

Regione Piemonte

Provincia di Torino



COMUNITA' MONTANA DEL PINEROLESE

PIANO REGOLATORE GENERALE INTERCOMUNALE

*VARIANTE STRUTTURALE DI ADEGUAMENTO AL P.A.I.
redatta ai sensi della L.R.. 1/2007*


SUB AREA: VAL GERMANASCA

COMUNE: MASSELLO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

RELAZIONE IDRAULICA

Elaborato	Scala	
5.19	—	<i>Elaborazione indagini idrauliche (maggio 2012): Elaborato conforme all'originale, non soggetto a modifica</i>
CODICE: 13009-C46-0		<i>EDes Ingegneri Associati</i>
REVISIONE	DATA	<i>Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI</i>
		<i>Dott. Ing. Luca GATTIGLIA</i>
		<i>Collaborazione: Dott. Geol. Sara CASTAGNA</i>
		
		EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010 Corso Peschiera 191, 10141 Torino Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902 www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNITA' MONTANA
VALLI CHISONE, GERMANASCA, PELLICE,
PINEROLESE PEDEMONTANO

VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DA EFFETTUARSI AI
SENSI DELL'ART. 18 COMMA 2 DELLA DELIBERAZIONE N. 1/99
DELL'AUTORITA' DI BACINO PER I COMUNI INSERITI NELLE CLASSI
DI RISCHIO R3 ED R4

VAL GERMANASCA

COMUNE DI MASSELLO
RELAZIONE IDRAULICA

Indice:

1	PREMESSA	2
2	METODOLOGIA DI STUDIO	2
3	STUDIO IDROLOGICO.....	3
3.1	DESCRIZIONE DEI BACINI IMBRIFERI DEL TERRITORIO COMUNALE SOGGETTI A STUDIO.....	3
3.2	DETERMINAZIONE DEI VALORI DI PORTATA IN CONDIZIONI DI MASSIMA PIENA E SINTESI DELLE GRANDEZZE IDROLOGICHE.	3
3.2.1	SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	4
3.2.2	IL METODO RAZIONALE	4
3.2.3	TABELLE RIASSUNTIVE DEL METODO RAZIONALE PER I BACINI MINORI INDAGATI NEL PRESENTE STUDIO DI DETTAGLIO	6
3.2.4	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI BACINI E VALORI DI PORTATA DI MASSIMA PIENA SULLA BASE DELLO STUDIO IDROLOGICO GENERALE.....	9
4	STUDIO IDRAULICO	12
4.1	STUDIO IDRAULICO E DEFINIZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI.....	12
4.2	VALUTAZIONE RELATIVE AL TRASPORTO SOLIDO POTENZIALE	13
5	ANALISI DEI RISULTATI E INDICAZIONI DELLE MISURE DA ADOTTARE	27

1 PREMESSA

Il presente studio ha per oggetto la verifica di compatibilità idraulica e idrogeologica delle previsioni degli strumenti urbanistici in vigore con le condizioni di dissesto presenti o potenziali rilevate nella cartografia di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Legge 10 maggio 1989, n° 183, art. 17 comma 6 ter), relativamente alle aste dei Torrenti Germanasca e dei suoi tributari laterali nella porzione urbanizzata del territorio del Comune di Massello.

Lo scopo dello studio è fornire all'Amministrazione un quadro delle condizioni di pericolosità idraulica ed idrogeologica delle aree limitrofe alle aste in esame, al fine di verificare e dove possibile definire in maggiore dettaglio le condizioni di criticità individuate nel PAI; infatti le cartografie allegare al citato Piano riportano una indicazione simbolica di pericolosità connessa con le aree oggetto di studio, senza definire in dettaglio, data la scala di restituzione del Piano stesso (1:25.000), una perimetrazione delle aree direttamente interessate dai fenomeni di dissesto. Inoltre il presente studio idraulico ha valenza di supporto tecnico agli studi geologici in fase di redazione a supporto della redazione del PRGC.

