

REGIONE PIEMONTE

Provincia del Verbano Cusio Ossola
a.s.l. n. 14

COMUNITA' MONTANA MONTE ROSA

Subarea 2

PIANO REGOLATORE GENERALE INTERCOMUNALE- SUB AREA 2

COMUNI DI: BANNIO ANZINO - CALASCA CASTIGLIONE
CEPPO MORELLI - VANZONE CON SAN CARLO

Legge regionale 5.12.1977, n. 56 e s.m.i.

COMUNE DI CEPPO MORELLI

VARIANTE STRUTTURALE **VS1/14**

art. 17, 4° comma L.R. 56/77 s.m.i.

ANALISI IDROLOGICA E VERIFICA IDRAULICA DEL
BACINO DEL TORRENTE ANZA
CEPPO MORELLI - AREE C5 E C6

I PROGETTISTI

**STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO
Bossalini Germano & Cattin Marco**

Via Marzabotto n°26,
28845 DOMODOSSOLA (VB)
Tel/Fax. 0324/243689
Part. I.V.A. n° 01564470035



INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....	4
2. ANALISI IDROLOGICA.....	4
2.1 ELEMENTI DI MORFOMETRIA DEL BACINO.....	4
2.1.1 Parametri esprimanti le dimensioni planimetriche del bacino.....	4
2.1.2 Parametri che definiscono la forma del bacino.....	4
2.1.3 Parametri che definiscono il rilievo del bacino.....	5
2.1.4 Parametri che definiscono la pendenza del bacino.....	5
2.1.5 Parametri esprimanti l'organizzazione del reticolo fluviale.....	6
2.2 CURVA IPSOMETRICA.....	8
2.3 EQUAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA E DETERMINAZIONE DEGLI AFFLUSSI.....	9
2.4 AFFLUSSI SUI BACINI IMBRIFERI.....	9
2.5 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA SUI BACINI IDROGRAFICI.....	10
2.5.1 Tempo di corrivazione t_c	12
2.5.2 Coefficiente di deflusso c	13
2.6 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER IL TORRENTE ANZA.....	15
3. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DELL'ALVEO.....	16
3.1 I VARI TIPI DI TRASPORTO SOLIDO.....	16
3.2 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO.....	17
3.2.1 Sintesi dei risultati.....	17
4. VERIFICHE IN CONDIZIONE DI MOTO PERMANENTE.....	17

1. PREMESSA

Nella seguente relazione viene eseguita l'analisi idrologica del bacino del torrente Anza e la verifica idraulica del tratto di corso d'acqua antistante l'area di completamente C5 e C6 come da richiesta di approfondimento contenuta nel contributo della Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo della Regione Piemonte, PROT. N. 32376/A1817A DEL 10/07/2017.

Le indagini idrologiche ed idrauliche sono state svolte alla luce di quanto indicato nel Progetto di Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po Norme di attuazione – Allegato 1- “Direttiva sulla piena da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica.

La direttiva, in attuazione dell'art. 10 del PAI, contiene i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d'acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d'acqua, il profilo della piena di progetto.

Per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, i dati idrologici forniti costituiscono riferimento per le procedure di valutazione della compatibilità idraulica delle opere pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B, di cui all'art. 38 delle Norme di attuazione del PAI, che sono definite dalla specifica “*Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B*”.

1.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

Sono state utilizzate sezioni rilevate a suo tempo dallo studio CGM per la verifica idraulica relativa alla realizzazione del nuovo ponte a servizio della strada di collegamento con la centrale idroelettrica Tessengerlo di Ceppo Morelli integrate da sezioni estratte dalla "RIPRESA AEREA ICE 2009-2011 - DTM 5m in formato DXF3D" della Regione Piemonte. Per eseguire lo studio idraulico delle caratteristiche energetiche medie della corrente è stato impiegato il programma HEC-RAS che ha richiesto l'inserimento delle caratteristiche geometriche dell'alveo lungo tutta la tratta indagata, di circa 270 m di alveo nel tratto in fregio all'area interessata.

2. ANALISI IDROLOGICA

2.1 ELEMENTI DI MORFOMETRIA DEL BACINO

2.1.1 Parametri esprimanti le dimensioni planimetriche del bacino

L'area A del bacino è l'area (misurata generalmente in kmq) della proiezione orizzontale del bacino delimitato dallo spartiacque topografico. Si ricava da opportune carte topografiche, nel caso la CTR scala 1:10.000 ed è risultato di circa 121,57 kmq.

Il perimetro P è la lunghezza (misurata generalmente in km) del contorno del bacino. Nel caso in esame è risultata pari a 48,89 km.

Per esprimere la dimensione longitudinale del bacino si assume in genere la lunghezza dell'asta fluviale principale L, misurata (normalmente in km) dallo spartiacque fino alla sezione di chiusura del bacino. Nel caso in esame è risultata pari a 13,86 km.

2.1.2 Parametri che definiscono la forma del bacino

Per caratterizzare la forma dei bacini idrografici sono stati proposti diversi parametri, detti *fattori di forma* o *coefficienti di forma*. Tutti questi parametri sostanzialmente misurano, in un modo o nell'altro, il grado di allungamento del bacino.

Il *rapporto di circolarità* R_c (Miller, 1953; Gregory e Walling, 1973) è il rapporto tra l'area A del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P:

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} = 12,6 \frac{A}{P^2}$$

Il *coefficiente di uniformità* (o fattore di compattezza) R_u è il rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area A (Gregory e Walling, 1973):

$$R_u = \frac{P}{\sqrt{4\pi A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Tra il rapporto di circolarità e il coefficiente di uniformità esiste una relazione funzionale. Si verifica infatti, immediatamente che è

$$R_u = \frac{1}{\sqrt{R_c}}$$

Il *fattore di forma* R_f (Horton, 1932; Gregory e Walling, 1973) è il rapporto tra l'area A del bacino e il quadrato della lunghezza L dell'asta fluviale principale:

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

Al fattore di forma R_f è legato funzionalmente il rapporto di allungamento R_a (Schumm, 1956; Gregory e Walling, 1973), definito come il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area A e la lunghezza L dell'asta fluviale principale:

$$R_a = \frac{2\sqrt{A}}{L} = 1,13 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

2.1.3 Parametri che definiscono il rilievo del bacino

L'andamento altimetrico di un bacino è descritto dalla curva ipsografica, che si ottiene riportando in un diagramma cartesiano i punti le cui ordinate e ascisse rappresentano, rispettivamente, la quota e l'area totale delle porzioni di bacino che si trovano a quota superiore a questa. Generalmente le quote si riferiscono, alla sezione di chiusura.

Dalla curva ipsografica si determinano facilmente l'altezza media z e l'altezza mediana Z . L'altezza media z è definita dalla relazione (in cui A_b è l'area del bacino)

$$z = \frac{1}{A_b} \int_0^{A_b} z dA$$

L'area del rettangolo con base A_b e altezza z è dunque equivalente all'area sottesa dalla curva ipsografica. L'altezza mediana Z è l'altezza alla quale corrisponde, nella curva ipsografica, la metà dell'area del bacino.

Un altro parametro caratteristico, che prende il nome di rilievo del bacino, è la differenza Δz_{\max} tra la quota del punto più elevato dello spartiacque e quella della sezione di chiusura (Gregory e Walling, 1973).

2.1.4 Parametri che definiscono la pendenza del bacino

Per caratterizzare la pendenza media dei versanti di un bacino idrografico sono stati proposti diversi indici, caratterizzati da una maggiore o minore precisione.

Un primo indice della pendenza media del bacino è quello che si ricava adoperando il metodo di Alvard-Horton (Horton, 1914; Tonini, 1959). Il metodo consiste nel misurare la lunghezza totale L delle linee di livello (di assegnata equidistanza Δz) comprese nel bacino e quindi nel calcolare la pendenza media i_m per mezzo della relazione

$$i_m = \frac{\Delta z L}{A}$$

dove A è, al solito, l'area del bacino.

Nel nostro caso la pendenza media del bacino è calcolata automaticamente utilizzando un modello digitale del terreno DTM a maglia triangolare:

$$i_m = \frac{\sum_i (p_i \times A_i)}{A}$$

dove p_i è la massima pendenza di un triangolo del DTM e A_i è l'area del triangolo.

Oltre a questi due indici della pendenza del bacino, se ne hanno altri uno, detto rapporto di rilievo, è il rapporto i_{max} tra il rilievo Δz_{max} del bacino e la lunghezza L dell'asta principale (Horton, 1932; Gregory e Walling, 1973)

$$i_{max} = \frac{\Delta z_{max}}{L}$$

Altro parametro è la *pendenza media dei versanti* i_v :

$$i_v = \frac{h_{max} - h_{min}}{\frac{A}{L_i}}$$

dove h_{max} è la quota del punto più elevato dello spartiacque e h_{min} quella della sezione di chiusura A è l'area del bacino ed L_i la lunghezza planimetrica della rete idrografica complessiva.

Un altro indice sempre relativo a alla pendenza di un bacino è la *pendenza media dell'asta principale*, definita come la pendenza della retta di compenso tracciata sopra un grafico in cui è riportato il profilo longitudinale del corso d'acqua principale (Tonini, 1959).

2.1.5 Parametri esprimenti l'organizzazione del reticolo fluviale.

Un primo semplicissimo parametro che caratterizza l'organizzazione della rete idrografica, ricavato dalla descrizione che precede, è l'*ordine del bacino*, definito come l'ordine del corso d'acqua che termina alla sezione di chiusura. L'ordine del bacino dipende naturalmente dal rilievo topografico adoperato, che a seconda della scala risulta più o meno ricco di dettagli.

Un altro parametro che caratterizza l'organizzazione del reticolo fluviale è il numero delle aste di primo ordine N_1 .

L'ordine del bacino e il numero delle aste di primo ordine dipendono evidentemente in modo diretto dall'estensione del bacino, e quindi non si prestano bene per fare confronti tra bacini diversi. Per questa ragione si introducono altri parametri, in cui si tiene conto anche dell'area.

La frequenza di drenaggio (misurata in km al km quadrato) F_d è il rapporto tra il numero totale di segmenti N del reticolo idrografico e l'area del relativo bacino idrografico A :

$$F_d = \frac{N}{A}$$

La densità di drenaggio è definita come il rapporto

$$D = \frac{L}{A}$$

(misurata in km al km quadrato) tra la lunghezza totale L di tutti i corsi d'acqua e l'area A del bacino (Horton, 1932; Gregory e Walling, 1973; Tonini, 1959). In bacini impermeabili, sottoposti a un regime di precipitazioni elevate, D può essere uguale a $0,93 \div 1,24$ km/km² (Gregory e Walling, 1973).

Il bacino idrografico del torrente Anza, ha una forma allungata quasi trapezia, presenta confini irregolari e asimmetrici. L'asimmetria del bacino si riflette sulla ripartizione dell'area drenata dal corso d'acqua in quanto la zona nord del bacino raccoglie la gran parte delle acque superficiali di origine meteorica.

L'allungamento del bacino contribuisce ad elevare i tempi di corrivazione quindi le fasi di piena si concretizzano in tempi sensibilmente lunghi.

Il bacino, s estende nella sua parte di monte sino alla quota massima di 4634,00 m s.l.m. ed ha la sezione di chiusura a quota 745 m s.l.m. in località Fontane a Ceppo Morelli. La delimitazione del confine idrografico è stata effettuata sulla cartografia CTR alla scala 1:10.000. Il bacino idrografico del torrente Anza alla sezione di chiusura considerata, ha le seguenti caratteristiche morfometriche:

PARAMETRI	U.M.	VALORI
Area planimetrica di drenaggio	kmq	121,57
Perimetro planimetrico del bacino	km	48,89
Lunghezza planimetrica dell'asta fluviale principale	km	13,86
Rapporto di circolarità		0,639
Coefficiente di uniformità		1,251
Fattore di forma		0,633

Rapporto di allungamento		0,898
Altezza massima del bacino idrografico	m	4634,00
Altezza minima del bacino idrografico	m	745,0
Altezza media	m	2457,80
Quota alla sezione di chiusura.	m	745,00
Dislivello del bacino idrografico sulla sezione di chiusura	m	3889,00

Tutti i valori sopra riportati sono stati ricavati mediante analisi automatica del modello digitale del terreno del bacino del torrente Anza.

2.2 CURVA IPSOMETRICA

L'analisi dell'assetto morfologico del bacino viene riassunta nella curva ipsometrica (o ipsografica percentuale). La curva si traccia in base alle altezze e alle rispettive aree cumulate, suddividendo il bacino in intervalli di quota (per es.10), dalla quota minima a quella massima, e valutando l'area del bacino che ricade in ogni intervallo. Si devono quindi eseguire i rapporti tra le aree dei singoli intervalli (a) e l'area totale del bacino (A), e quelli tra i dislivelli degli intervalli rispetto al piano di base (h) ed il dislivello totale del bacino (H). La funzione della curva che si ottiene è del tipo:

$$y = f(x) \text{ dove: } y=h/H \text{ e } x=a/A.$$

Per integrale della curva ipsometrica s'intende l'area sottesa dalla curva rispetto all'asse delle X.

Dalla curva ipsometrica si ricava l'altezza media del bacino, impiegando la relazione:

$$H_m = (1 / A) \times \sum a_i \times h_i.$$

con A = area totale del bacino;

a_i = area del bacino compresa nell'intervallo i -esimo di quota;

h_i = altitudine media dell'intervallo di quota i -esimo.

$$H_m = 2457,80$$

2.3 EQUAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA E DETERMINAZIONE DEGLI AFFLUSSI

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto si effettua attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge esponenziale potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Le precipitazioni brevi ed intense quali quelle che possono determinare le massime piene del torrente Anza sono riportate negli Annali Idrologici in modo irregolare pertanto, per la determinazione con vari tempi di ritorno dei parametri a e n è stata utilizzato il reticolo di 2 km di lato, contenuto nel Progetto di Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po - Norme di attuazione – Allegato 1- "Direttiva sulla piena da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica", nel quale si analizza la frequenza delle piogge intense attraverso l'interpolazione spaziale eseguita con il metodo di kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici. L'elaborato consente il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

Al fine di determinare i parametri di a e n per il bacino del Torrente Anza è stata calcolata la media pesata dei valori di "a" e di "n" delle celle di quadrate di 2 km di lato in cui è suddiviso il bacino, ottenendo i seguenti valori:

Tr	a	n
Tr = 20 anni	30.7964	0.5771
Tr = 100 anni	38.6607	0.5799
Tr = 200 anni	42.0390	0.5809
Tr = 500 anni	46.4872	0.5818

2.4 AFFLUSSI SUI BACINI IMBRIFERI

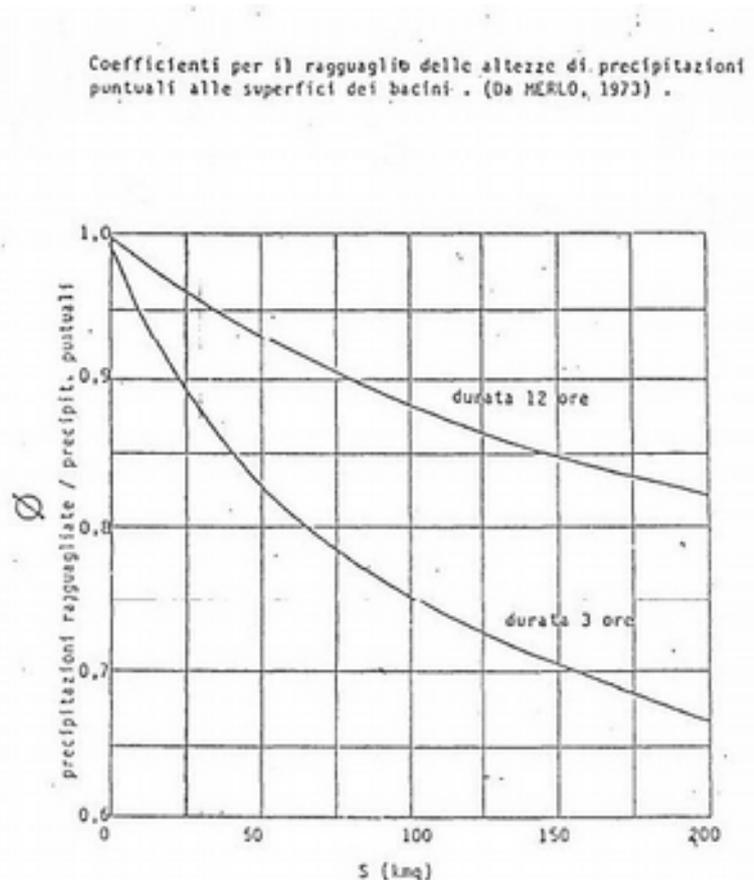
Le equazioni rappresentative delle curve di probabilità pluviometrica non possono essere utilizzate direttamente per il calcolo degli afflussi effettivi sui bacini imbriferi in quanto l'intensità di precipitazione durante un certo evento all'interno di un'area assegnata varia da punto a punto, in misura spesso rilevante. Questa variabilità è tanto più accentuata quanto maggiore è l'estensione dell'area esaminata.

