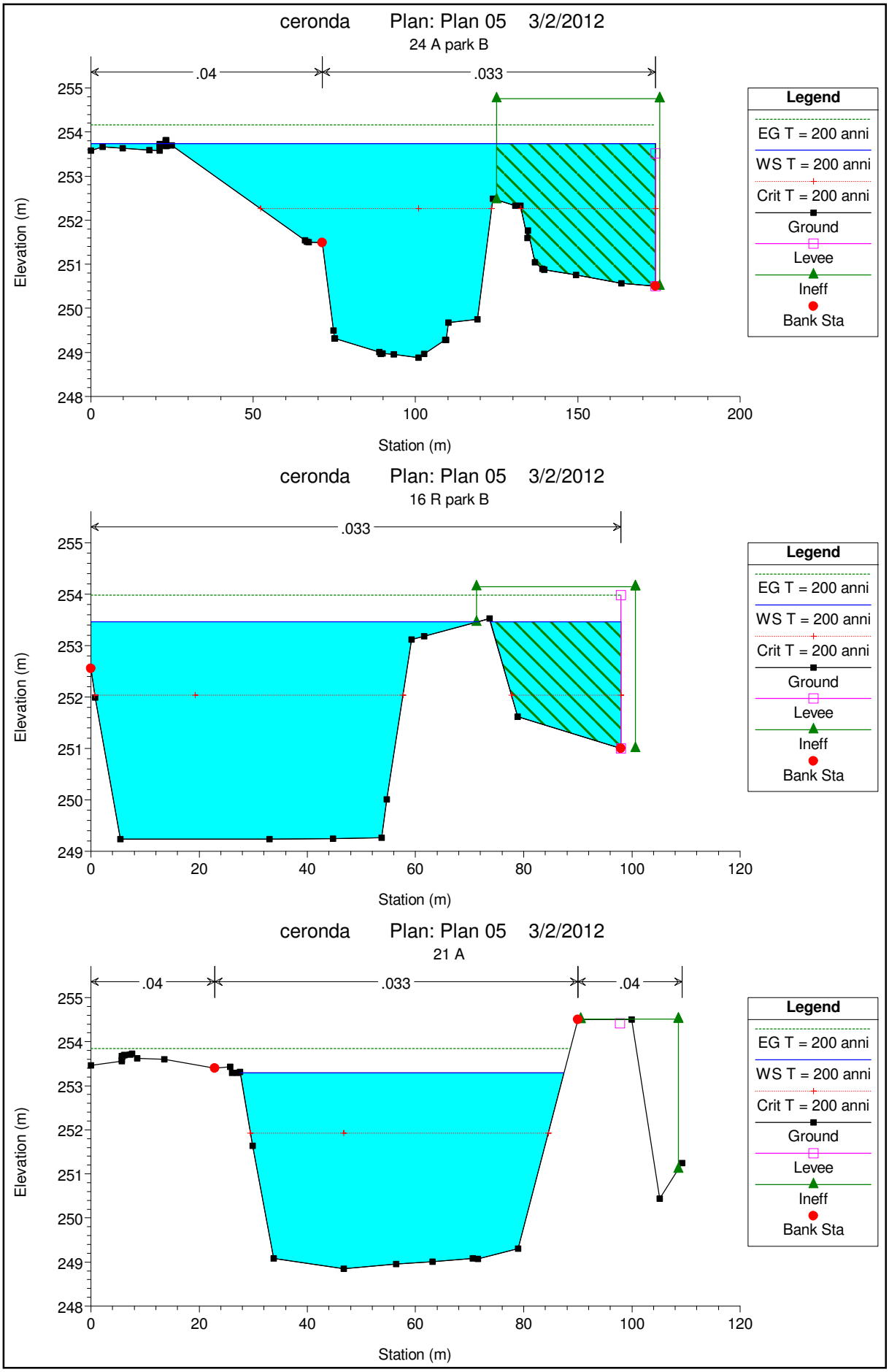

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
36 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

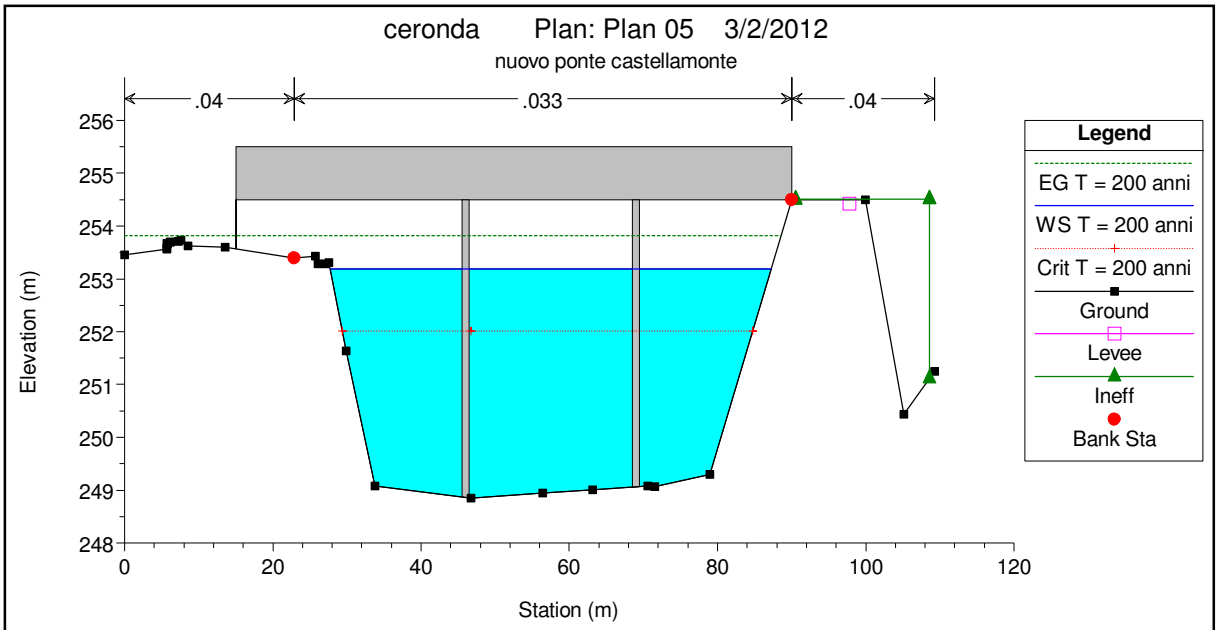

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
33 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