Al termine del presente studio viene pertanto fornita una cartografia in scala 1:10.000 con l'individuazione delle aree esondabili e dei punti critici dal punto di vista idraulico, redatta sulla base delle risultanze degli studi idrologici ed idraulici e delle verifiche di dettaglio in sito.

2 METODOLOGIA DI STUDIO

Come più in dettaglio descritto nella relazione metodologica generale, lo studio è stato condotto secondo la seguente metodologia:

- A) Acquisizione dei rilievi topografici a terra: sono state rilevate o acquisite sezioni trasversali dei corsi d'acqua relativi alle situazioni di maggior criticità sotto il profilo idraulico connesse con le previsioni urbanistiche nell'area in esame; in particolare i rilievi hanno interessato l'asta del Torrente Germanasca in loc. Balsiglia, e lungo i principali affluenti laterali in sinistra orografica, in corrispondenza delle aree insediate. L'ubicazione delle sezioni rilevate, è stata effettuata in modo da garantire l'acquisizione dei dati geometrici necessari alla modellizzazione idraulica dei fenomeni di piena; inoltre sono stati rilevati i principali manufatti di attraversamento esistenti lungo le aste esaminate.
- B) Studio idrologico dei torrenti e dell'asta dei corsi d'acqua in esame, al fine di determinare i valori delle portate al colmo, con riferimento ai valori corrispondenti a tempi di ritorno 100, 200 e 500 anni.
- C) Studio idraulico dei torrenti esteso ai tratti rilevati, realizzato mediante codice di HEC-RAS che consente il calcolo del profilo idraulico in moto permanente e la determinazione dei livelli idrometrici nelle diverse ipotesi di calcolo nelle situazioni di maggior pericolosità; verifiche idrauliche in moto uniforme dei manufatti di attraversamento nei casi di minor complessità. Lo studio idraulico effettuato viene sintetizzato nella carta dei nodi idraulici. Su tale carta sono stati individuati e censiti tutti gli attraversamenti. Per quelli cui viene dato parere positivo (pallino verde) e non vengono fornite verifiche numeriche di dettaglio si

considera evidente la non interferenza con il corso d'acqua e si considera valida la sola valutazione qualitativa sulla compatibilità dell'opera. Vengono infine fornite valutazioni relative al trasporto solido.

- D) Individuazione delle aree a maggior pericolosità, sulla base dei risultati numerici delle verifiche effettuate, di considerazioni morfologiche e della valutazioni effettuate in seguito a verifiche di dettaglio in loco delle situazioni a maggior criticità; indicazioni delle misure da adottare al fine di rendere compatibili le previsioni degli strumenti urbanistici con lo stato dei dissesti presenti o potenziali, in relazione al loro grado di pericolosità, ai tempi necessari per gli interventi e agli oneri conseguenti.

3 STUDIO IDROLOGICO

3.1 DESCRIZIONE DEI BACINI IMBRIFERI DEL TERRITORIO COMUNALE SOGGETTI A STUDIO

La vallata del Germanasca di Massello risulta di forma piuttosto regolare con tributari laterali di una certa importanza. Il Germanasca di Massello nasce dalla dorsale che va dal monte Morefreddo alla Fea Nera, Tale Bacino di testata, che si chiude a monte del rio Cassiera, nello studio idrologico generale viene denominato A11 e presenta una estensione di circa 17 km². A valle riceve in destra il rio Cassiera (area A12 di circa 6.2 km²) in frazione Balsiglia. Ulteriori rii indagati risultano in sinistra, il rio del Rabbioso 4.3 km², la Riva Culmian 3.4 km² ed infine il rio della Borgata Colmiano denominato anche A14 nello studio idrologico generale ed avente una estensione di 0.69 km². Complessivamente la valle di Massello presenta una estensione di quasi 37 km² a monte della confluenza del Salza con una altezza media di quasi 2000 msm ed una lunghezza complessiva dell'asta fluviale principale di circa 10 km.

3.2 DETERMINAZIONE DEI VALORI DI PORTATA IN CONDIZIONI DI MASSIMA PIENA E SINTESI DELLE GRANDEZZE IDROLOGICHE.

Le verifiche previste impongono la valutazione delle portate di massima piena per i rii e le sezioni di chiusura lungo l'asta principale ove queste sono effettuate.