Per questa ragione si usa in pratica fare riferimento a curve di possibilità pluviometrica areali, esprimenti cioè il legame, per un assegnato tempo di ritorno, tra l'altezza media di

pioggia che in un'assegnata durata cade su una superficie di area A (altezza di pioggia raggugiata all'area) e la durata stessa.

I metodi per ottenere il ragguglio delle piogge all'area sono numerosi, ma non sempre di facile applicazione.

Nel caso del bacino del torrente Anza si ritiene valida l'applicazione del coefficiente di ragguglio di 0,79 ricavato dal grafico proposto da Merlo (1973).



2.5 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA SUI BACINI IDROGRAFICI

Le procedure adottabili per stima della portata di piena in un corso d'acqua si differenziano in relazione alla disponibilità di serie storiche di dati idrologici rappresentativi.

Il caso più favorevole si ha quando nella sezione di interesse sono disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; in queste condizioni sarebbe possibile l'applicazione del metodo del confronto fra ietogrammi e idrogrammi.

Purtroppo mentre la rete delle stazioni meteorologiche può definirsi sufficiente, le stazioni idrometrografiche sono installate solo sui corsi d'acqua maggiori come il fiume Toce e i torrenti S. Bernardino, S. Giovanni, Erno, Cannobino e anche in essi non è mai stata

eseguita una correlazione fra ietogrammi e idrogrammi di eventi massimi inferiori alle 24 ore.

In carenza di dati sperimentali occorre procedere alla scelta di un modello idrologico che consenta una valutazione delle portate di piena in funzione di alcuni parametri fissi del bacino stesso definibili come idrogeomorfici (forma e caratteristiche meteorologiche del bacino) e di altri fattori variabili da evento a evento (caratteristiche meteorologiche dell'evento e sua distribuzione).

I modelli disponibili sono numerosi e di vario livello di complessità e raffinatezza. Il più semplice di essi, è il metodo razionale, che consente di valutare la massima portata di un corso d'acqua in relazione ad un evento critico attraverso la seguente relazione:

$$Q_c = 0,277 C i_T A$$

dove:

Q_c = portata al colmo m^3/s

C = coefficiente di deflusso (-)

i_T = intensità critica della precipitazione per un assegnato tempo di ritorno T in mm/hr

A = superficie del bacino (km^2)

L'applicazione della formula razionale richiede, oltre alla stima di C in funzione delle caratteristiche morfologiche, tessiturali e di copertura vegetale, la determinazione dell'intensità critica della precipitazione cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena nel tempo di ritorno T .

L'intensità critica è quella che si deduce dalla curva di probabilità pluviometrica dell'equazione:

$$h(t) = a t^n$$

di tempo di ritorno T in corrispondenza a una durata t pari al tempo di corrivazione t_c del bacino. Infatti, se la durata della pioggia è $t < t_c$, non tutto il bacino contribuirà contemporaneamente alla formazione del deflusso: alla fine della precipitazione tutte le parti più distanti del bacino non avranno ancora contribuito al deflusso e quando questo avverrà (dopo un intervallo di tempo $t_c - t$) le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno cessato di contribuire.

Viceversa se la pioggia ha una durata $t > t_c$, tutto il bacino contribuirà contemporaneamente al deflusso per un intervallo di tempo $t - t_c$ in cui la portata resterà costante e pari al valore massimo.

Pertanto, la pioggia critica è quella di durata pari al tempo di corrivazione dato che, se per un solo istante, tutto il bacino contribuisce alla formazione del deflusso di piena con una pioggia che, avendo la minima durata capace di determinare il contributo di tutta la superficie, è la più intensa.

Da qui l'importanza nell'applicazione del metodo, della determinazione del tempo di corrivazione che, a seconda che venga valutato in eccesso o in difetto, produce valutazioni delle portate rispettivamente in difetto o in eccesso.

2.5.1 Tempo di corrivazione t_c

Innanzitutto occorre dare una definizione del termine "tempo di corrivazione".

Esso esprime, in ore, il tempo necessario perché, in un dato bacino di area A, tutte le particelle di acqua defluenti giungano alla sezione sottesa.

Tale valore, dipende dalle caratteristiche morfologiche e geometriche del bacino, può essere calcolato con diverse formule fra le quali sono state scelte le più frequentemente usate per i calcoli del presente studio.

Assumendo quindi:

A = area del bacino in Km²;

L = lunghezza dell'arteria colletttrice principale, a partire dal punto più lontano, in Km;

H_m = altitudine media del bacino in metri m s.l.m.;

H_o = altitudine del punto di chiusura del bacino, in metri m s.l.m.;

i_m = pendenza media dell'alveo principale (adimensionale).

Il tempo di corrivazione può essere ottenuto con le seguenti formule:

$$\text{- secondo Pezzoli} \quad T_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

formula valida per piccoli bacini alpini con area < 50 Km² e con forti pendenze (5%).

$$\text{- secondo Giandotti} \quad T_c = \frac{4(\sqrt{A}) + 1,5 L}{0,8 \sqrt{(H_m - H_o)}}$$

formula valida per bacini medi e grandi dell'Italia settentrionale e centrale con aree comprese fra 100 e 1000 Km² e con pendenze < 1%.

$$\text{- secondo Kirpich} \quad T_c = 0,066 \left(\frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,77}$$

formula simile a quella del Pezzoli, ma valida per bacini con area > 500 Km². e con pendenze <1,50%.

Nessuna delle formule è esente da critiche ed è noto che, soprattutto negli alvei a regime torrentizio, è possibile ottenere risultati fortemente discordi da un formula all'altra.

Spesso viene utilizzata la media dei valori ottenuti con le varie formule, oppure quello di accettare il risultato più cautelativo che spesso è rappresentato dalla formula di Pezzoli, atteggiamento che tuttavia porta ad un dimensionamento eccessivo delle opere.

Per tali motivi si ritiene più accettabile l'uso della formula di Giandotti che, tarata su numerose esperienze reali sulla base di parametri più facilmente misurabili è, tra l'altro, consigliata nello Schema Previsionale e Programmatico per il Risanamento del Bacino del fiume Toce e nelle Norme di Attuazione del PAI.

2.5.2 Coefficiente di deflusso c

Il coefficiente di deflusso si definisce come il rapporto fra il volume dell'acqua che defluisce attraverso una data sezione e il corrispondente afflusso reale in un certo arco di tempo, depurato delle perdite per evapotraspirazione.

Trattandosi di piogge di elevatissima intensità che avvengono in genere nell'ambito di precipitazioni intense della durata di qualche ora e che determinano condizioni di umidità relativa dell'area prossime al 100%, si può ritenere trascurabile la percentuale di pioggia evaporata durante la durata critica, e pertanto il coefficiente di evaporazione $\varepsilon = 1$.

Negli eventi di piena e su bacini come quelli analizzati vengono spesso utilizzati un po' arbitrariamente valori del coefficiente compresi fra 0,7 e 0,9. Poiché, la differenza tra i due valori comporta differenze rilevanti nelle valutazioni delle portate di piena si è optato per un approccio analitico alla valutazione del coefficiente.

Il coefficiente di deflusso φ può essere considerato come il prodotto di numerosi coefficienti, tra i cui principali sono i seguenti (Gabella):

$$\varphi = \varphi_c \cdot \varphi_p \cdot \varphi_j$$

dove:

φ_c : coefficiente dipendente dalla copertura vegetale

φ_p : coefficiente dipendente dalla permeabilità dei terreni

φ_j : coefficiente dipendente dalla pendenza del terreno

Per quanto riguarda il coefficiente dipendente dalle coperture vegetali φ_c , si possono assumere i seguenti valori cautelativi (superiori di 0,05 rispetto quelli usati da Gabella):

- aree coperte da bosco ceduo o perenne $\varphi_c = 0,75$
- prati, pascoli e aree coltivate $\varphi_c = 0,85$
- aree urbanizzate e aree degradate con scarsa vegetazione $\varphi_c = 0,95$
- aree rocciose denudate $\varphi_c = 1,00$

Una volta stabilita per ciascuna delle n zone omogenee la superficie A_i di competenza, il coefficiente φ_c complessivo si ottiene dalla media ponderata a dei vari coefficienti di competenze delle singole aree:

$$\varphi_c = \left(\frac{\sum_{i=1,n} A_i \varphi_{ci}}{A} \right)$$

Per quanto concerne il coefficiente φ_p dipendente dalla permeabilità si possono assumere i seguenti valori (superiori di 0,05 rispetto quelli usati da Gabella):

- detriti di falda e i depositi alluvionali recenti $\varphi_p = 0,90$
- coltri moreniche, eluvio – colluviali, prati, pascoli e aree coltivate $\varphi_p = 0,95$
- substrato roccioso affiorante e aree completamente edificate $\varphi_p = 1,00$

Risulterà anche in questo caso:

$$\varphi_p = \left(\frac{\sum_{i=1,n} A_i \varphi_{pi}}{A} \right)$$

Per il coefficiente φ_j dipendente dalla pendenza, si può utilizzare la formula proposta da Gabella:

$$\varphi_j = (i\% + 1) / (i\% + 3)$$

dove φ_j è la pendenza media del bacino.

Il calcolo complessivo per il bacino del torrente Anza è il seguente:

$$\varphi = \varphi_c \cdot \varphi_p \cdot \varphi_j = 0,88 \cdot 0,94 \cdot 0,97 = 0,80$$

Tale approccio non è esente da critiche in quanto ci si chiede quale spessore dei depositi diventa influente nei confronti del calcolo del coefficiente di deflusso.

A tale proposito è noto che la permeabilità è la capacità di un materiale di lasciarsi attraversare da un fluido, la permeabilità all'acqua in un mezzo poroso, omogeneo e isotropo è uguale al rapporto tra la velocità di filtrazione e il gradiente idraulico. La permeabilità ha le dimensioni di una velocità è per miscele di ghiaia e sabbia come quelle che caratterizzano i terreni di copertura del bacino variano da 10^{-3} a 10^{-4} cm/sec che

corrispondono a 10^{-5} a 10^{-6} m/sec questo significa che l'acqua nel tempo di un'ora percorre distanze variabili da pochi cm a alcune decine di cm.

Questa considerazione permette di affermare che spessori anche esigui della copertura costringono comunque l'acqua a percolare nel sottosuolo per un tempo significativamente lungo prima di giungere al substrato impermeabile e nella fattispecie più lungo del tempo di corrivazione che per bacino in esame è di circa due ore e mezza.

Pertanto si ritengono e corretti i coefficienti di deflusso calcolato (0,80) anche in presenza di spessori limitati dei depositi di copertura.

2.6 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER IL TORRENTE ANZA

Il calcolo delle portate di massima piena è stato effettuato tenendo conto dei parametri morfometrici del bacino, degli afflussi e del tempo di corrivazione.

Come già accennato il tempo di corrivazione è stato determinato con la formula di Giandotti, con tale formula il tempo di corrivazione del torrente Anza risulta di circa **2,05 ore** alla sezione di chiusura in corrispondenza del ponte pedonale sull'Anza a Campioli.

Successivamente al calcolo del tempo di corrivazione si è proceduto al calcolo delle portate di massima piena con la seguente relazione:

$$Q_{max} = (0.277 * H_{tc} * A * c_d * f) / T_c \quad \text{in mc/sec}$$

dove :

A = area del bacino in Km² ;

H_{tc} = altezza della pioggia in mm caduta in un tempo t = tempo di corrivazione T_c ;

T_c = tempo di corrivazione in ore ;

c_d = coefficiente di deflusso dipendente dalle caratteristiche del bacino ;

f = coefficiente di ragguglio delle precipitazioni puntuali funzione dell'area del bacino (da Merlo).

Si sono quindi ottenuti i valori di portata di massima piena con Tr = 20 – 100 - 200 – 500 anni

PORTATE LIQUIDE IN ARRIVO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA				
745,0 m s.l.m.				
Tempo di ritorno in anni	20	100	200	500
Q _{max} formula cinematica	484,19	609,05	662,76	733,35

3. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DELL'ALVEO

3.1 I VARI TIPI DI TRASPORTO SOLIDO

Nel materiale in arrivo ed in transito nel corso d'acqua si può distinguere (Chang, 1992):

- una componente che contribuisce alla "costruzione" dell'alveo (*bed material*);
- una componente che viene trasportata dal corso d'acqua ma che non partecipa ai processi di erosione e deposito (*wash-load*) Questa rappresenta la porzione più fine del materiale trasportato in alveo (diametro inferiore a 0,0064 mm) e che ha origine sui versanti durante un periodo piovoso e si muove direttamente fino al recapito finale (lago, aree di esondazione ecc) senza intervenire nella dinamica d'alveo.

Le varie modalità di trasporto solido sono:

- Trasporto solido al fondo (*bed-load*): è costituito dai sedimenti che sono responsabili del modellamento dell' alveo, questi si muovono restando mediamente a contatto con il fondo per saltazione, rotolamento o trascinarsi come elementi singoli o come movimento generalizzato di tutti i granuli di ogni dimensione .
- Trasporto solido in sospensione (*suspended-load*): è costituito a sua volta da altri due tipi di trasporto solido, il trasporto in sospensione del materiale costituente il letto che viene portato in sospensione per particolari condizioni della corrente (sospensione da *bed-material*) e il *wash load*. Il trasporto solido in sospensione, non presente nell'alveo (*wash-load*) non interessa i bilanci sedimentologico che rendono conto dei processi di erosione e deposito, in quanto il materiale solido rimane sospeso nella corrente senza interagire con l'alveo, qualunque bilancio di volumi solidi riferiti all'alveo stesso non risente di tale tipo di trasporto solido.
- Trasporto solido in soluzione: può rappresentare una porzione importante in corsi d'acqua che drenano rocce solubili ma non è il nostro caso.
- Trasporto solido per fluitazione (o flottazione): è costituito prevalentemente da materiali vegetali galleggianti, a seguito dello sradicamento di arbusti e di tronchi da parte della corrente. Il trasporto di materiali vegetali può essere causa di ostruzioni delle luci dei ponti o di altri manufatti. La valutazione del trasporto solido per flottazione può essere solo di tipo qualitativo, basandosi sull'osservazione della vegetazione e di ciò che accade durante eventi di piena che asportano materiale vegetale dalle rive o dovuto a fenomeni franosi che in prossimità dell'alveo del corso d'acqua principale o di suoi affluenti

E' importante sottolineare che, la suddivisione del trasporto nelle fasi sopra descritte non va intesa in senso rigoroso ma semplicemente con riferimento a condizioni "prevalenti" con cui il trasporto stesso si può manifestare. Per esempio, nei tratti montani come il Torrente Anza, o in quelli in pianura con basse portate, il trasporto solido è essenzialmente al fondo, pur potendo coesistere una frazione più o meno piccola di trasporto in sospensione. In

generale, intensità e modalità del trasporto sono condizionate dalla mutua interazione tra caratteristiche della corrente e caratteristiche dei sedimenti.

3.2 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO

Nel caso in esame si è scelto di non eseguire un'indagine sul terreno delle granulometrie mobilizzate dalla corrente ma di adottare un criterio maggiormente cautelativo. Analogamente a quanto riportato nella relazione generale del "Progetto di Piano di Assetto Idrogeologico Provinciale" (Servizio Difesa del Suolo 2005) si è scelto di incrementare le portate liquide del 15% in quanto "*incrementare del 15% le portate di riferimento definite dall'analisi idrologica è stata dettata dall'esigenza di tenere in considerazione cautelativamente nelle simulazioni idrodinamiche i possibili di innalzamento dei livelli che in corso di piena il trasporto solido può determinare negli alvei torrentizi oggetto di studio, caratterizzati da pendenze elevate (alta energia motrice) e notevoli quantitativi di sedimenti disponibili, prodotti nella zona di testata del bacino e/o apportati dai tributari secondari. L'incremento del 15% della portata liquida costituisce un riferimento comune per l'analisi idraulica e la progettazione in ambiti torrentizi montani, in quanto è generalmente ritenuto sufficientemente cautelativo. Valori più elevati del 15% si riscontrano generalmente in campi di pendenza superiori a quelli delle aste in esame, in condizioni di correnti ipercritiche ovvero fenomeni di transizione verso debris-flow e colate di detrito*".

E' comunque importante sottolineare che, nei torrenti, il trasporto solido è un fenomeno estremamente irregolare, che solo con approssimazioni grossolane può essere valutato numericamente.