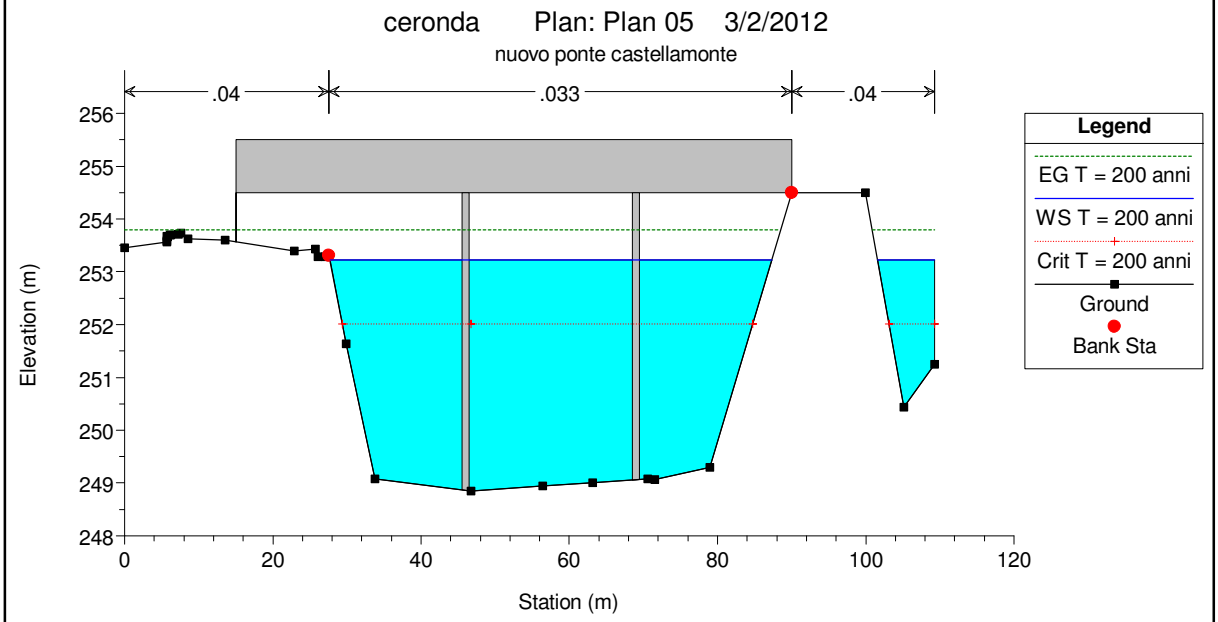

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
32 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

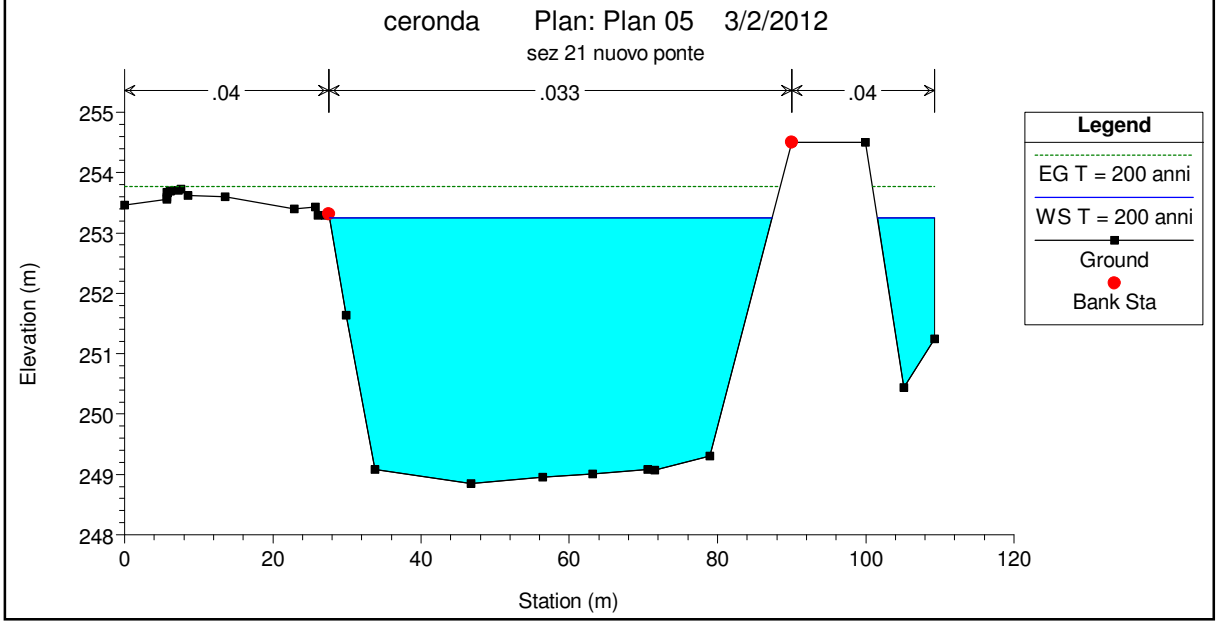

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
29 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