Come illustrato in precedenza è stato realizzato un modello idrologico generale relativo all'intera val Germanasca; inoltre nella presente relazione si è proceduto ad un'analisi di ulteriore dettaglio relativa ad alcuni sottobacini minori, per i quali lo studio generale non forniva il valore di portata per ragioni di scala di studio, analisi che ha consentito di caratterizzare da un punto di vista idrologico tutti i corsi d'acqua di interesse alla scala comunale.

In particolare, per il comune di Massello, in occasione dello studio idrologico generale i bacini dal n° 11 al n° 15 riguardano il corso del torrente Germanasca di Massello; pertanto nel seguito verranno riassunte le principali grandezze idrologiche calcolate in tale sede per i suddetti bacini, utilizzando sia il metodo razionale che il modello afflussi deflussi di scala generale. Come detto inoltre, data la necessità di effettuare ulteriori verifiche sui rii minori, con riferimento alla planimetria dei nodi idraulici, si dettaglieranno i valori di portata di massima piena per i rii M1, Rabbioso (M2), M3, Riva Culmian (M4), Colmiano (M5), M6 ed M7 utilizzando per tali rii il solo metodo razionale.

3.2.1 SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Con riferimento al Piano Stralcio, brevemente indicato come PS45, ai fini dell'individuazione dei parametri progettuali di assetto idrogeologico ed idraulico del bacino del Torrente Germanasca, sono state assunte le curve di possibilità climatica regionalizzate che sono state utilizzate sia per la determinazione dei valori di portata attraverso il metodo razionale, che per il metodo afflussi deflussi nella relazione idrologica generale.

Tali curve trovano giustificazione da indagini storiche regolarizzate relative a singole stazioni di misura, successivamente aggregate ai bacini pluviometrici omogenei (sottoprogetto SP1 "Piene e naturalità alvei fluviali") in considerazione delle caratteristiche morfologiche delle zone esaminate, in relazione alla determinazione dei parametri caratteristici della curva di possibilità climatica funzionale al calcolo del volume di piena.

La curva assume pertanto la forma seguente:

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

dove:

h = rappresenta l'altezza di precipitazione espressa in mm

t = rappresenta la durata della precipitazione espressa in giorni

a ed n = rappresentano parametri corrispondenti alle caratteristiche pluviometriche.

Il bacino in oggetto ricade nell'area omogenea n 13 e che comprende l'intera val Germanasca, la Val Chisone e l'alta Val Sangone.

In conclusione le curve segnalatrici di possibilità climatica sono state assunte come di seguito:

Bacino 13

$$Tr = 100 \text{ anni} \quad h = 199.39 \cdot t^{0.424}$$

$$Tr = 200 \text{ anni} \quad h = 218.73 \cdot t^{0.422}$$

$$Tr = 500 \text{ anni} \quad h = 244.30 \cdot t^{0.419}$$

Ove "Tr" rappresenta il tempo di ritorno.

3.2.2 IL METODO RAZIONALE

Sulla base delle curve individuate, la determinazione della portata di progetto é stata condotta mediante l'adozione del modello cinematico o di corrivazione, per quanto attiene la trasformazione degli afflussi meteorici nel fenomeno di formazione della piena.

Come noto, il modello si basa sulle seguenti ipotesi di linearità del modello fisico:

- la formazione della piena risulta essenzialmente legata ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;

- ogni particella d'acqua presenta un movimento sulla superficie del bacino tributario invariabile nel tempo che risulta legato esclusivamente alla posizione assunta dalla particella medesima;
- ogni particella d'acqua nel proprio moto di trasferimento lungo il bacino non risulta influenzata dalla presenza di altre particelle;
- la portata si ottiene quale somma dei contributi elementari delle singole particelle precipitate che nello stesso istante si trovano nella sezione di chiusura considerata.

Tale assunzione deriva dalla analisi delle caratteristiche orografiche e morfologiche del bacino che presenta conformazioni tali da rendere trascurabili gli effetti di vaso mentre appaiono evidenti condizioni (pendenze, conformazioni degli alvei) simulabili con l'approccio cinematico.