3.2.1 Sintesi dei risultati

Pertanto le portate comprensive dell'aliquota solida diventano le seguenti:

PORTATE LIQUIDE+SOLIDE IN ARRIVO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA 745 m s.l.m.				
Tempo di ritorno in anni	20	100	200	500
Qmax formula cinematica	556,82	700,41	762,17	843,35

A seguito di tutte le considerazioni fatte nella verifica idraulica si utilizzerà una portata di progetto di 762,17 mc/s

4. VERIFICHE IN CONDIZIONE DI MOTO PERMANENTE.

La verifica in condizioni di moto permanente viene eseguita quando è presumibile che la linea piezometrica abbia un'inclinazione differente rispetto a quella dell'alveo e che nel tratto di corso d'acqua verificato la portata sia costante, cioè senza immissioni o perdite significative.

Ambedue le condizioni si realizzano per il tratto di torrente Anza tra analizzato.

La verifica idraulica è stata eseguita con HEC-RAS, il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America.

Il programma permette di analizzare le reti di canali naturali ed artificiali, calcolando i profili del pelo libero basandosi su di un'analisi a moto permanente e/o moto vario monodimensionale.

Dai risultati ottenuti nella verifica e riportati negli allegati si osserva tutte le sezioni a valle del ponte in pietra sono idonee a smaltire la piena liquido-solida bicentenaria calcolata.

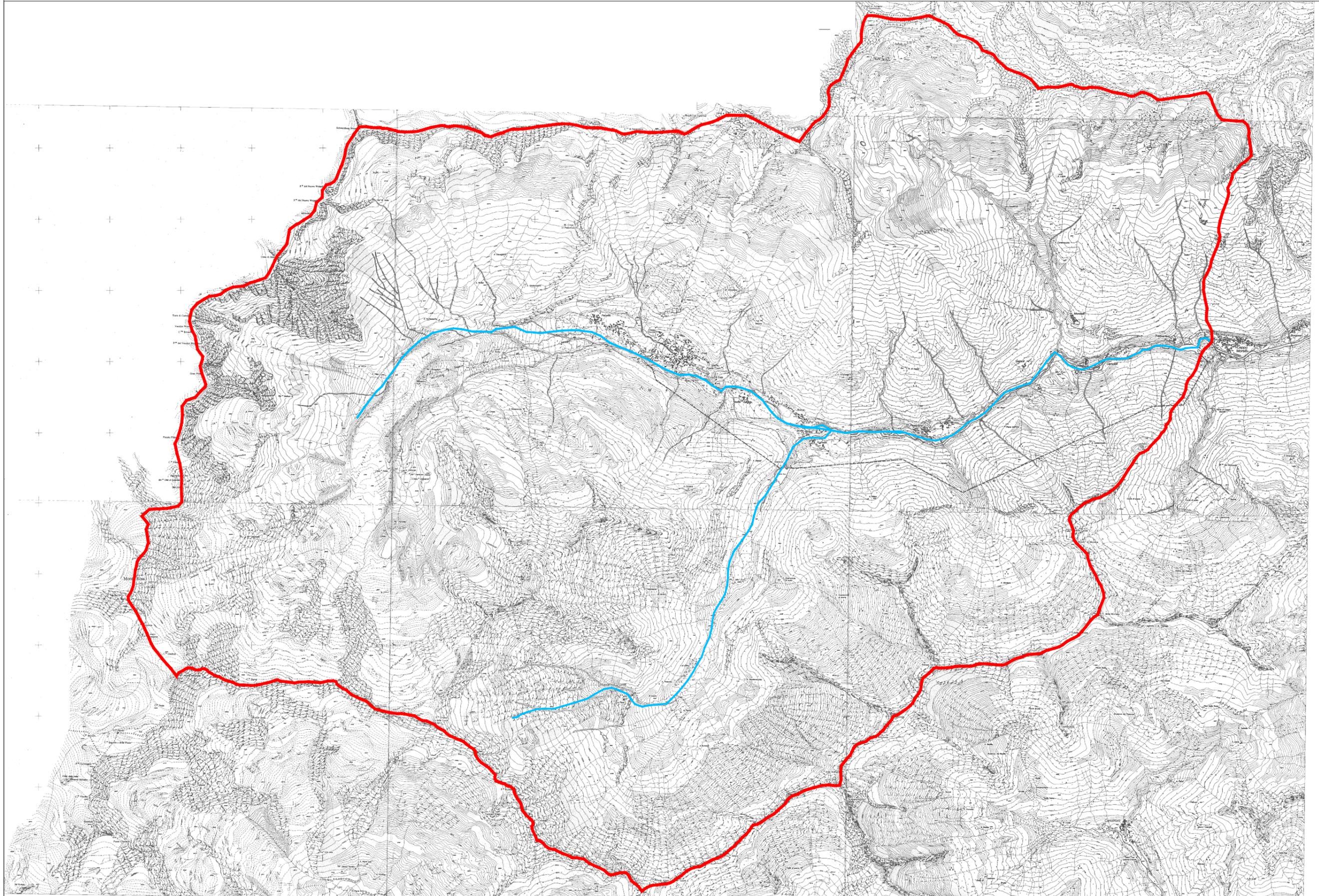
In particolare si osserva come le sezioni a valle del ponte in pietra (numeri 5 – 4 – 3 – 2) che intersecano i lotti C5 e C6, il livello dell'acqua a Tr. 200 si trova a quote nettamente inferiori rispetto alla quota più prossima al corso d'acqua dei lotti.

Alla luce dei risultati della verifica si può affermare che non sono possibili interferenze tra le le aree edificabili dei lotti C5 e C6 e la piena bicentenaria utilizzata.

Delimitazione bacino idrografico in oggetto
Scala 1:50.000

Asta principale del Torrente Anza

Delimitazione del bacino idrografico



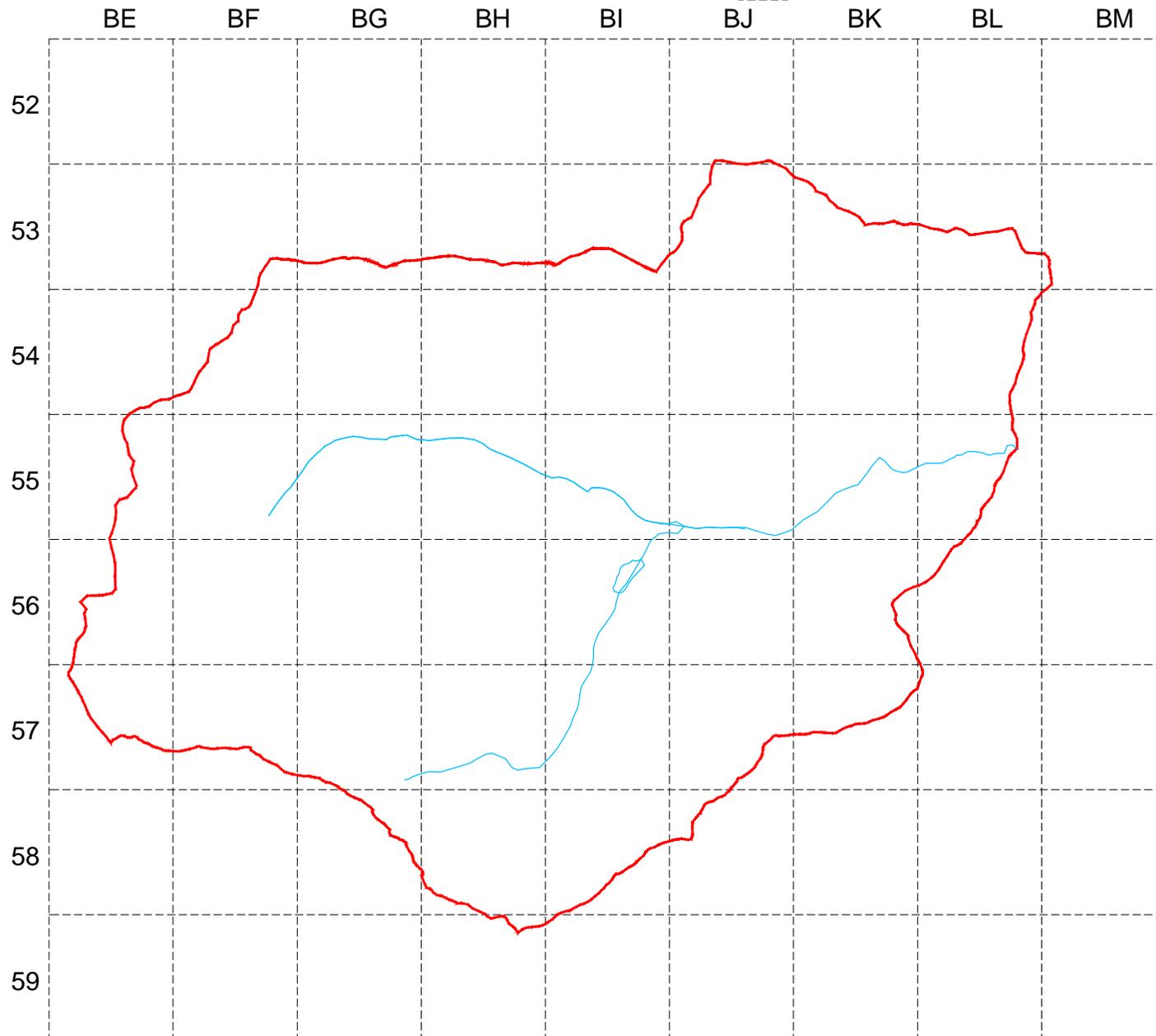
Stralcio dell'allegato 3 alle norme di attuazione del PAI - Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense
Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20,100,200 e 500 anni.
Scala 1:100.000

Asta principale del Torrente Anza

Delimitazione del bacino idrografico



Cella quadrata con lato pari a 2 km



Valori celle PAI

Cella	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500	Area	Peso
BE54	25.5000	0.5800	31.8200	0.5840	34.5400	0.5860	38.1100	0.5870	109671,8400	0,0274
BE55	25.4300	0.5790	31.7600	0.5830	34.4700	0.5840	38.0500	0.5850	1571096,0100	0,3928
BE56	25.7000	0.5770	32.1500	0.5810	34.9100	0.5820	38.5500	0.5830	2505509,1900	0,6264
BE57	25.9600	0.5740	32.5200	0.5790	35.3300	0.5800	39.0300	0.5810	1763745,6200	0,4409
BF53	26.2600	0.5820	32.7000	0.5860	35.4800	0.5860	39.1300	0.5870	272761,2900	0,0682
BF54	26.5700	0.5820	33.1700	0.5860	36.0100	0.5870	39.7400	0.5890	2688850,7400	0,6721
BF55	26.6200	0.5800	33.2600	0.5840	36.1200	0.5860	39.8800	0.5870	4000000,0000	1,0000
BF56	26.9800	0.5780	33.7700	0.5820	36.6800	0.5830	40.5300	0.5840	4000000,0000	1,0000
BF57	27.3000	0.5760	34.2700	0.5790	37.2500	0.5800	41.1800	0.5810	2870876,9500	0,7177
BG53	27.3200	0.5830	34.0600	0.5870	36.9600	0.5880	40.7900	0.5890	889632,3000	0,2224
BG54	27.7200	0.5820	34.5900	0.5860	37.5400	0.5870	41.4400	0.5880	4000000,0000	1,0000
BG55	27.9100	0.5820	34.9000	0.5860	37.9100	0.5870	41.8700	0.5880	4000000,0000	1,0000
BG56	28.3600	0.5790	35.5500	0.5820	38.6300	0.5840	42.7000	0.5850	4000000,0000	1,0000
BG57	28.8400	0.5760	36.2200	0.5790	39.3800	0.5800	43.5600	0.5810	3888773,4000	0,9722
BG58	29.3100	0.5710	36.8800	0.5730	40.1300	0.5740	44.4200	0.5750	691899,5000	0,1730
BH53	28.4900	0.5840	35.5600	0.5870	38.6000	0.5880	42.6100	0.5890	919856,3000	0,2300
BH54	28.9300	0.5840	36.1400	0.5870	39.2400	0.5880	43.3300	0.5890	4000000,0000	1,0000
BH55	29.3000	0.5830	36.6700	0.5860	39.8300	0.5870	44.0100	0.5880	4000000,0000	1,0000
BH56	29.9200	0.5780	37.5200	0.5810	40.7800	0.5820	45.0900	0.5830	4000000,0000	1,0000
BH57	30.5300	0.5740	38.3800	0.5770	41.7500	0.5780	46.2100	0.5790	4000000,0000	1,0000
BH58	31.0900	0.5700	39.2000	0.5720	42.6800	0.5730	47.2700	0.5740	3752074,4100	0,9880
BH59	31.6200	0.5650	39.9600	0.5670	43.5400	0.5680	48.2700	0.5690	133892,1400	0,0335
BI53	29.7900	0.5830	37.2400	0.5860	40.4500	0.5870	44.6700	0.5880	966818,2000	0,2492
BI54	30.2900	0.5840	37.8900	0.5870	41.1600	0.5880	45.4800	0.5890	4000000,0000	1,0000
BI55	30.8000	0.5830	38.5500	0.5860	41.8900	0.5880	46.3000	0.5890	4000000,0000	1,0000
BI56	31.5900	0.5780	39.6600	0.5810	43.1400	0.5820	47.4200	0.5830	4000000,0000	1,0000
BI57	32.3700	0.5730	40.7700	0.5760	44.3800	0.5760	49.1500	0.5770	4000000,0000	1,0000
BI58	33.0900	0.5680	41.9000	0.5690	45.5400	0.5700	50.4800	0.5710	2964063,2200	0,7410
BI59	33.7700	0.5620	42.7800	0.5630	46.6400	0.5640	51.7400	0.5640	14911,6600	0,0037
BJ52	30.5600	0.5810	38.2700	0.5840	41.5800	0.5850	45.9400	0.5860	26655,5400	0,0067
BJ53	31.2100	0.5810	39.1000	0.5830	42.4900	0.5840	46.9600	0.5850	3402645,6700	0,8507
BJ54	31.8600	0.5810	39.9500	0.5840	43.4200	0.5850	48.0100	0.5850	4000000,0000	1,0000
BJ55	32.5800	0.5800	40.9000	0.5830	44.4700	0.5830	49.1900	0.5840	4000000,0000	1,0000
BJ56	33.4400	0.5760	42.0700	0.5790	45.7900	0.5790	50.6900	0.5800	4000000,0000	1,0000
BJ57	34.3200	0.5700	43.3100	0.5720	47.1800	0.5730	52.2800	0.5730	3447786,3600	0,8619
BJ58	35.1700	0.5640	44.5100	0.5660	48.5200	0.5660	53.8100	0.5670	427017,7400	0,1068
BK53	32.8000	0.5780	41.1900	0.5800	44.7900	0.5800	49.5400	0.5810	2567574,9800	0,6394
BK54	33.6200	0.5770	42.2700	0.5790	45.9800	0.5800	50.8700	0.5810	4000000,0000	1,0000
BK55	34.5100	0.5750	43.4400	0.5770	47.2800	0.5780	52.3500	0.5780	4000000,0000	1,0000
BK56	35.4300	0.5710	44.7000	0.5730	48.6800	0.5740	53.9300	0.5740	3727391,0500	0,9318
BK57	36.3900	0.5660	46.0200	0.5680	50.1500	0.5680	55.6000	0.5690	1827894,7300	0,4570
BL53	34.5100	0.5730	43.4500	0.5760	47.2800	0.5760	52.3300	0.5760	1751684,1100	0,4379
BL54	35.4900	0.5710	44.7300	0.5730	48.7000	0.5730	53.9300	0.5740	34017716,0800	0,8504
BL55	36.4700	0.5680	46.0300	0.5700	50.1300	0.5700	55.5400	0.5710	2572933,9400	0,6432
BL56	37.4900	0.5640	47.4000	0.5660	51.6500	0.5660	57.2600	0.5670	290809,3600	0,0727
BL57	38.5200	0.5590	48.7900	0.5600	53.1900	0.5610	59.0100	0.5610	18543,3800	0,0046
BM53	36.3700	0.5680	45.8800	0.5700	49.9500	0.5710	55.3300	0.5710	718778400	0,1818
BM54	37.3600	0.5660	47.3200	0.5680	51.5300	0.5680	57.1000	0.5690	1920,3400	0,0005
Somma pesi										
121560673,5300 30,3902										