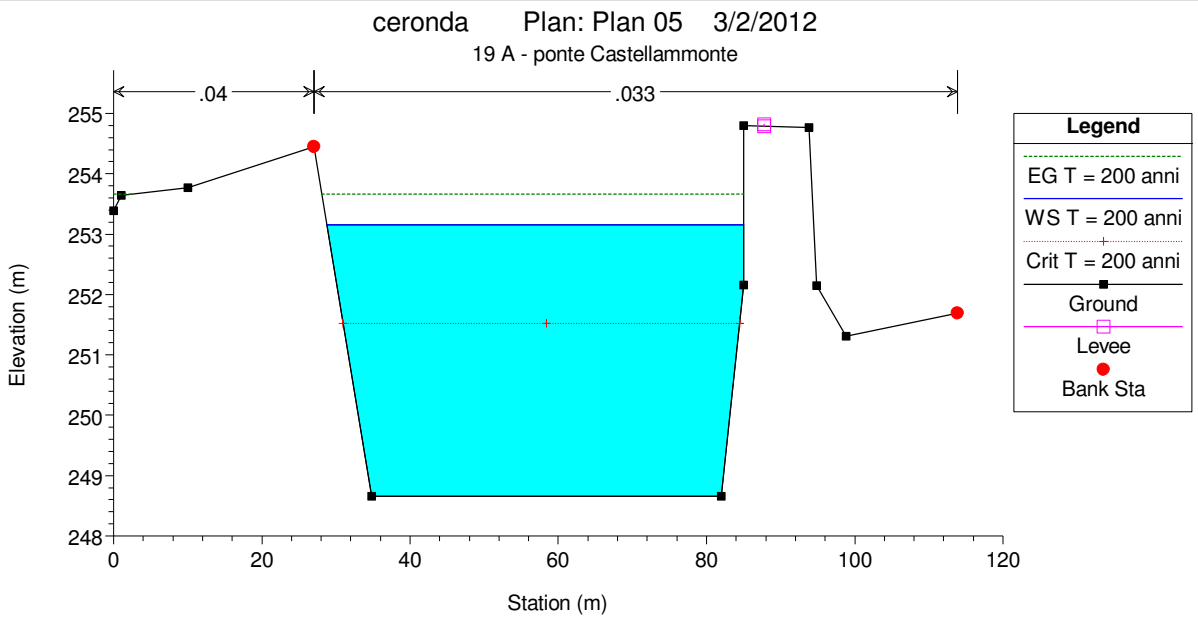

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
26 A park B
.04
.033
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Ineff
Bank Sta

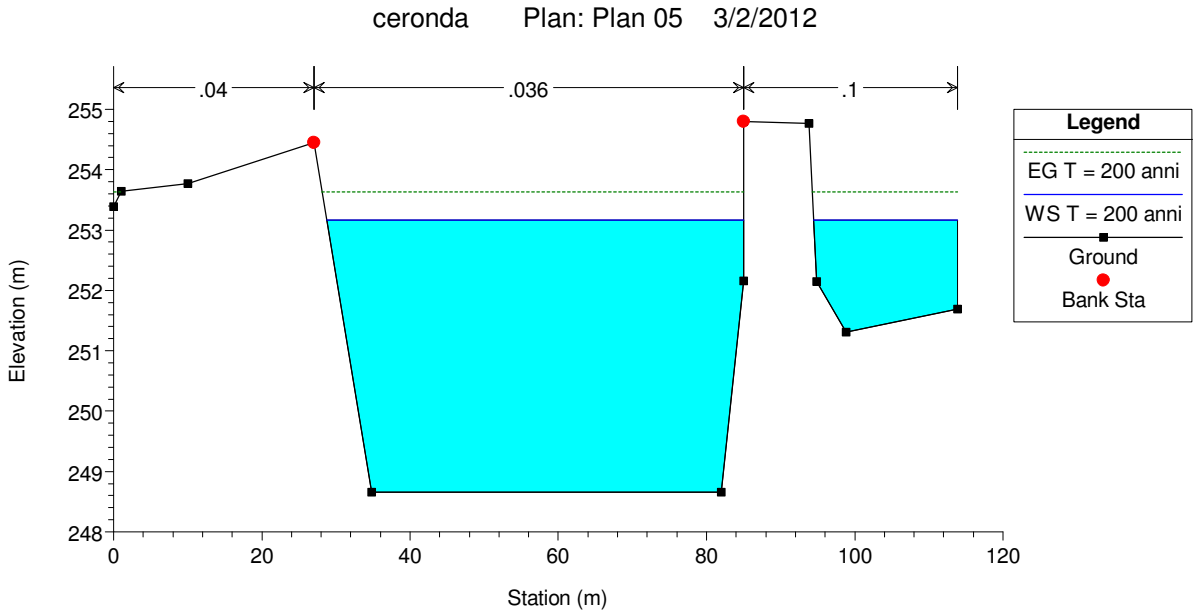

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
24 A park B
.04
.033
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Ineff
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
16 R park B
.033
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Ineff
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
21 A
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Ineff
Bank Sta

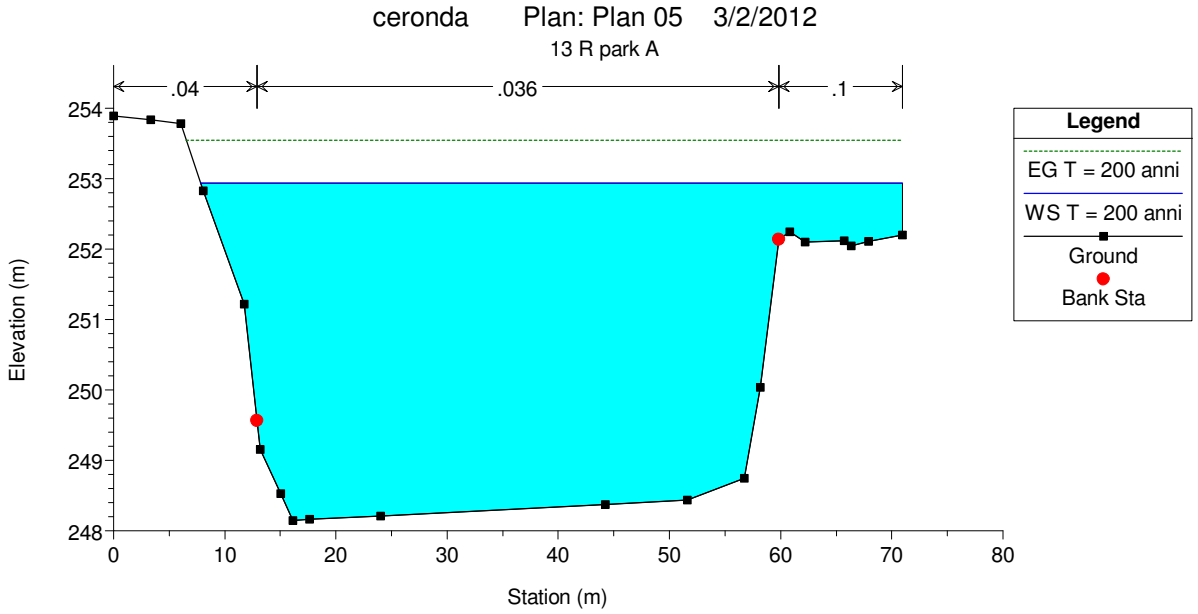

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
nuovo ponte castellamonte
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Ineff
Bank Sta