Il modello assunto a base progettuale per la determinazione della portata di piena individua come durata critica della precipitazione quella corrispondente ad un tempo pari a quello di corrivazione.

La determinazione di tale tempo caratteristico del bacino può essere effettuata, per bacini con caratteristiche analoghe a quelle in esame, mediante l'utilizzo della formulazione di Giandotti:

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

dove.

S = rappresenta l'estensione del bacino in Km², (in corrispondenza di ogni sezione di chiusura)

L = rappresenta la lunghezza dell'asta principale in km, nel caso del sottobacino considerato.

H = rappresenta l'altitudine media del bacino imbrifero sotteso, espresso in m s.l.m.

h = rappresenta la quota della sezione considerata

Sostituendo i valori sopra espressi si ottiene un tempo di corrivazione per ogni sottobacino oppure per ogni sezione di chiusura individuata. Nel caso in cui il tempo di corrivazione sia significativamente inferiore all'ora a causa delle dimensioni ridotte del bacino e della forte pendenza, la formula di Giandotti si ritiene che perda valenza fisica perlomeno per i bacini montani oggetto del presente studio, pertanto si adotta una ulteriore condizione per cui il tempo di corrivazione di 1 ora risulta il limite minimo per i bacini in oggetto.

Il calcolo della portata di piena deriva dalla seguente formulazione: $Q_{\max} = \frac{1}{3,6} \cdot \left(\frac{C \cdot h \cdot S}{T_c} \right)$

dove:

C_i = coefficiente di deflusso relativo all'area sottesa dalla sezione di chiusura analizzata.

h_i = altezza di pioggia, relativa all'area omogenea considerata, per un tempo t = t_c

S_i = superficie del bacino in Km² relativa all'area considerata.

3.2.3 TABELLE RIASSUNTIVE DEL METODO RAZIONALE PER I BACINI MINORI INDAGATI NEL PRESENTE STUDIO DI DETTAGLIO

Facendo riferimento alla planimetria di dettaglio relativa al territorio comunale ove sono indicati i bacini perimetrali vengono inoltre riportate le seguenti tabelle in riferimento alle sigle assegnate.

Rio M1

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	26.45	129.18	
200	218.73	0.422	29.30	143.07	
500	244.30	0.419	33.19	162.10	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.20		100	3.8	25.12
L=	0.89		200	4.2	27.82
S =	0.15		500	4.7	31.52
Hm=	1670				
h chiu=	1360		C 0.7		
dH =	310				

Rio M2 Rabbioso

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	46.96	59.24	
200	218.73	0.422	51.86	65.43	
500	244.30	0.419	58.52	73.83	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.79		100	42.7	9.87
L=	3.43		200	47.1	10.91
S =	4.32		500	53.2	12.31
Hm=	1750				
h chiu=	1300		C 0.6		
dH =	450				

Rio M3

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	27.78	120.87	
200	218.73	0.422	30.76	133.84	
500	244.30	0.419	34.84	151.58	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.23		100	3.76	23.50
L=	1.13		200	4.16	26.02
S =	0.16		500	4.72	29.47
Hm=	1550				
h chiu=	1230		C 0.7		
dH =	320				

Rio M4 Riva Culmian

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	42.98	66.81	
200	218.73	0.422	47.49	73.82	
500	244.30	0.419	53.62	83.35	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.64		100	37.86	11.13
L=	2.60		200	41.83	12.30
S =	3.40		500	47.23	13.89
Hm=	1650				
h chiu=	1170		C 0.6		
dH =	480				

Rio M5

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	26.02	132.13	
200	218.73	0.422	28.82	146.34	
500	244.30	0.419	32.65	165.82	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.20		100	2.42	25.69
L=	0.63		200	2.67	28.46
S =	0.09		500	3.03	32.24
Hm=	1320				
h chiu=	1130		C 0.7		
dH =	190				