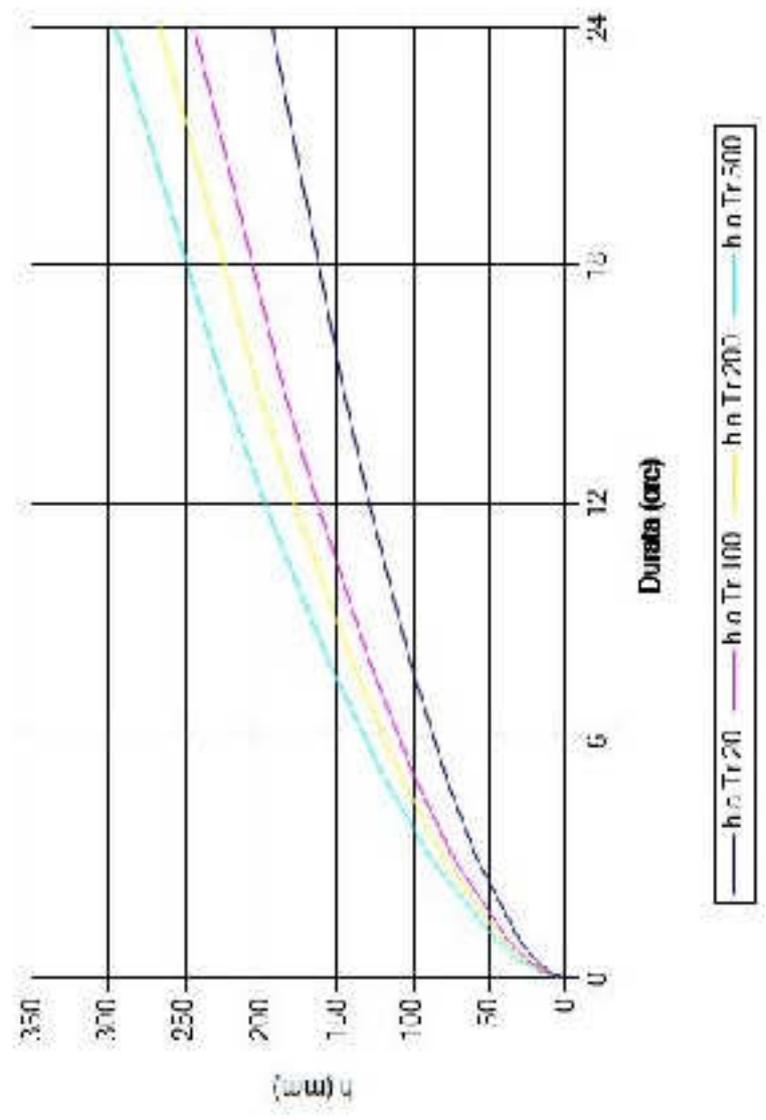
Valori pesati

A Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
0,6992	0,0159	0,8724	0,0160	0,9470	0,0161	1,0449	0,0161
9,9882	0,2274	12,4745	0,2290	13,5389	0,2294	14,9451	0,2298
16,0979	0,3614	20,1380	0,3639	21,8668	0,3646	24,1468	0,3652
11,4467	0,2631	14,3393	0,2549	15,5783	0,2557	17,2087	0,2562
1,7907	0,0397	2,2298	0,0399	2,4194	0,0400	2,6683	0,0401
17,6587	0,3912	22,2948	0,3939	24,2037	0,3945	26,7108	0,3959
26,6200	0,5800	33,2600	0,5840	36,1200	0,5860	39,8800	0,5870
26,9800	0,5780	33,7700	0,5820	36,6800	0,5830	40,5300	0,5840
19,6169	0,4127	24,5971	0,4156	26,7360	0,4163	29,5567	0,4170
6,0762	0,1297	7,5752	0,1306	8,2202	0,1308	9,0720	0,1310
27,7200	0,5820	34,5900	0,5860	37,5400	0,5870	41,4400	0,5880
27,9100	0,5820	34,9000	0,5860	37,9100	0,5870	41,8700	0,5880
28,3800	0,5790	35,5500	0,5820	38,6300	0,5840	42,7000	0,5850
28,0381	0,5600	35,2128	0,5629	38,2850	0,5639	42,3487	0,5648
5,0699	0,0988	6,3793	0,0991	6,9415	0,0993	7,6835	0,0995
6,5524	0,1343	8,1784	0,1350	8,8776	0,1352	9,7998	0,1355
28,9300	0,5840	36,1400	0,5870	39,2400	0,5880	43,3300	0,5890
29,3000	0,5830	36,6700	0,5860	39,8300	0,5870	44,0100	0,5890
29,9200	0,5780	37,5200	0,5810	40,7800	0,5820	45,0900	0,5830
30,5300	0,5740	38,3800	0,5770	41,7500	0,5780	46,2100	0,5790
29,1630	0,5347	36,7703	0,5365	40,0346	0,5375	44,3401	0,5384
1,0584	0,0189	1,3376	0,0190	1,4574	0,0190	1,6157	0,0190
7,4238	0,1453	9,2804	0,1460	10,0803	0,1463	11,1320	0,1465
30,2900	0,5840	37,8900	0,5870	41,1600	0,5880	45,4800	0,5890
30,8000	0,5830	38,5500	0,5860	41,8900	0,5880	46,3000	0,5890
31,5900	0,5780	39,6600	0,5810	43,1400	0,5820	47,4200	0,5830
32,3700	0,5730	40,7700	0,5760	44,3800	0,5760	49,1500	0,5770
24,5202	0,4209	30,9745	0,4216	33,7459	0,4224	37,4065	0,4231
0,1259	0,0021	0,1595	0,0021	0,1739	0,0021	0,1929	0,0021
0,2036	0,0039	0,2550	0,0039	0,2771	0,0039	0,3061	0,0039
26,5491	0,4942	33,2609	0,4959	36,1446	0,4968	39,9471	0,4976
31,8600	0,5810	39,9500	0,5840	43,4200	0,5850	48,0100	0,5850
32,5800	0,5800	40,9000	0,5830	44,4700	0,5830	49,1900	0,5840
33,4400	0,5760	42,0700	0,5790	45,7900	0,5790	50,6900	0,5800
29,5920	0,4913	37,3309	0,4930	40,6666	0,4939	45,0628	0,4939
3,7546	0,0602	4,7516	0,0604	5,1797	0,0604	5,7445	0,0605
20,9721	0,3696	26,3366	0,3708	28,6384	0,3708	31,6756	0,3715
33,6200	0,5770	42,2700	0,5790	45,9800	0,5800	50,8700	0,5810
34,5100	0,5750	43,4400	0,5770	47,2800	0,5780	52,3500	0,5780
33,0154	0,5321	41,6536	0,5339	45,3623	0,5349	50,2945	0,5349
16,6292	0,2586	21,0298	0,2596	22,9171	0,2596	25,4076	0,2600
15,1118	0,2509	19,0266	0,2518	20,7037	0,2522	22,9151	0,2522
30,1817	0,4856	38,0397	0,4873	41,4159	0,4873	45,8636	0,4881
23,4587	0,3654	29,6080	0,3666	32,2453	0,3666	35,7252	0,3673
2,7298	0,0410	3,4461	0,0411	3,7951	0,0411	4,1629	0,0412
0,1796	0,0026	0,2262	0,0026	0,2466	0,0026	0,2736	0,0026
0,6535	0,0102	0,8244	0,0102	0,8976	0,0103	0,9943	0,0103
0,0179	0,0003	0,0227	0,0003	0,0247	0,0003	0,0274	0,0003
Somma A Tr 20	Somma n Tr 20	Somma A Tr 100	Somma n Tr 100	Somma A Tr 200	Somma n Tr 200	Somma A Tr 500	Somma n Tr 500
935,9091	17,5389	1174,9062	17,6235	1277,5713	17,6547	1412,7537	17,6815

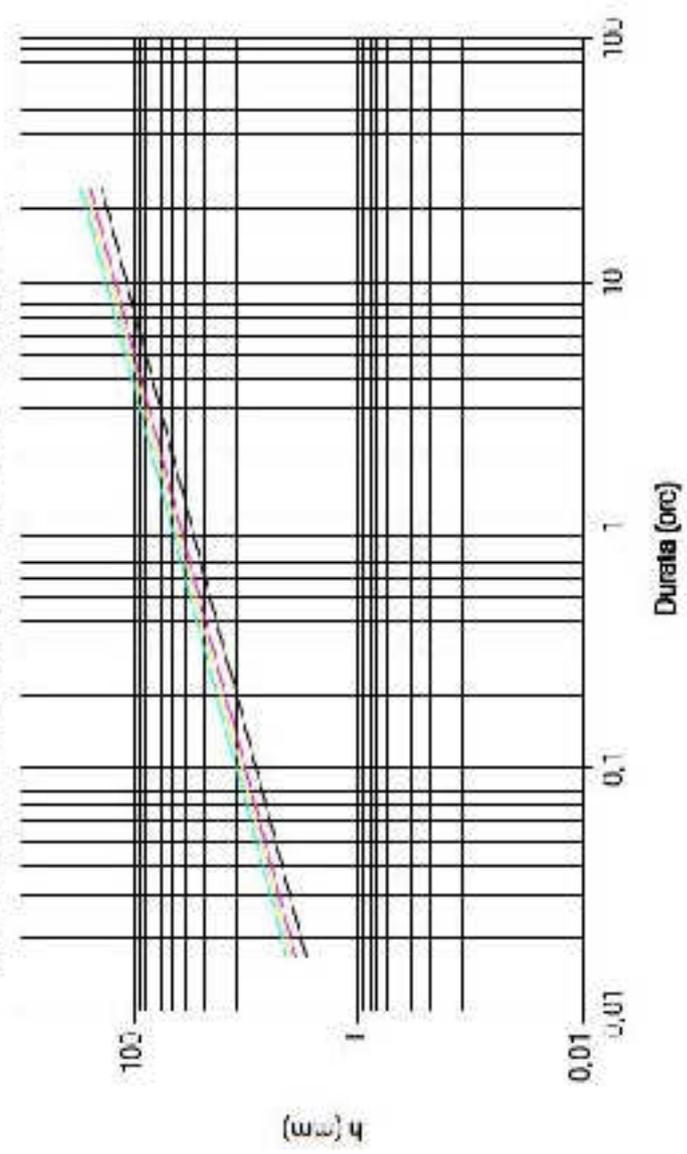
Valori di A e n per il baio del fbront An za a Ceppo Morelli

A Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
30,7964	0,57712	38,8607	0,5799	42,0390	0,5809	46,4872	0,5818

**CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA
RIFERITE AL BACINO DEL TOCE A RIALE**



**CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA
RIFERITE AL BACINO DEL TOCE A RIALE**



h_0Tr20 h_0Tr100 h_0Tr200 h_0Tr500 $h_0Tr1000$

Informazioni del bacino

A km ²	L km	H _m m	H _o m	l _m	lv	cd	t	P km	DZ m	Z _{max} m	H _{max} asta M
121,560	13,86	2457,80	745	0,09	0,55	0,80	0,79	48,89	50,00	4634	2020

Rapporto di circolarità Rc	0,639
Rapporto di allungamento Ri	1,251
Fattore di forma Rf	0,633
Rapporto di allungamento Ra	0,898
Percezione media del bacino lv	0,55
Rapporto di rilievo del bacino Rr	3889,00
Percezione dell'asta principale lm	0,09
Frequenza di diramaggio Fd	0,97
Densità di diramaggio D	0,01

DZ=	dislivello tra le curve di livello
P=	Perimetro km
A=	Superficie in km ²
L=	lunghezza asta principale in km
H _m =	Altitudine media in s.l.m.
H _o =	Altitudine sez di controllo in s.l.m.
l _m =	Percezione allo principale in m/m
lv=	percezione livellanti in m/m
cd=	Coefficiente di deflusso (da Gabeila)
t=	coefficiente di raggio (da USB Weather-1968 o Merlo-1973 o Molsillo-1986)
Q _{max} =	Portata di massima in m ³ /sec

portate

A kmq	L km	Hm m	Ho m	im	iv	cd	f
121,560	13,86	2316,86	745	0,09	0,55	0,80	0,79

Tempo di corrivazione (ore)

Tournon	Pezzoli	Giandotti	Kirpich	Aronica e Paltrinieri
1,83	2,51	2,05	1,25	2,53
110	151	123	75	152

media tc	1,91
----------	------

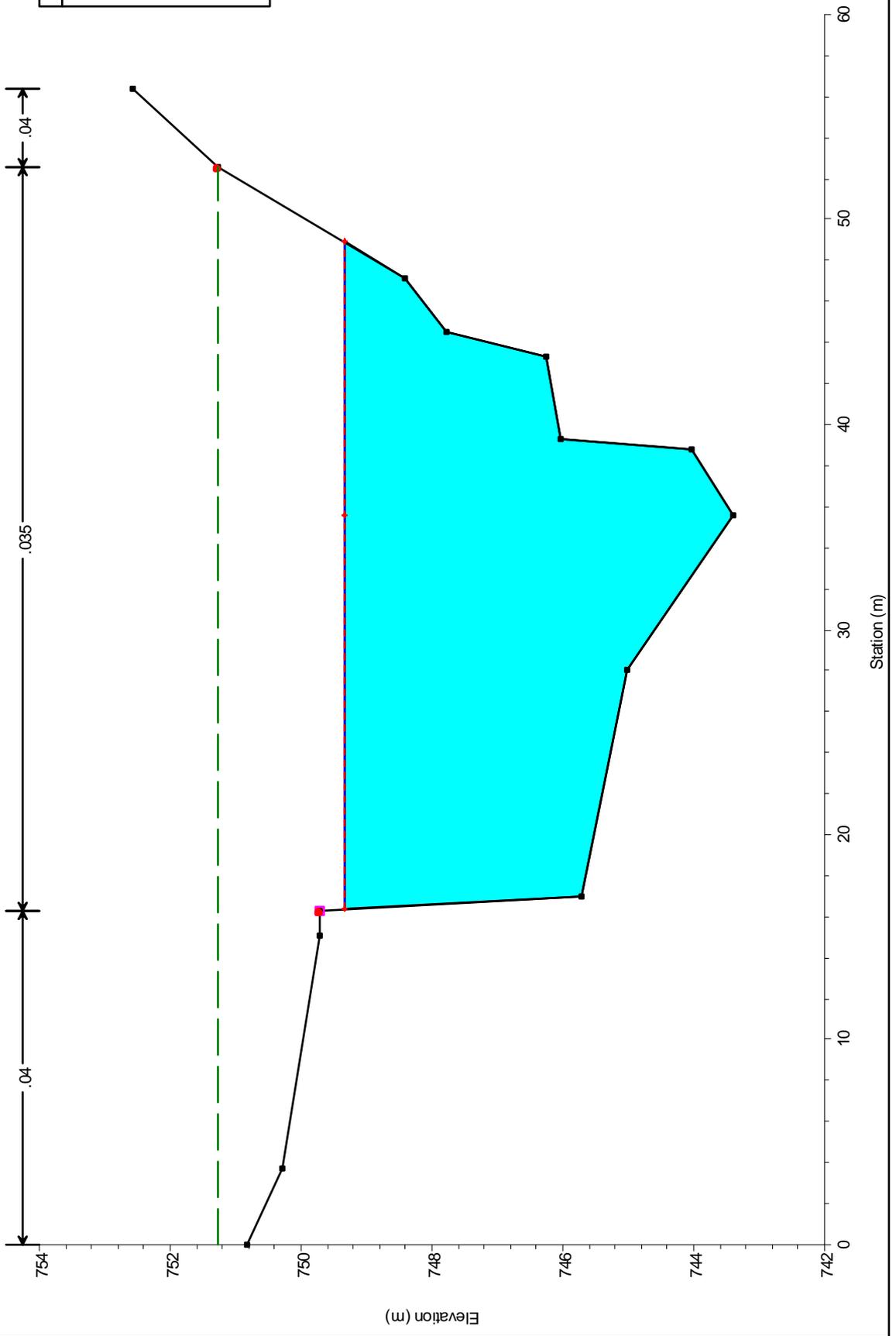
Tempo di ritorno in anni		20	100	200	500
Tournon	tc(ore)	1,8326140	1,832614	1,832614	1,8326140
	Htc (mm)	43,68	54,93	59,77	66,13
	Q max cinematica	507,27	637,89	694,06	767,91
Pezzoli	tc(ore)	2,51335	2,51335	2,51335	2,51335
	Htc (mm)	52,42	65,98	71,81	79,47
	Q max cinematica	443,84	558,62	608,01	672,89
Giandotti	tc(ore)	2,04594	2,04594	2,04594	2,04594
	Htc (mm)	46,55	58,55	63,72	70,50
	Q max cinematica	484,19	609,05	662,76	733,35
Kirpich	tc(ore)	1,25216	1,25216	1,25216	1,25216
	Htc (mm)	35,06	44,05	47,91	52,99
	Q max cinematica	595,92	748,57	814,17	900,50
Aronica e Paltrinieri	tc(ore)	2,53285	2,53285	2,53285	2,53285
	Htc (mm)	52,65	66,27	72,13	79,83
	Q max cinematica	547,68	689,32	750,27	830,34

- A = Superficie in kmq
L = lunghezza asta principale in km
Hm = Altitudine media in m s.l.m.