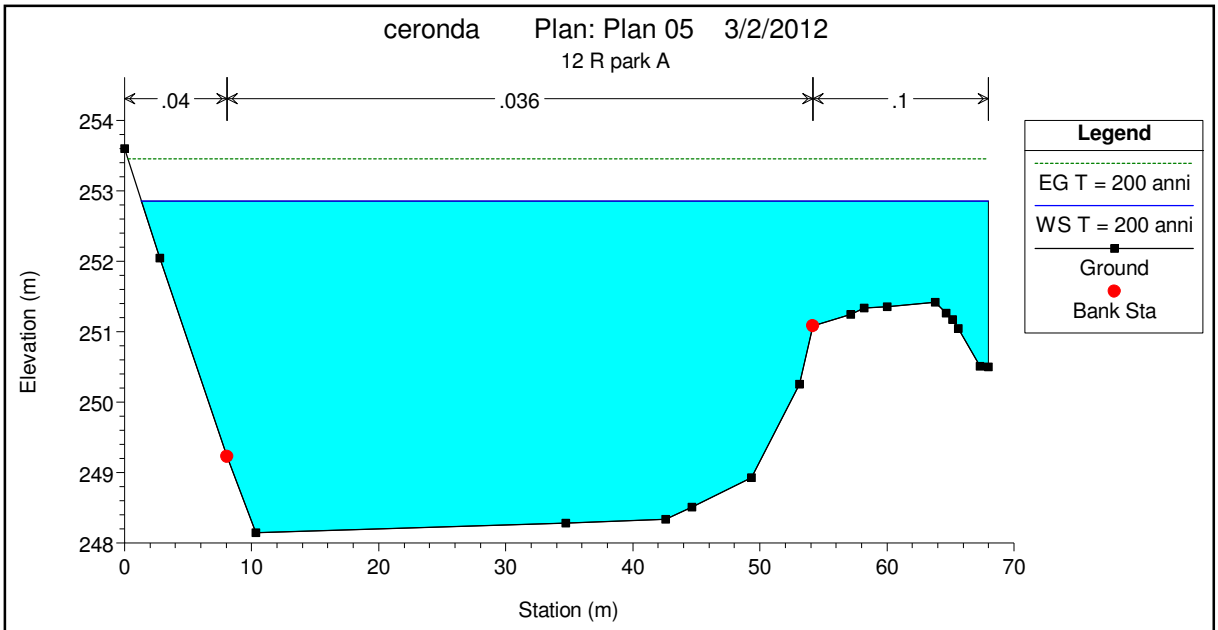

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
nuovo ponte castellamonte
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta

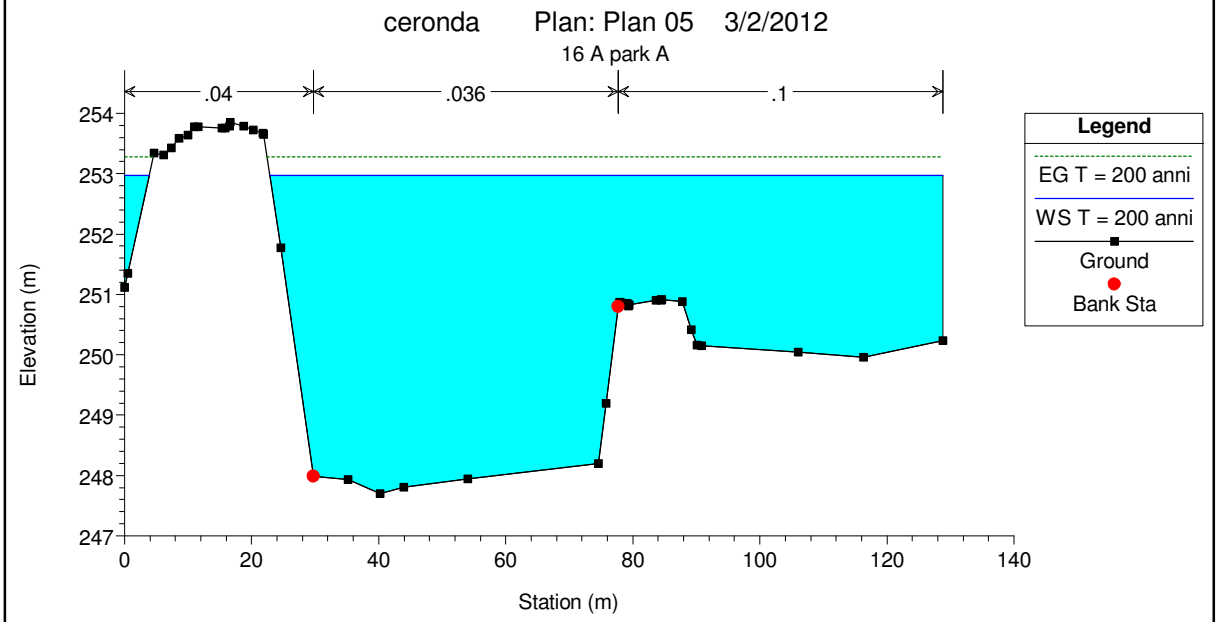

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
sez 21 nuovo ponte
.04
.033
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