Rio M6

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	24.20	145.75	
200	218.73	0.422	26.82	161.49	
500	244.30	0.419	30.40	183.08	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.17		100	2.83	28.34
L =	0.67		200	3.14	31.40
S =	0.10		500	3.56	35.60
Hm =	1450				
h chiu =	1160		C 0.7		
dH =	290				

Rio M7

TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	35.27	87.40	
200	218.73	0.422	39.01	96.66	
500	244.30	0.419	44.11	109.29	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	0.40		100	13.93	16.99
L =	2.10		200	15.41	18.79
S =	0.82		500	17.43	21.25
Hm =	1470				
h chiu =	1030		C 0.7		
dH =	440				

Dove

A ed n = coefficienti delle curve di possibilità climatica

h = precipitazione per tempo $t=T_c$ e di intensità i

T_c = tempo di corrivazione mediante l'utilizzo della formulazione di Giandotti:

S = rappresenta l'estensione del bacino in Km^2 in corrispondenza di ogni sezione di chiusura

L = rappresenta la lunghezza dell'asta principale in km, nel caso del sottobacino considerato.

H_m = rappresenta l'altitudine media del bacino imbrifero sotteso, espresso in m s.l.m.

h_{chiu} = rappresenta la quota della sezione considerata

C = coefficiente di deflusso valido per la sezione considerata

Q = valore di portata calcolato mediante il metodo razionale

q = Contributo specifico in m³/km²

3.2.4 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI BACINI E VALORI DI PORTATA DI MASSIMA PIENA SULLA BASE DELLO STUDIO IDROLOGICO GENERALE.

Nello studio idrologico generale erano già stati definiti alcuni bacini per i quali si riassumono nella successiva tabella i risultati cui si era giunti in tale sede in termini dei valori di massima piena. Si erano inoltre confrontati i risultati relativi al metodo razionale (applicato con le medesime modalità ricordate anche nel paragrafo precedente) con quelli relativi al metodo Afflussi deflussi Hec 1 per le cui indicazioni teoriche si rimanda alla relazione generale.

A11 Germanasca di Massello a monte rio Cassiera

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA			BACINO		A11
TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	54.99	47.78	
200	218.73	0.422	60.77	52.80	
500	244.30	0.419	68.43	59.46	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	1.15		100	115.48	6.64
L=	5.5		200	127.6	7.33
S =	17.4		500	143.7	8.26
Hm=	2104				
h chiu=	1370		C 0.5		
dH =	733.5				

A12 Rio Cassiera

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA			BACINO		A12
TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	51.81	51.81	
200	218.73	0.422	57.27	57.27	
500	244.30	0.419	64.52	64.52	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	1.00		100	44.62	7.20
L=	3.5		200	49.32	7.95
S =	6.2		500	55.56	8.96
Hm=	2059				
h chiu=	1370		C 0.5		
dH =	688.5				

A14 Rio Colmiano

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA				BACINO	A14
TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	51.81	51.81	
200	218.73	0.422	57.27	57.27	
500	244.30	0.419	64.52	64.52	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	1.00		100	4.97	7.20
L=	1.5		200	5.49	7.95
S =	0.69		500	6.18	8.96
Hm=	1482				
h chiu=	1140		C 0.5		
dH =	342				

Sono inoltre dettagliati sempre sulla base dello studio generale i seguenti bacini sottesi dalle sezioni di chiusura indicate.

Massello a valle confluenza Cassiera

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA				BACINO	C10 A11+A12
TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	57.68	44.78	
200	218.73	0.422	63.72	49.47	
500	244.30	0.419	71.74	55.69	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	1.29		100	146.79	6.22
L=	5.5		200	162.16	6.87
S =	23.6		500	182.55	7.74
Hm=	2092				
h chiu=	1370		C 0.5		
dH =	722				

Massello a monte confluenza Salza

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA				BACINO	C13 A15+T15
TR	a	n	h	i	
100	199.39	0.424	62.49	40.17	
200	218.73	0.422	69.00	44.36	
500	244.30	0.419	77.64	49.91	
			PORTATE		
Caratteristiche bacino			TR	Q	q
Tc =	1.56		100	204.15	5.58
L=	9.2		200	225.42	6.16
S =	36.59		500	253.64	6.93
Hm=	1992				
h chiu=	1060				
dH =	932				
			C	0.5	

Una sintesi dei risultati relativi al modello idrologico generale per il modello afflussi deflussi fornisce i seguenti dati di portata per la valle di Massello.