Ho = Altitudine sez di chiusura in m s.l.m.
im = Pendenza alvo principale in m/m

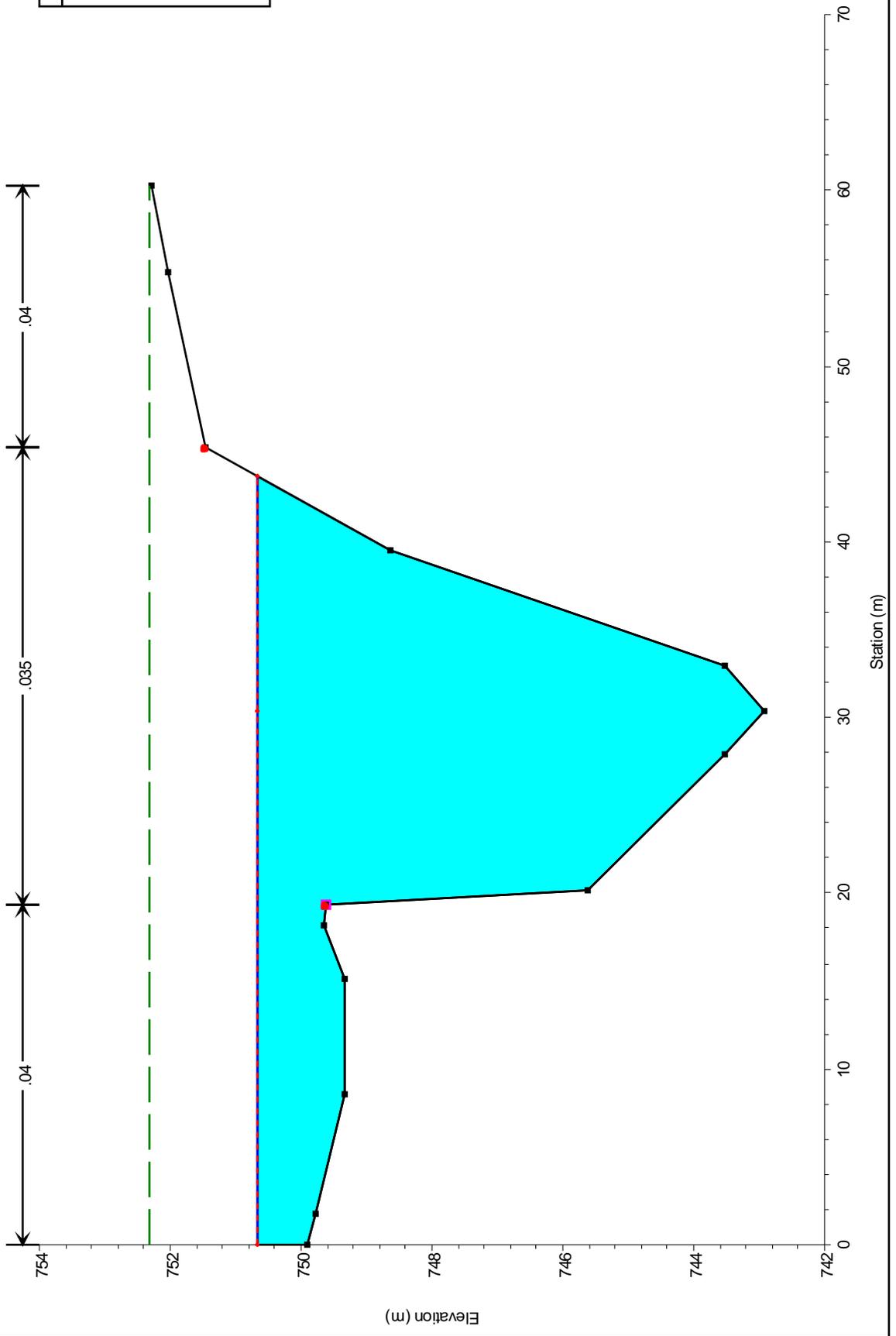
iv = pendenza dei versanti in m/m
cd = Coefficiente di deflusso (da Gabella)

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



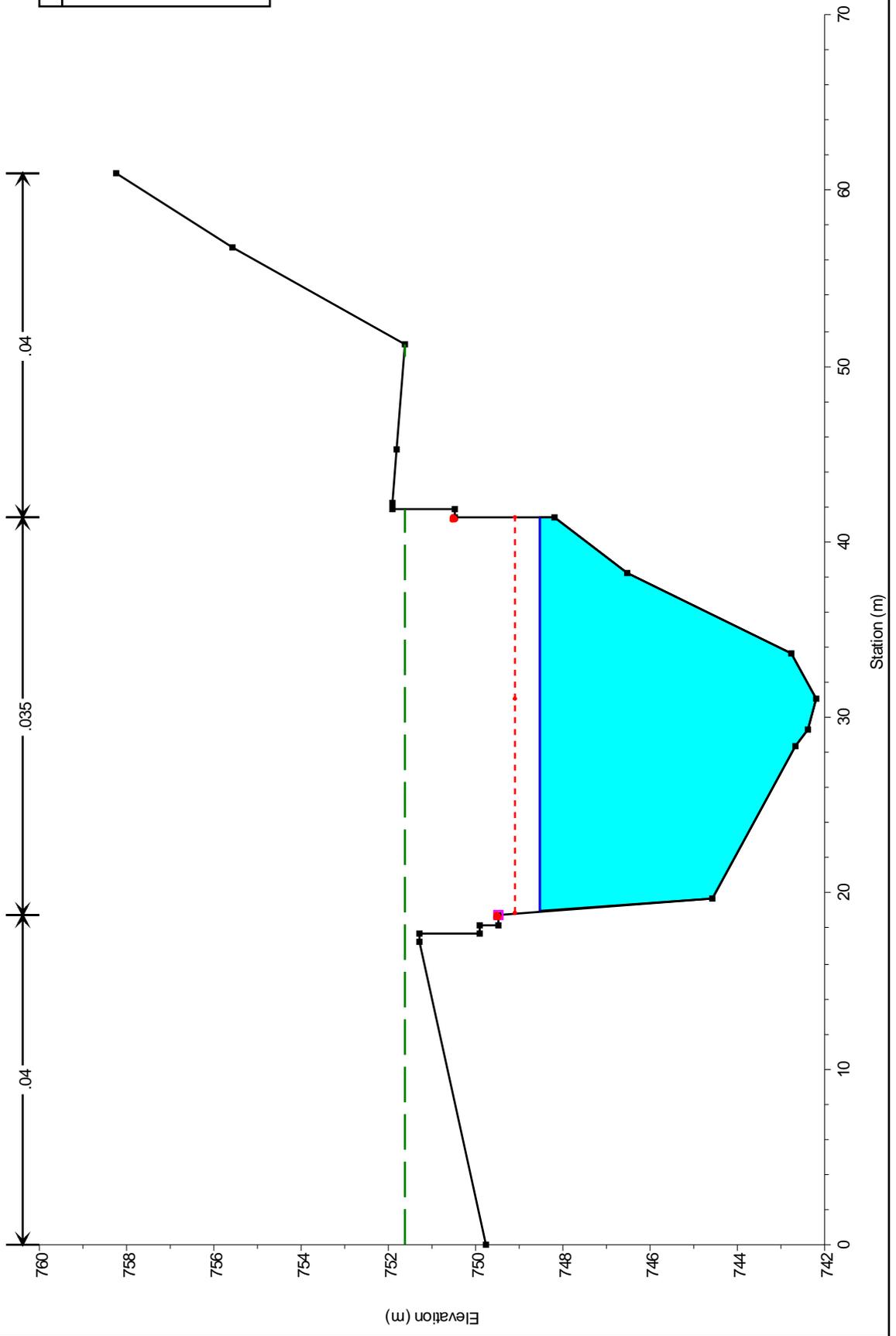
Legend	
—	EG Tr: 200
—	WS Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
—	Ground
■	Levee
●	Bank Sta

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



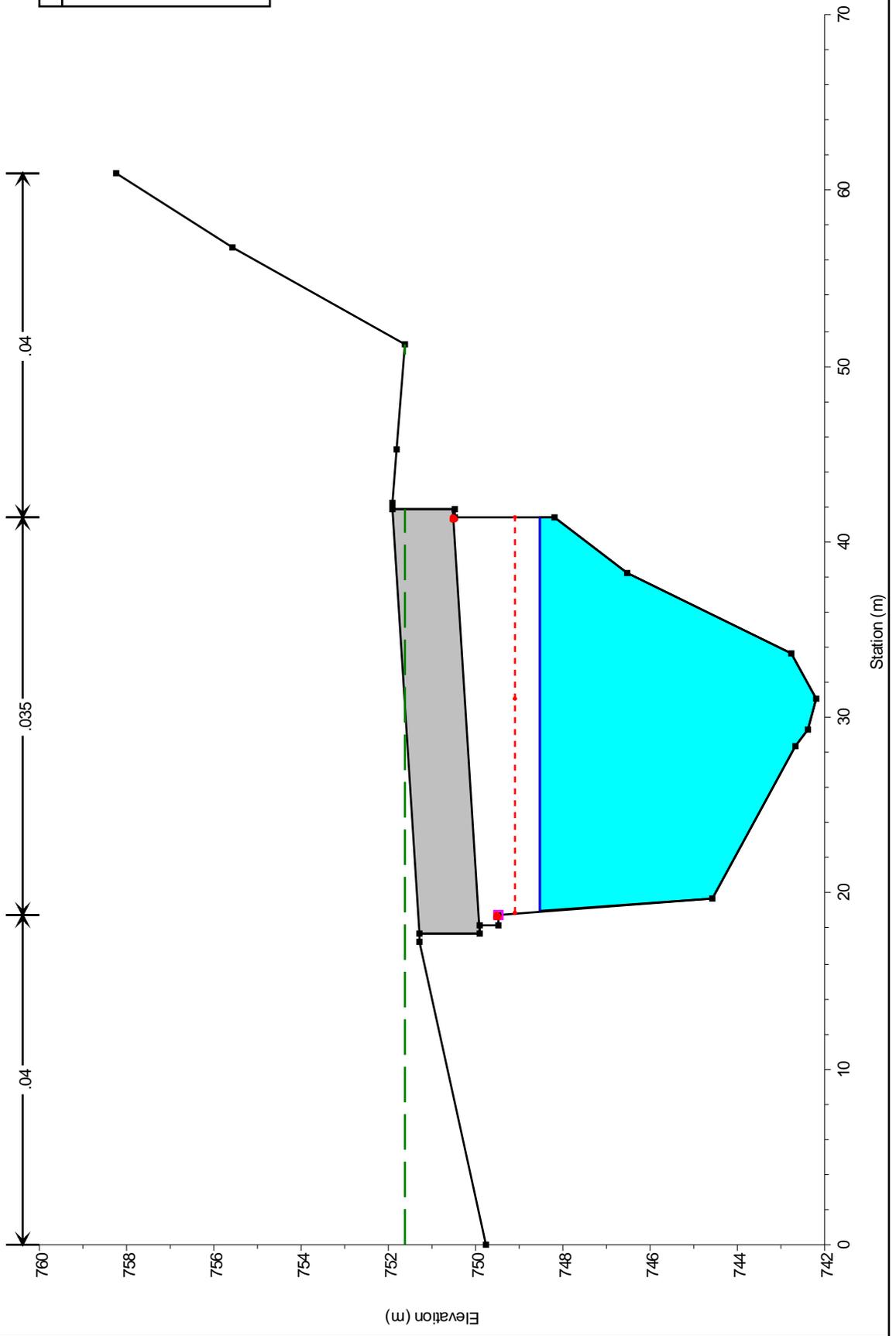
Legend	
EG Tr 200	(Dashed Green Line)
WS Tr 200	(Solid Blue Line)
Crit Tr 200	(Dashed Red Line)
Ground	(Black Line with Square Markers)
Levee	(Red Line with Square Markers)
Bank Sta	(Red Dot)

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



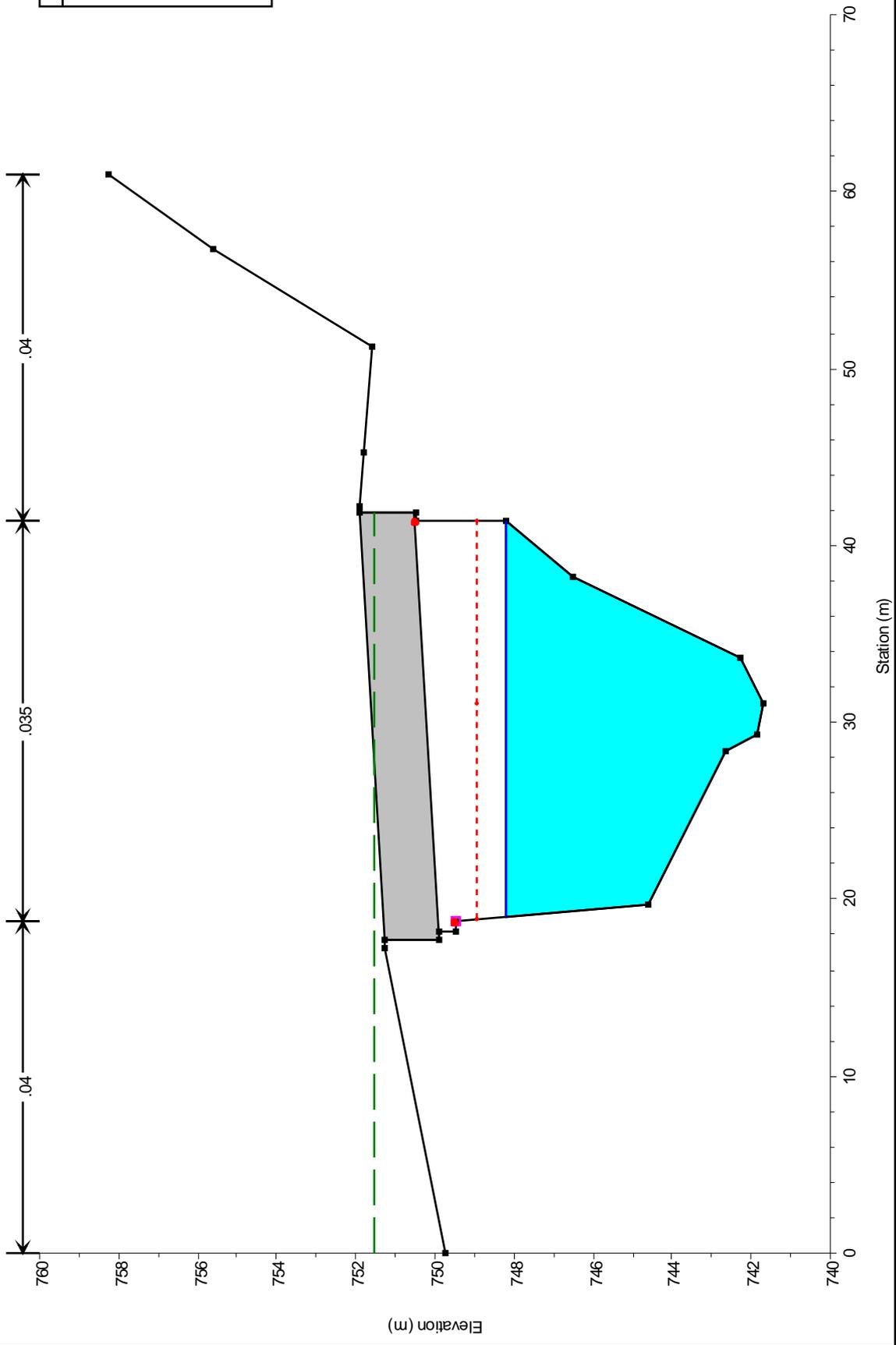
Legend	
—	EG Tr 200
- - -	Crit Tr 200
—	WS Tr 200
■	Ground
□	Levee
●	Bank Sta