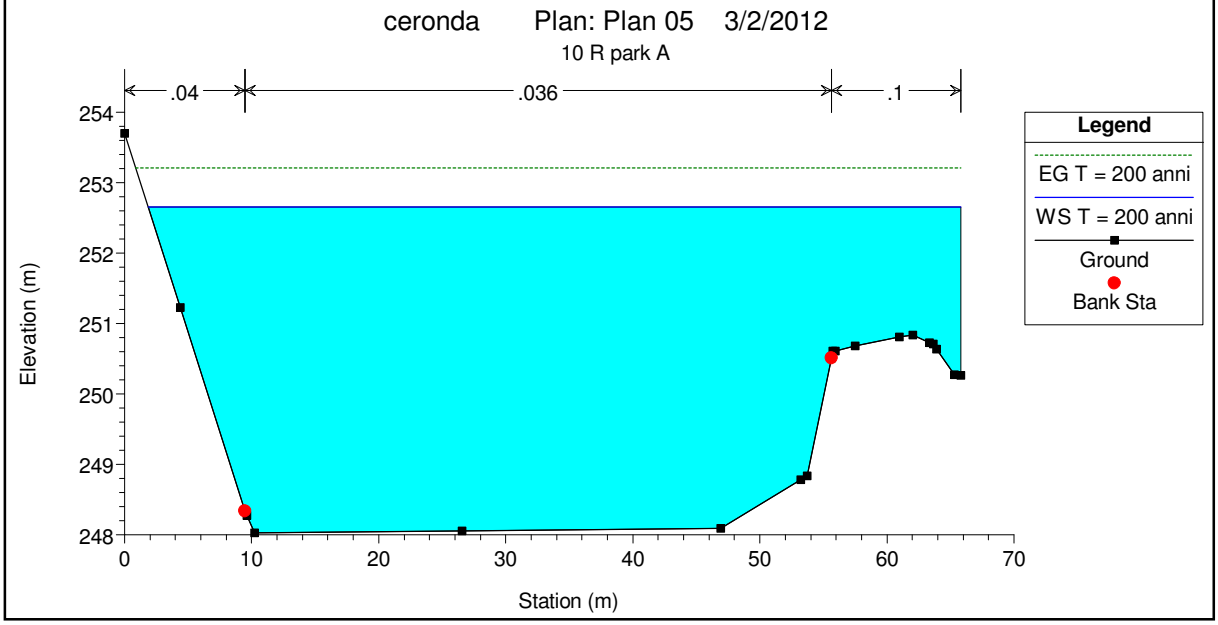

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
19 A - ponte Castellammonte
.04
.033
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Levee
Bank Sta

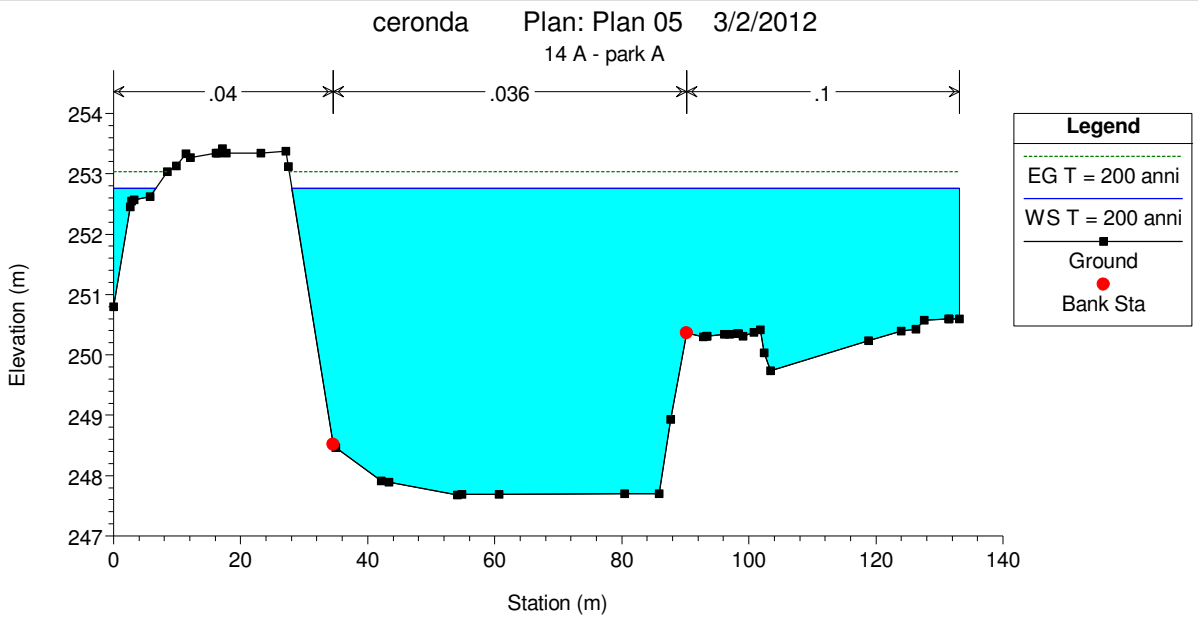

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

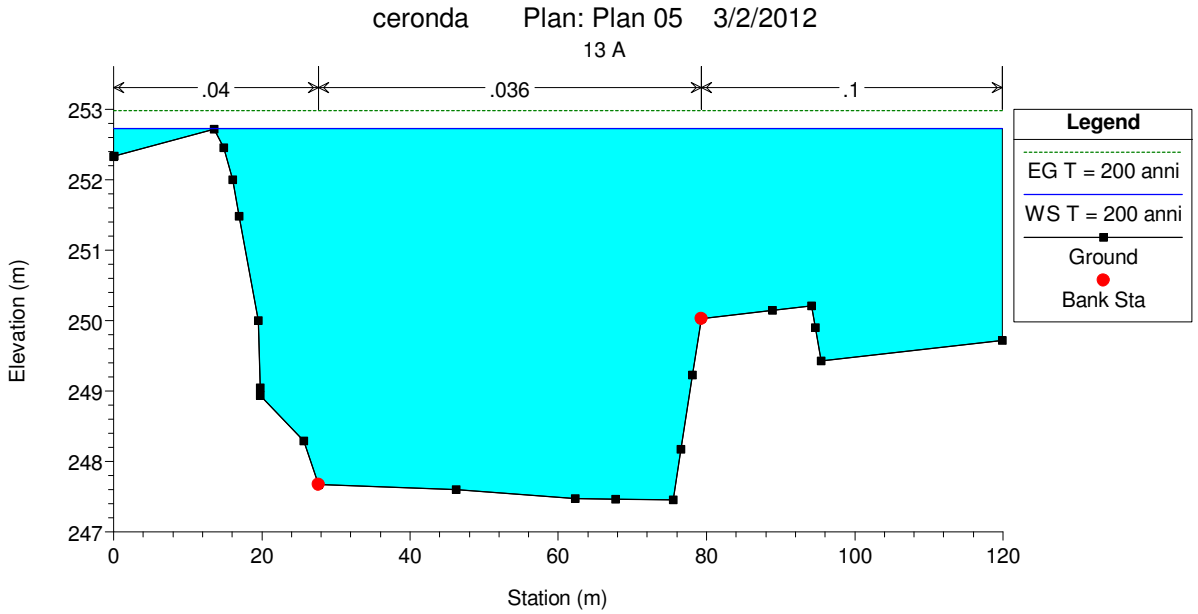

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
13 R park A
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