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



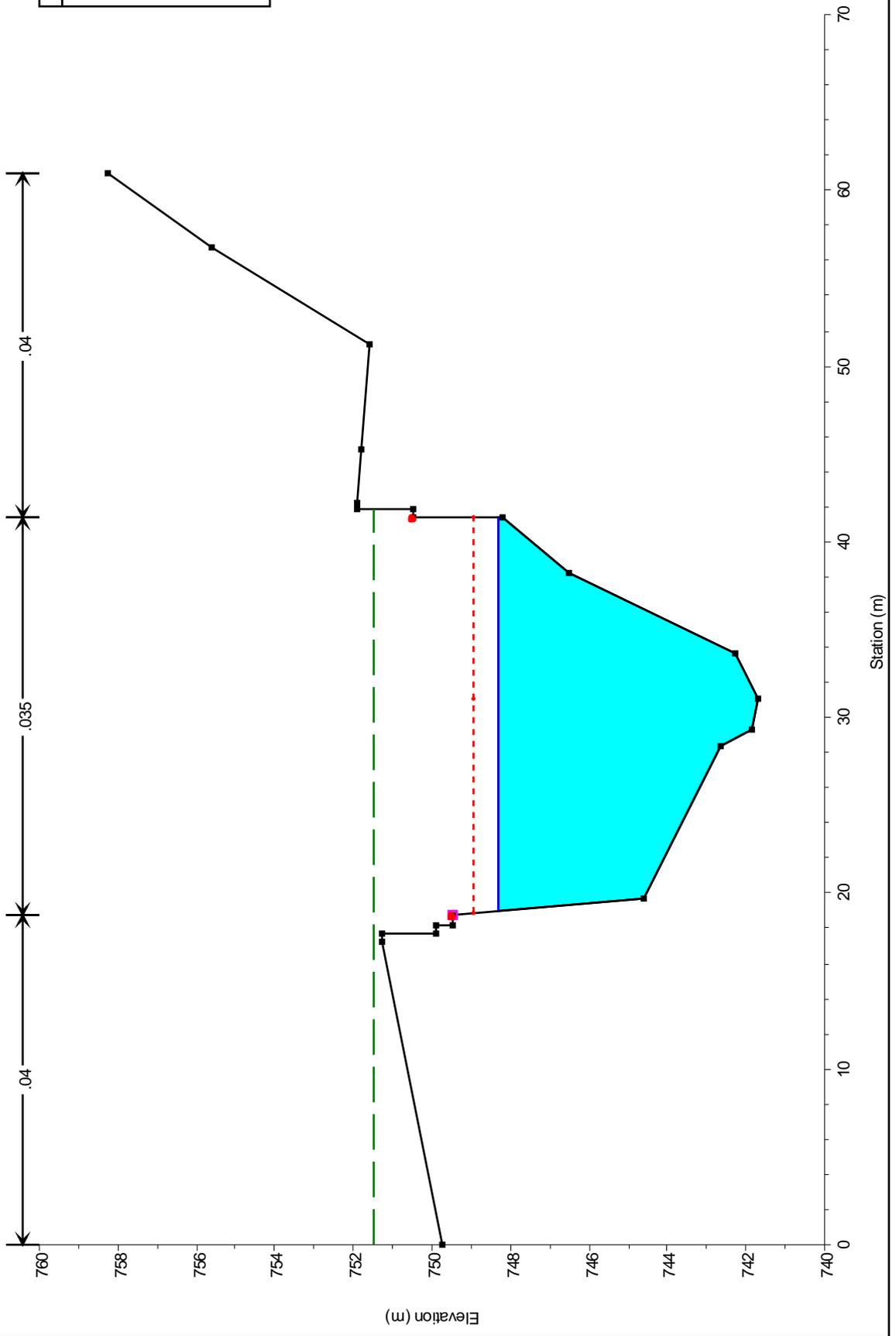
Legend	
—	EG Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
—	WS Tr: 200
■	Ground
□	Levee
●	Bank Sta

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

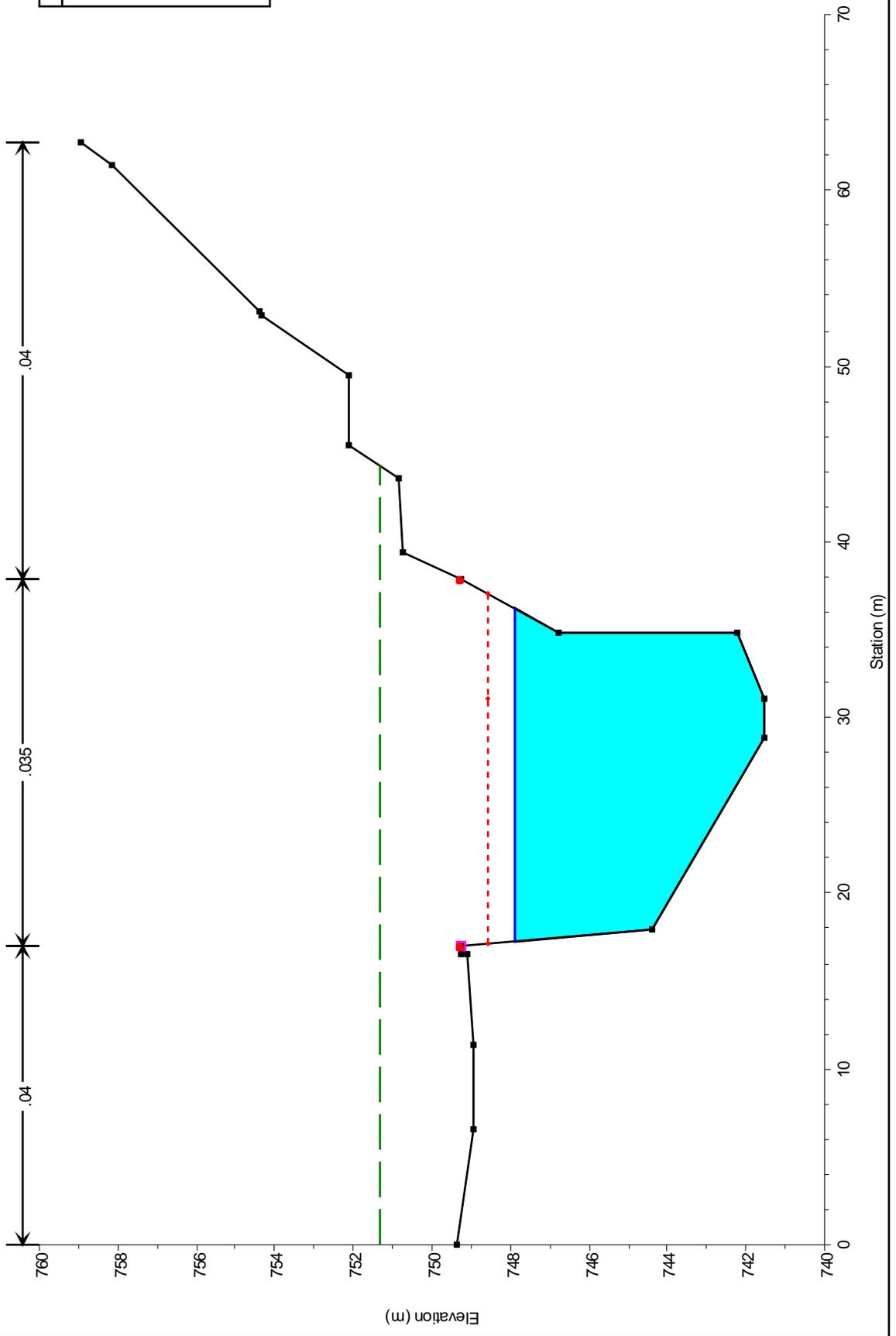


Legend	
EG Tr: 200	Green dashed line
Crit Tr: 200	Red dashed line
WS Tr: 200	Blue solid line
Ground	Black solid line
Levee	Pink square
Bank Sta	Red dot

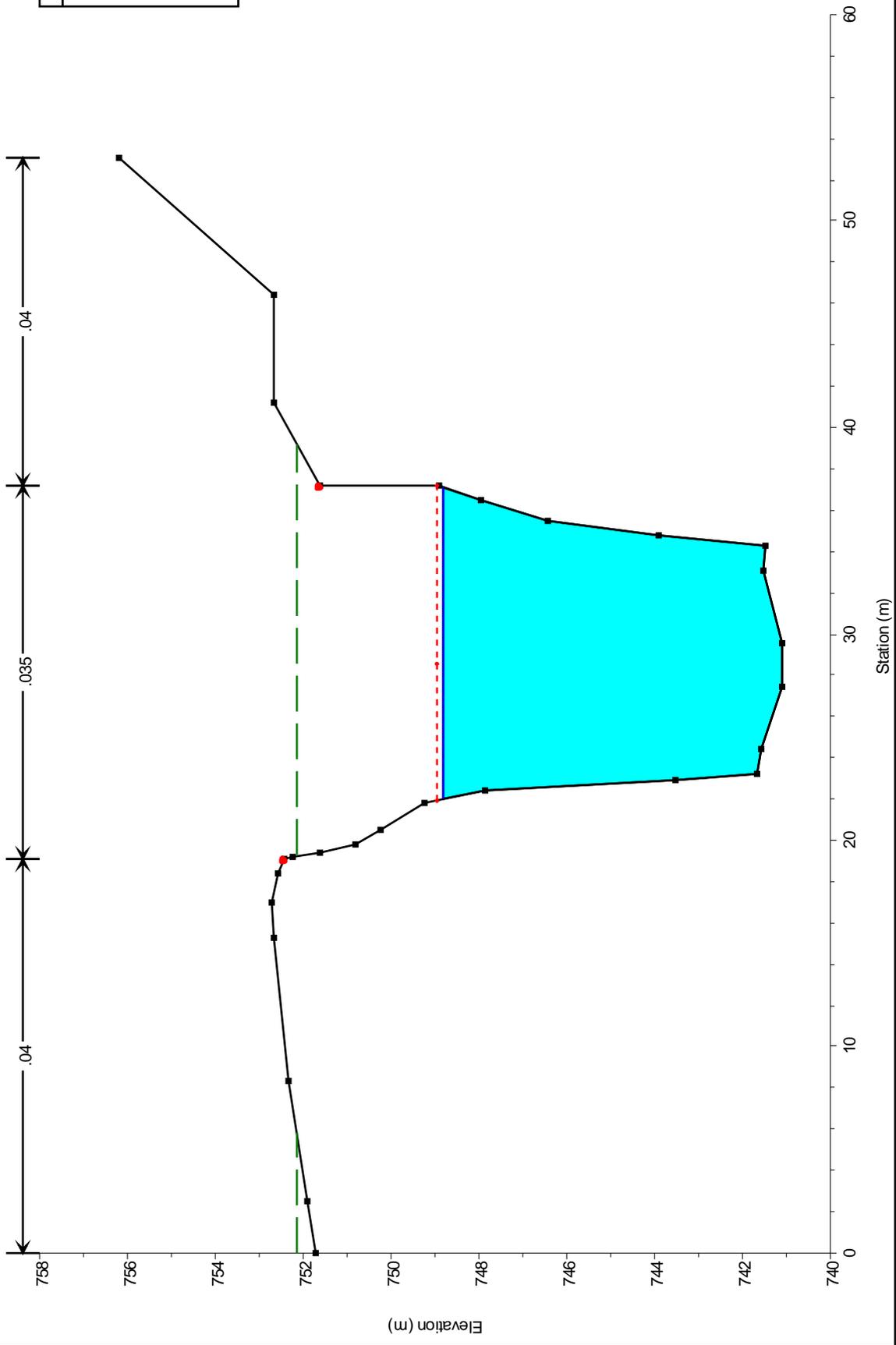
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



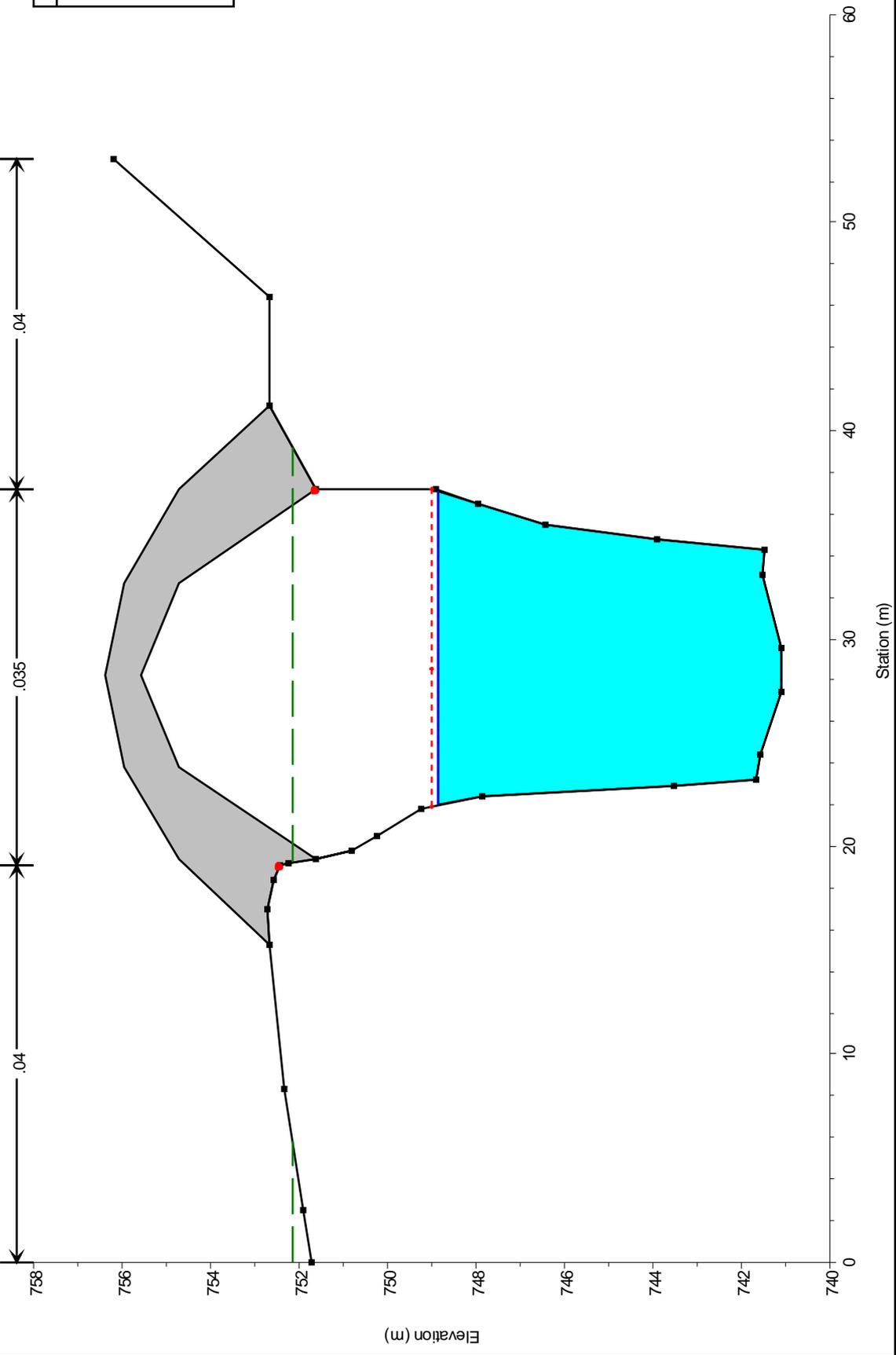
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



Legend	
—	EG Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
—	WS Tr: 200
—	Ground
•	Bank Sta

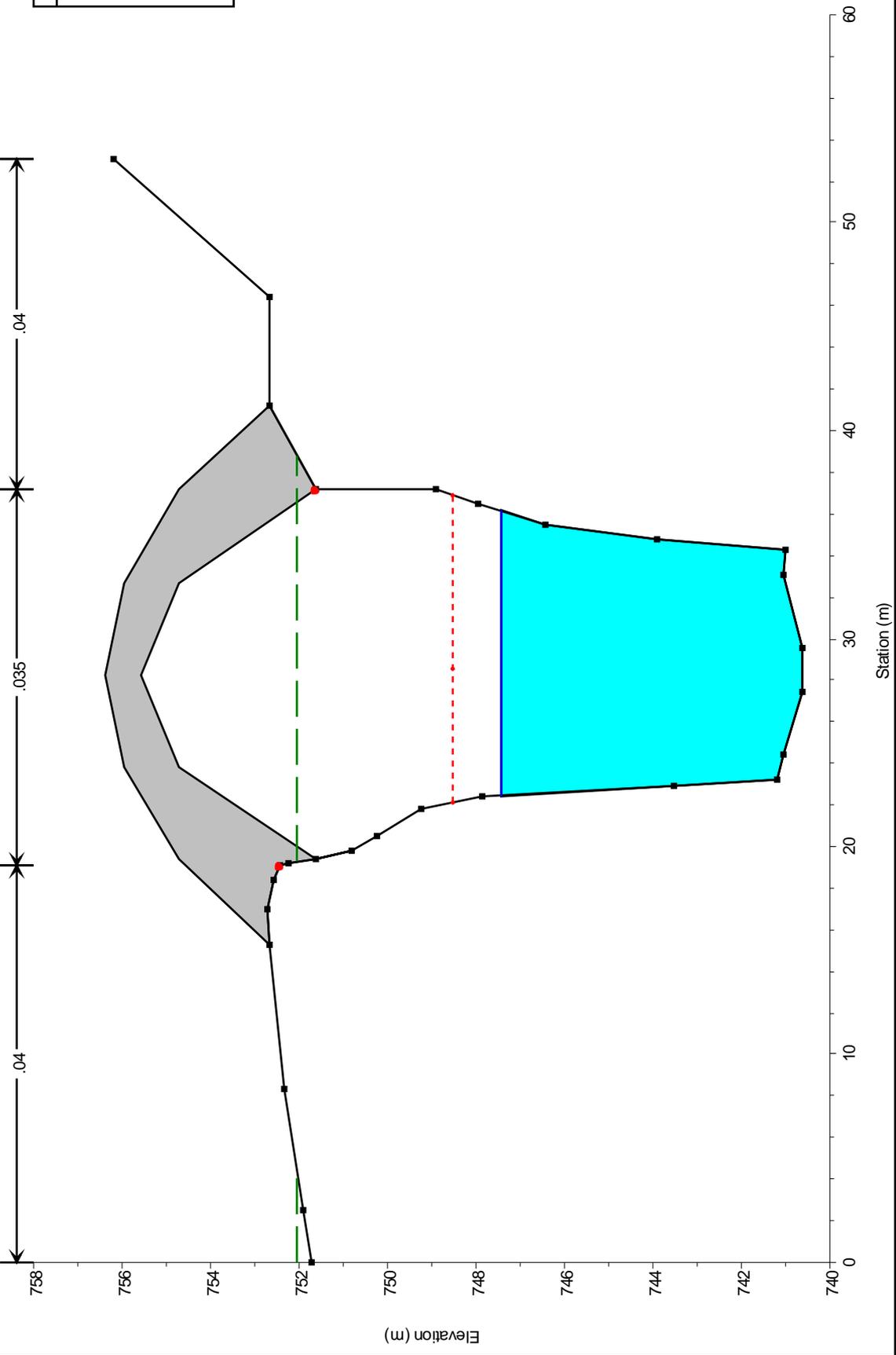
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

ponite ad arco in pietra



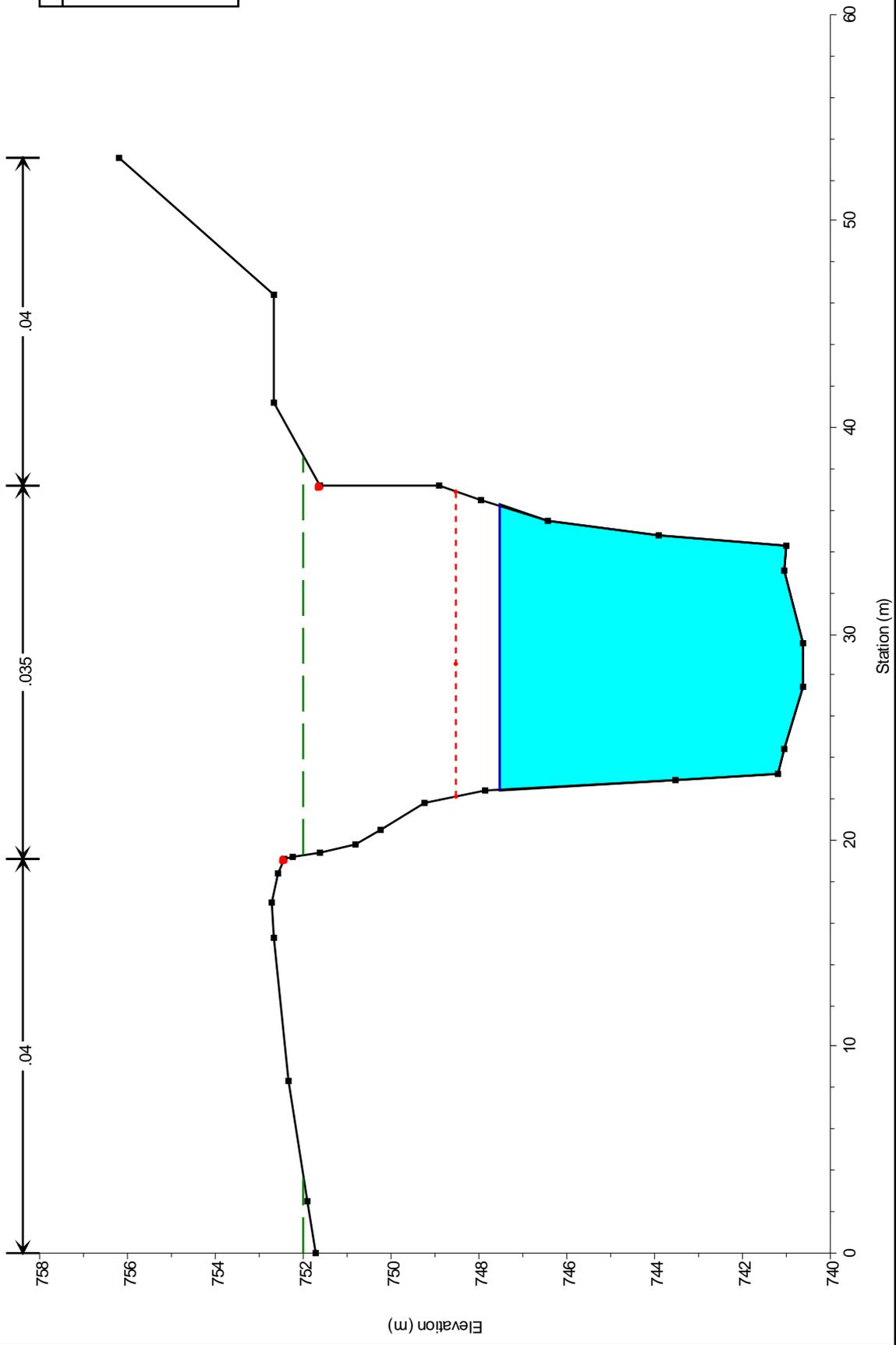
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

ponte ad arco in pietra



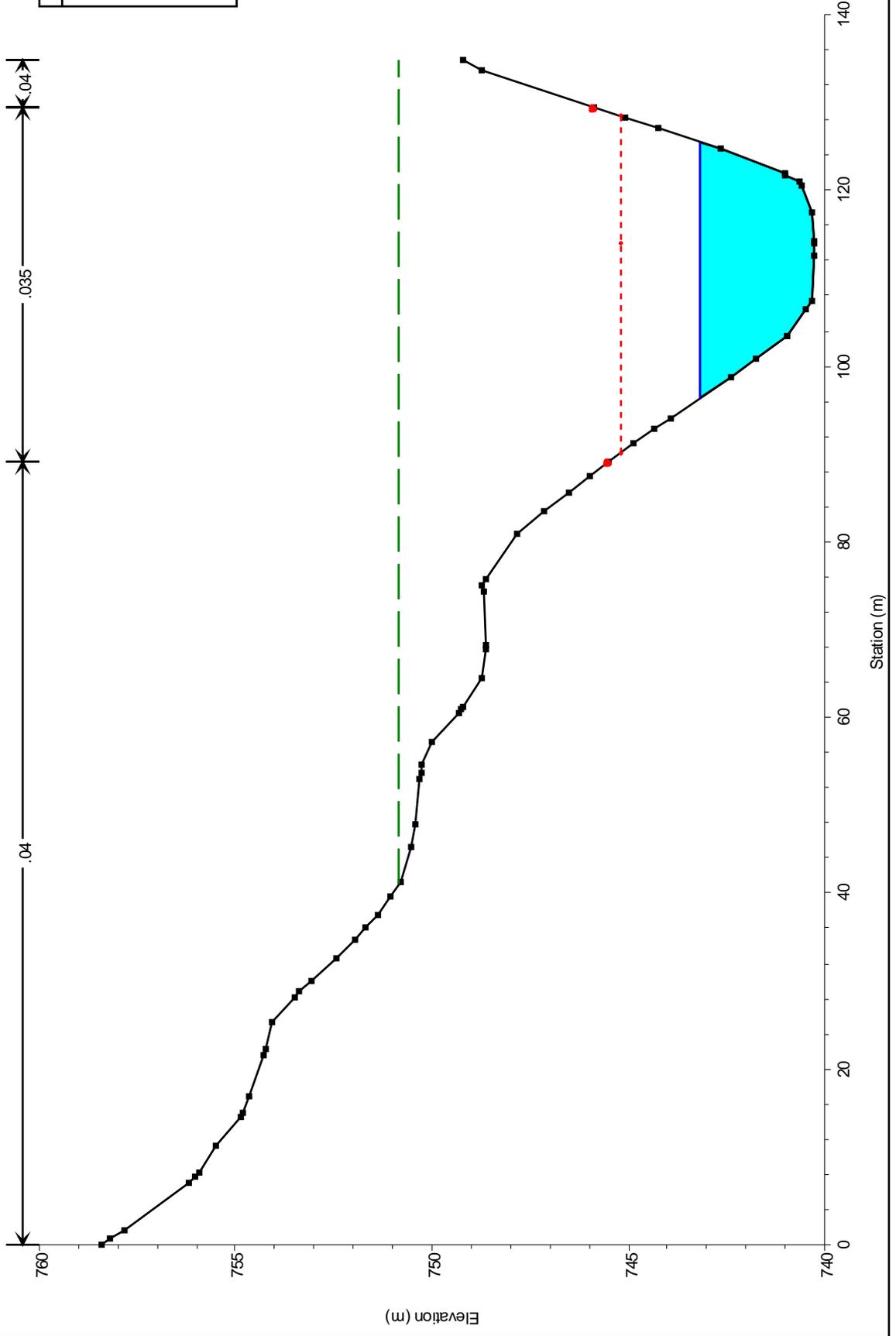
Legend	
—	EG Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
—	WS Tr: 200
■	Ground
●	Bank Sta

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



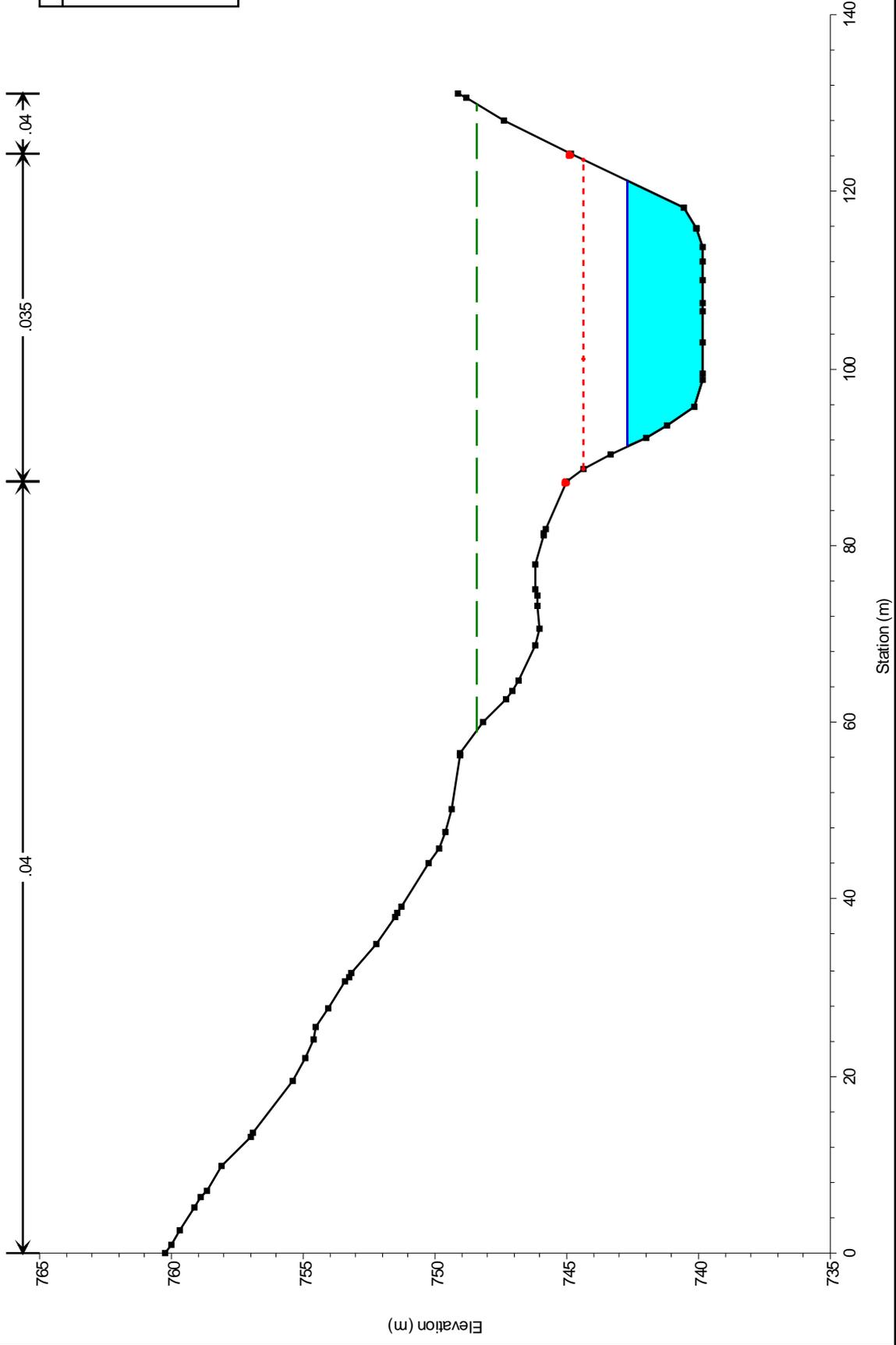
Legend	
—	EG Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
- - -	WS Tr: 200
—	Ground
•	Bank Sta

PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

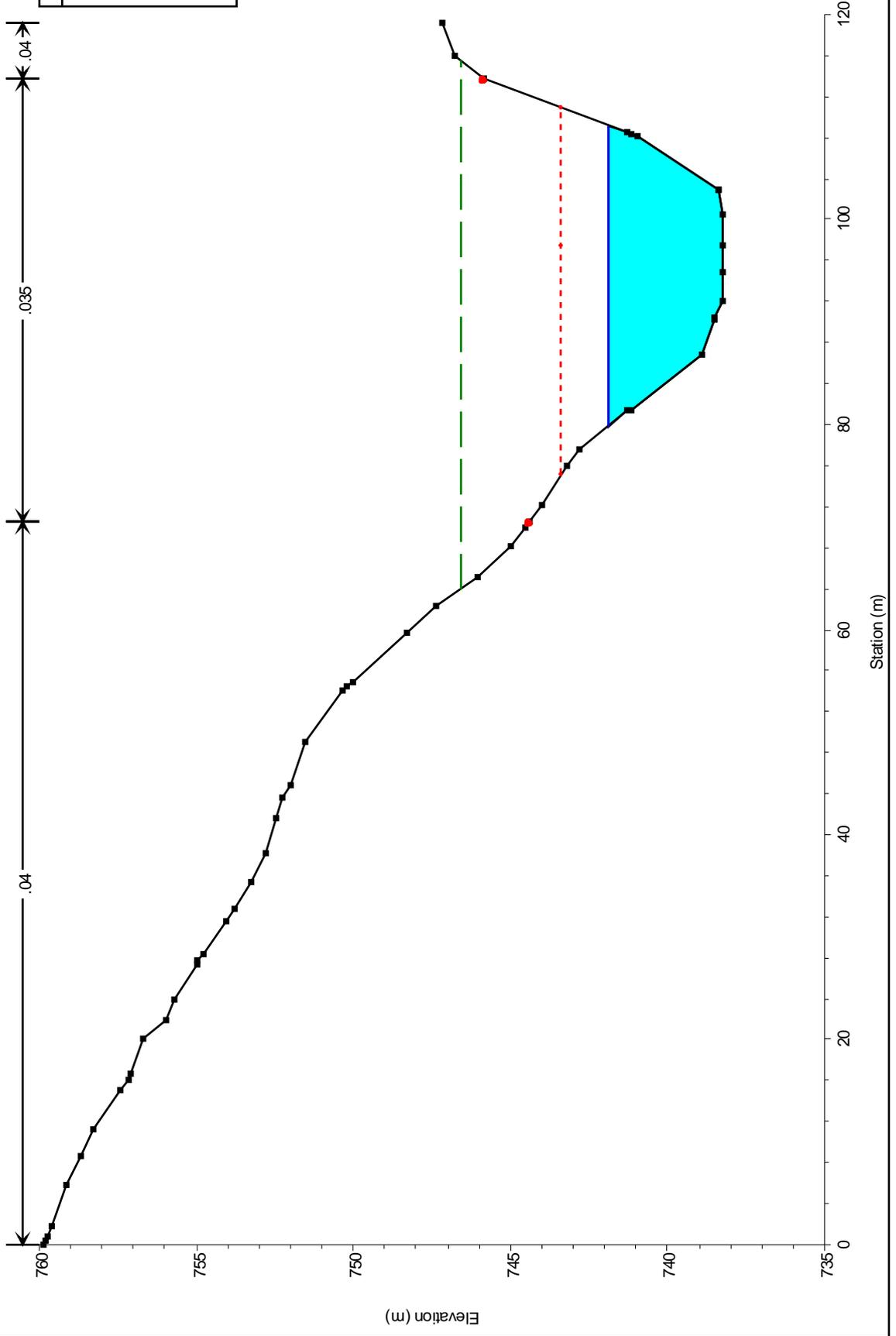


Legend	
—	EG Tr 200
- - -	Crit Tr 200
—	WS Tr 200
■	Ground
●	Bank Sta

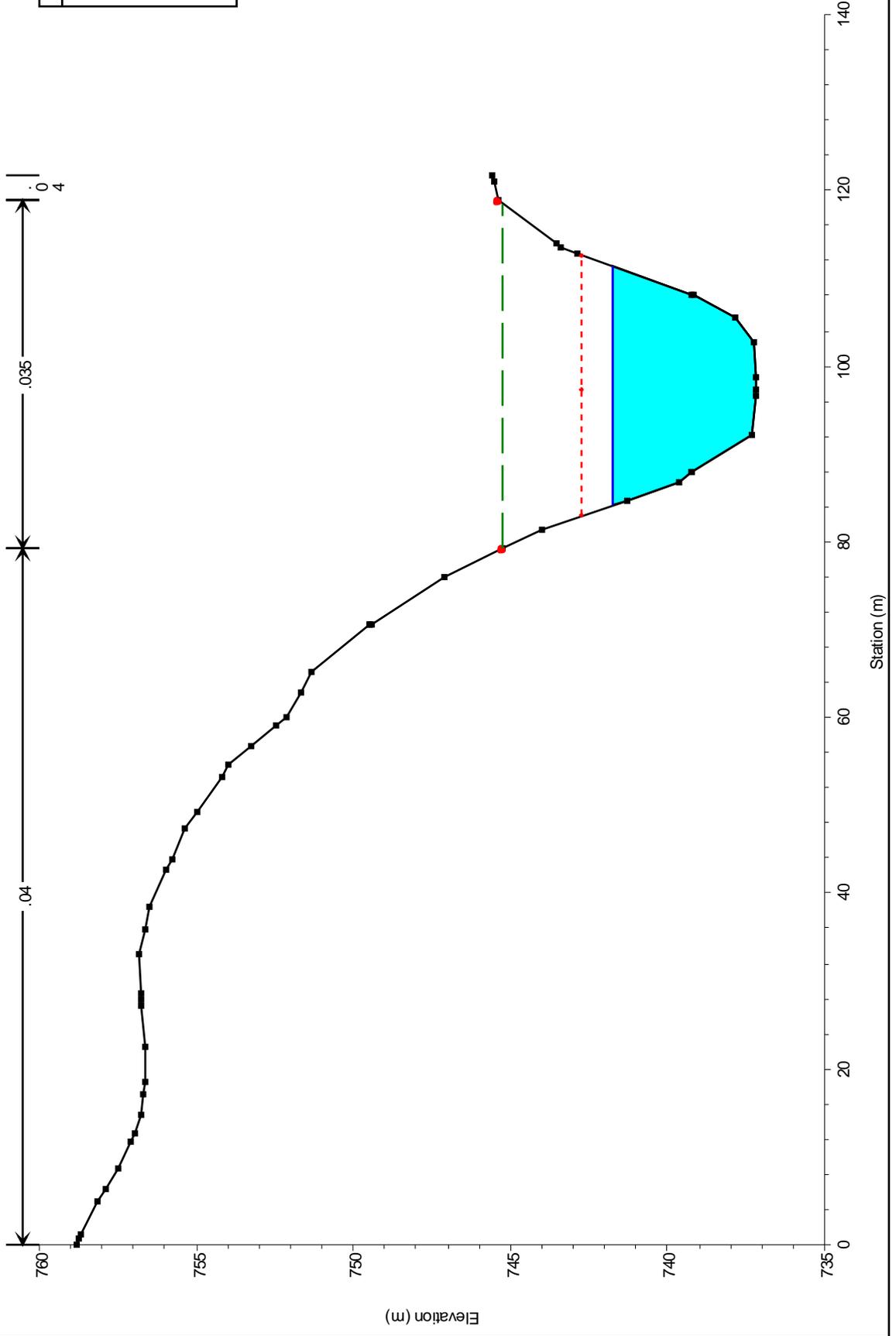
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



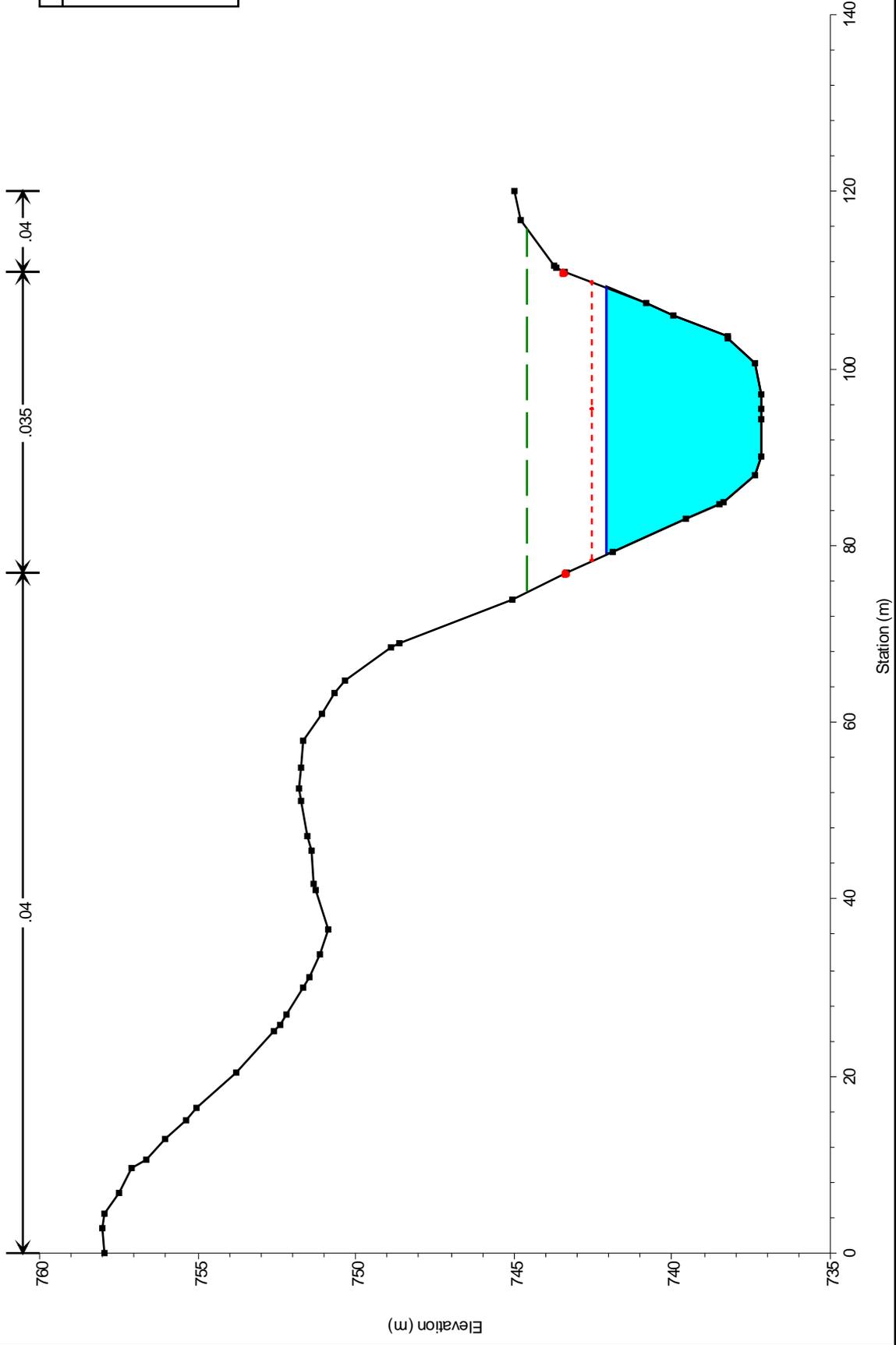
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017



PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

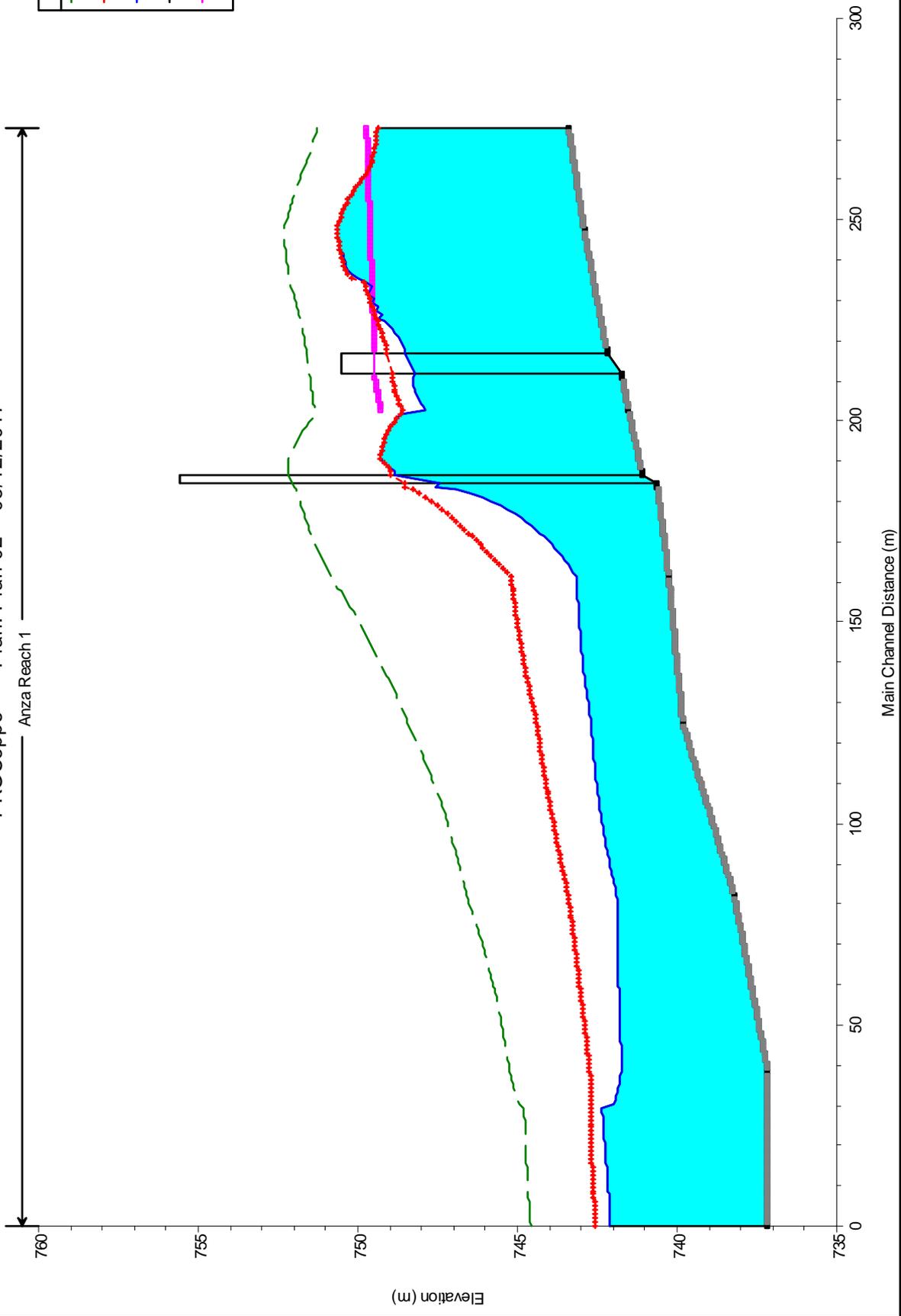


Legend	
—	EG Tr: 200
- - -	Crit Tr: 200
—	WS Tr: 200
■	Ground
●	Bank Sta

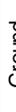
PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

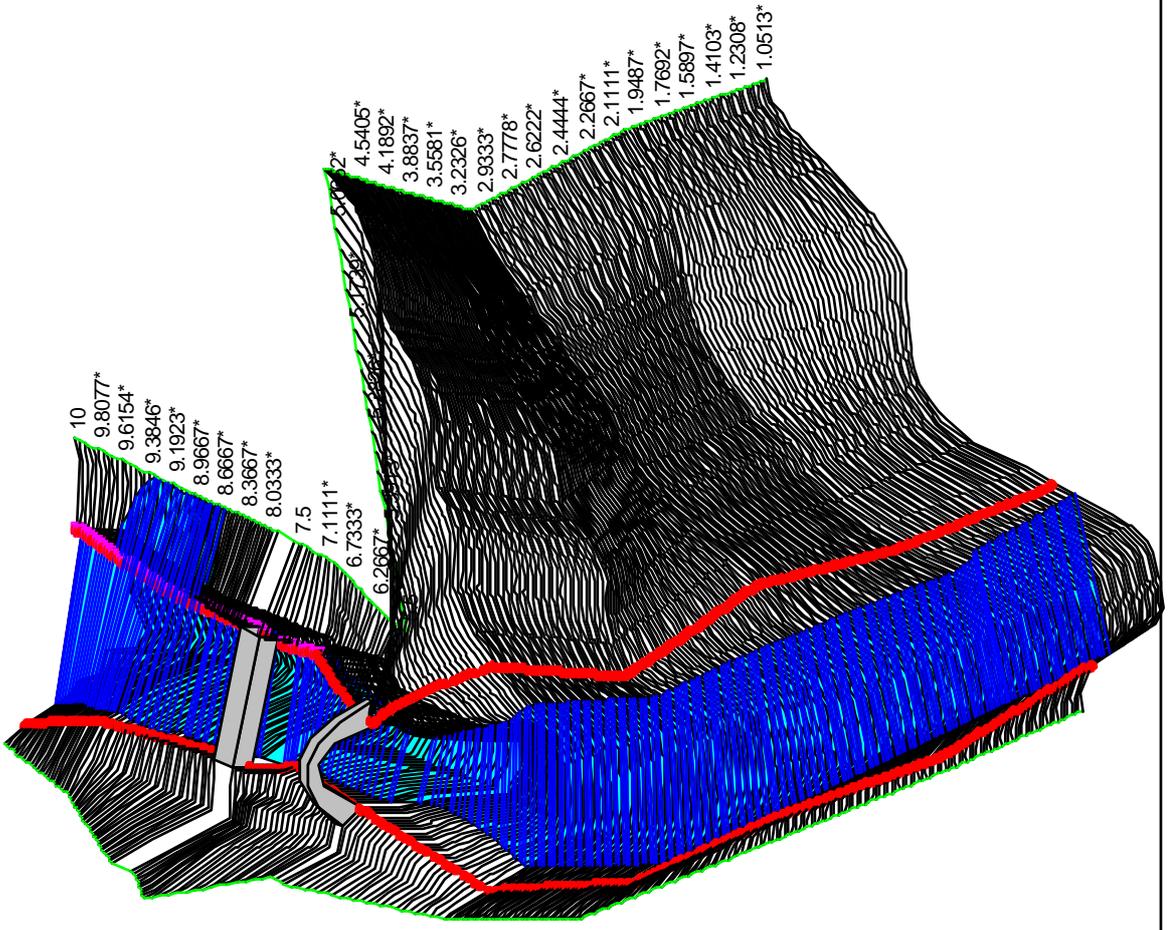
Anza Reach 1

Legend	
EG Tr 200	— (Green dashed line)
Crit Tr 200	- - - (Red dashed line)
WS Tr 200	— (Blue solid line)
Ground	— (Black solid line)
Left Levee	— (Magenta solid line)



PRGCeppo Plan: Plan 02 05/12/2017

Legend	
	WS Tr 200
	Ground
	Levee
	Bank Sta
	Ground



HEC-RAS Plan: Plan.02 River: Anza Reach: Reach 1 Profile: Tr 200

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	10	Tr 200	762.17	743.39	749.35	749.35	751.27	0.009732	6.15	123.96	32.58	1.01
Reach 1	9	Tr 200	762.17	742.91	750.66	750.66	752.32	0.006612	5.87	143.92	43.73	0.84
Reach 1	8	Tr 200	762.17	742.21	748.51	749.08	751.62	0.014184	7.81	97.58	22.42	1.20
Reach 1	7.6	Bridge										
Reach 1	7.5	Tr 200	762.17	741.71	748.28	748.92	751.50	0.015046	7.94	96.00	22.37	1.22
Reach 1	7	Tr 200	762.17	741.52	747.89	748.58	751.35	0.016181	8.23	92.60	18.99	1.19
Reach 1	6	Tr 200	762.17	741.11	748.83	748.97	752.16	0.014611	8.08	94.38	15.12	1.03
Reach 1	5.7	Bridge										
Reach 1	5.5	Tr 200	762.17	740.61	747.54	748.53	752.00	0.021529	9.35	81.48	13.82	1.23
Reach 1	5	Tr 200	762.17	740.26	743.15	745.21	750.86	0.070543	12.29	61.99	28.99	2.68
Reach 1	4	Tr 200	762.17	739.82	742.69	744.40	748.43	0.046026	10.62	71.80	30.07	2.19
Reach 1	3	Tr 200	762.17	738.21	741.89	743.40	746.60	0.032278	9.60	79.36	29.40	1.87
Reach 1	2	Tr 200	762.17	737.15	741.74	742.73	745.23	0.018533	8.27	92.13	27.17	1.43
Reach 1	1	Tr 200	762.17	737.15	742.10	742.54	744.57	0.011960	6.97	109.37	30.27	1.17