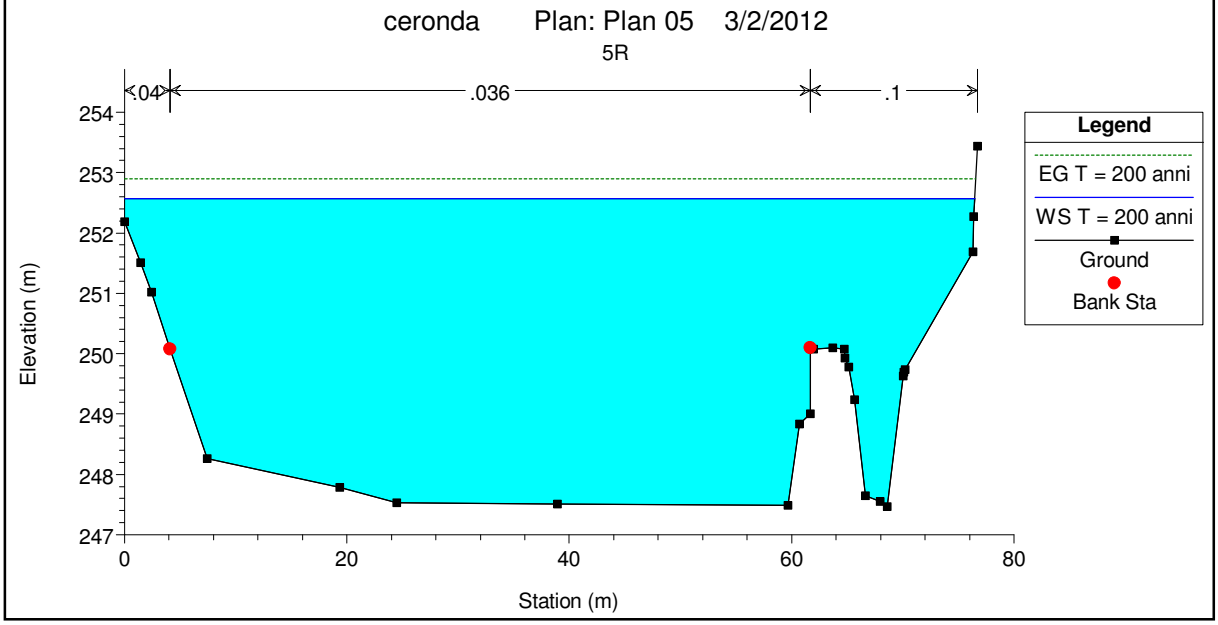

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
12 R park A
.04
.036
.1
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

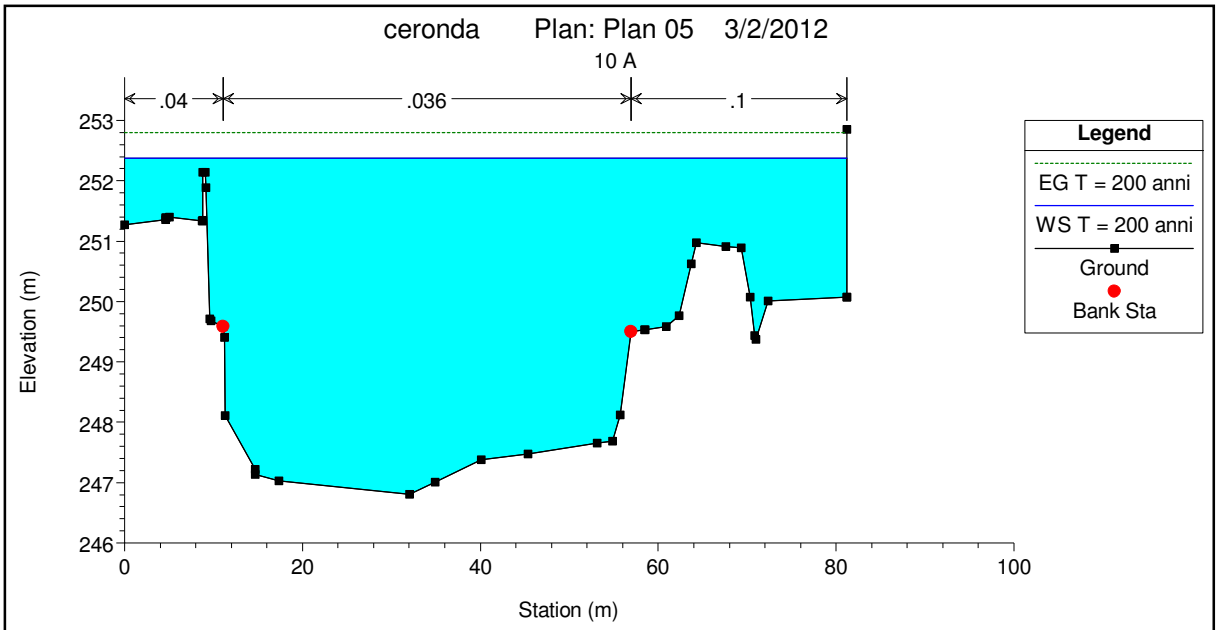

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
16 A park A
.04
.036
.1
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

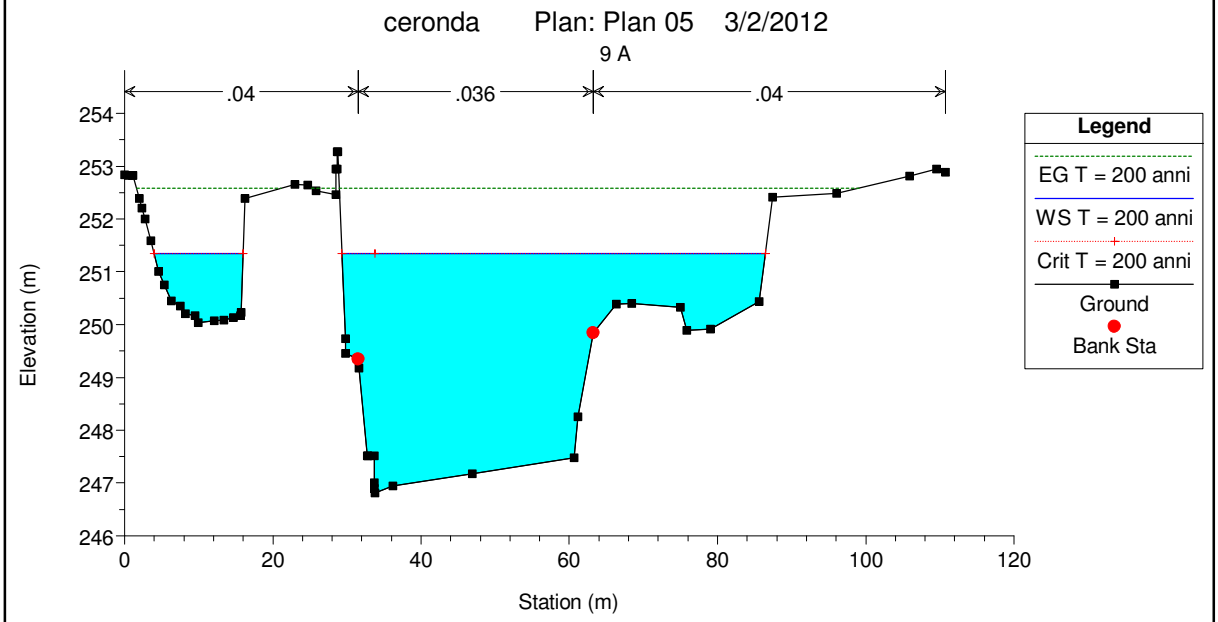

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
10 R park A
.04
.036
.1
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

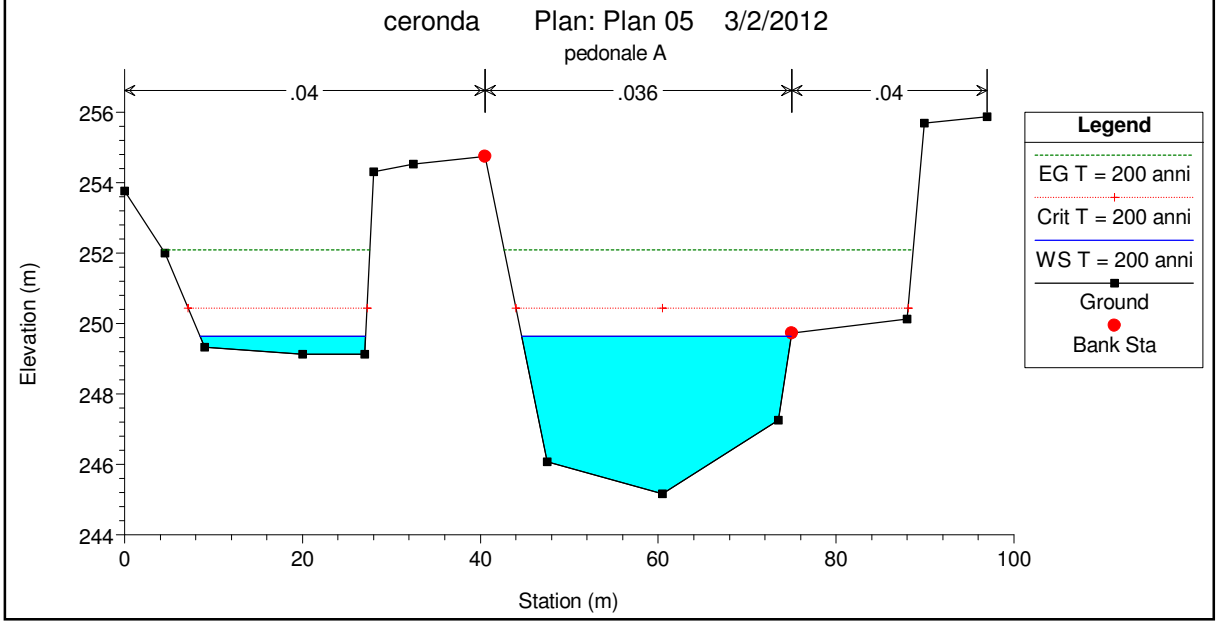

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
14 A - park A
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

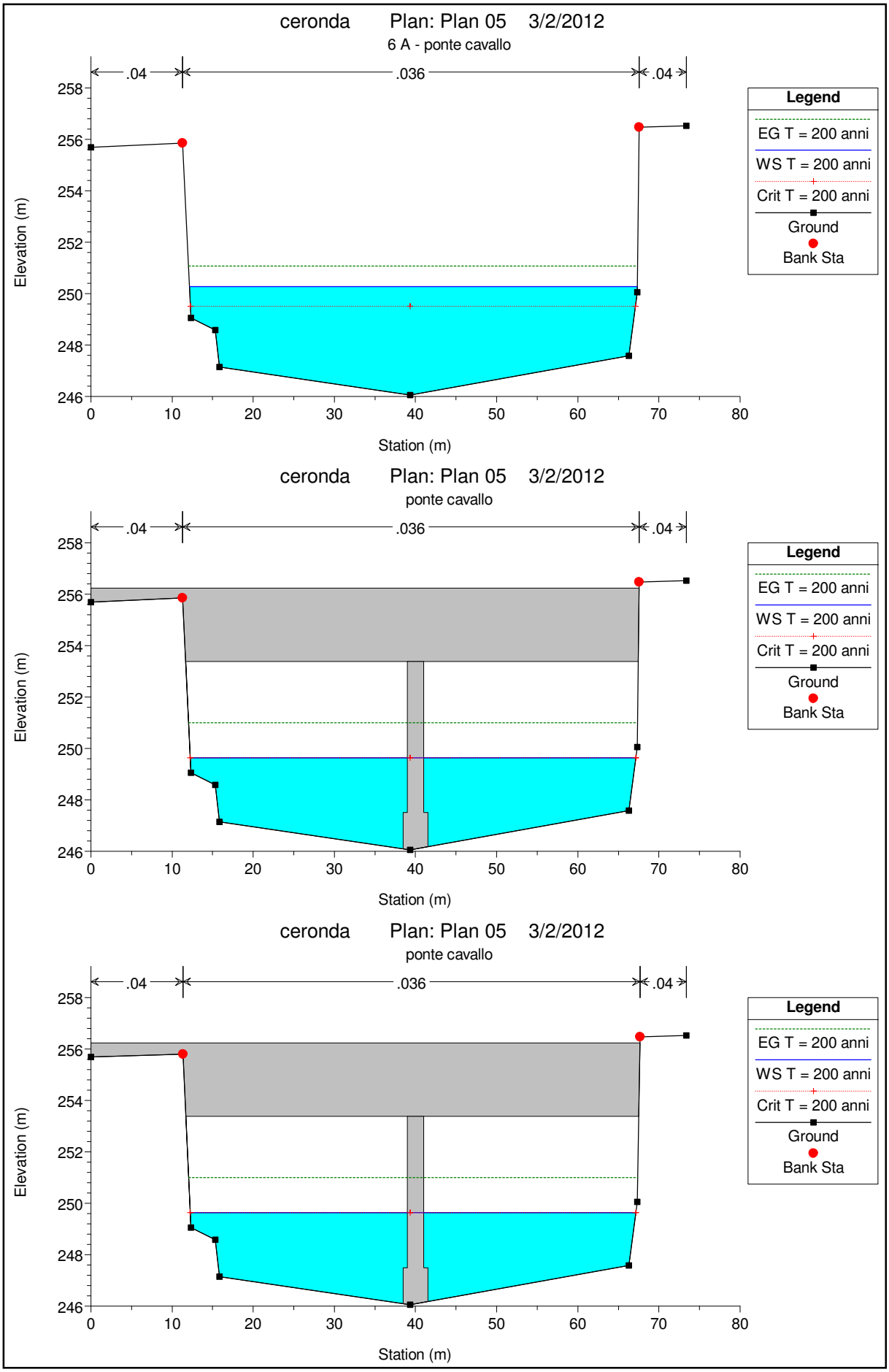

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
13 A
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

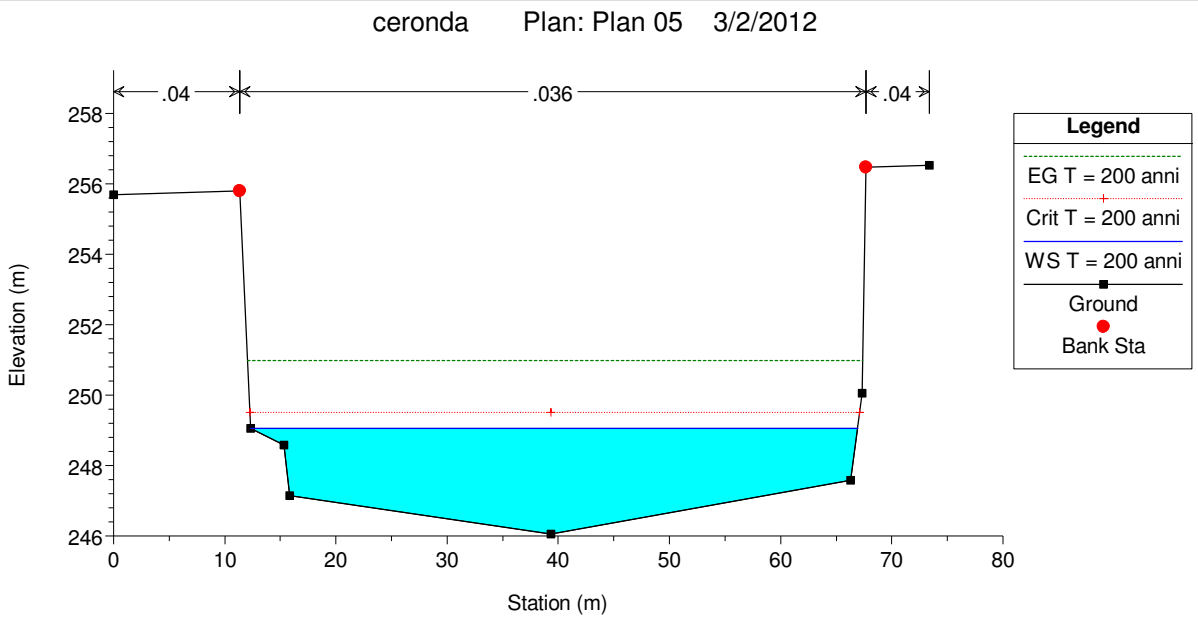

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
5R
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta

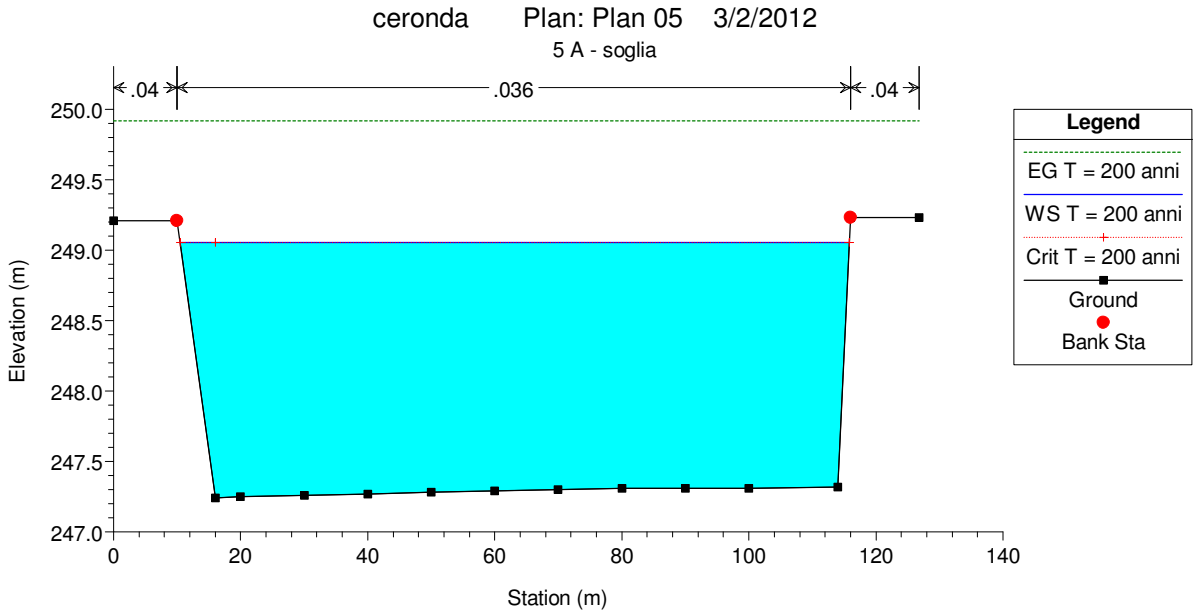

ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
10 A
.04
.036
.1
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta


ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
9 A
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta


ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
pedonale A
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
Crit T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta


ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
6 A - ponte cavallo
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
ponte cavallo
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta
ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
ponte cavallo
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta


ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
Crit T = 200 anni
WS T = 200 anni
Ground
Bank Sta


ceronda Plan: Plan 05 3/2/2012
5 A - soglia
.04
.036
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG T = 200 anni
WS T = 200 anni
Crit T = 200 anni
Ground
Bank Sta