Principali sigle di riferimento della sezione di chiusura. Posizione geografica e tratto di validità dei valori calcolati	Valore di portata (m ³ /s) calcolato con il modello Afflussi deflussi TR 100 anni	Valore di portata (m ³ /s) calcolato con il modello Afflussi deflussi TR 200 anni	Valore di portata (m ³ /s) calcolato con il modello Afflussi deflussi TR 500 anni
A11 Massello a Balsiglia	65	77	93
C10 Massello a Balsiglia a valle confluenza Cassiera	86	102	124
C11 Rio di Massello a valle dell'abitato	118	141	174
A14 Rio Colmiano	2.4	2.8	3.5
C13 Massello a monte confluenza Salza	121	146	181

In conclusione, ove disponibile, per le successive verifiche si adotterà il valore di portata desunto dal modello idrologico afflussi deflussi di scala generale; ove non disponibile, il valore di portata desunto dal metodo razionale risulta comunque valido sebbene sovrastimato.

Nella successiva tabella vengono riportati i valori di portata adottati per ogni sezione analizzata

Posizione geografica e tratto di validità dei valori calcolati	Valore di portata (m ³ /s) adottato TR 100 anni	Valore di portata (m ³ /s) adottato TR 200 anni	Valore di portata (m ³ /s) adottato TR 500 anni
A11 Massello a Balsiglia	65	77	93
C10 Massello a Balsiglia a valle confluenza Cassiera	86	102	124
C11 Rio di Massello a valle dell'abitato	118	141	174
D1 Gros Posset	37	41	46
D2 Riva Culmian	29	32	37
A14 Rio Colmiano	2.4	2.8	3.5
C13 Massello a monte confluenza Salza	121	146	181

4 STUDIO IDRAULICO

4.1 STUDIO IDRAULICO E DEFINIZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI

Il problema idraulico consiste nel calcolo del profilo liquido corrispondente all'assegnata portata di piena, in modo da verificare le sezioni o i manufatti di interesse.

Lo schema di calcolo adottato nel presente studio può essere indifferentemente quello del moto uniforme (ove questo sia una condizione che si realizza effettivamente nel corso d'acqua) oppure quello del moto permanente, che consente di considerare la variazione graduale delle sezioni d'alveo e la presenza di manufatti, restringimenti e rapide variazioni di sezione. Per quanto riguarda il moto uniforme è possibile fare riferimento alla seguente formulazione

$$u = X \cdot \sqrt{(R_m \cdot i_f)}$$

ovvero:

$$Q = u \cdot \Omega = X \cdot \Omega \cdot \sqrt{(R_m \cdot i_f)}$$

Dove:

u = è la velocità in m/s;

Ω = è la sezione di deflusso in m²

R_m = è il raggio idraulico in m

i_f = è la pendenza della sezione considerata

X = C R_m^{1/6} adottando la scabrezza di Strickler C (m^{1/3} s⁻¹)

Nota la geometria della sezione, con questo procedimento si è in grado di valutare la portata massima che può defluire. I risultati dell'elaborazione sono riportati sotto forma di scale di deflusso e tabulati.

La determinazione del profilo di moto permanente è realizzata utilizzando il codice HECRAS "River Analysis System" Versione (U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center).

Il calcolo del profilo idraulico della corrente avviene in condizioni di moto unidimensionale gradualmente vario a portata costante, mediante la risoluzione delle equazioni di bilancio energetico; il codice applicato consente anche di calcolare rapide variazioni di profilo (dovute alla presenza d'ostacoli al deflusso, restringimenti di sezione, passaggio di stato di una corrente).

Le elaborazioni relative sono riportate in allegato al termine della relazione. il significato dei dati riportati nelle tabelle risulta il seguente:

River Sta	= codice della sezione d'elaborazione. La numerazione procede in ordine decrescente da monte a valle.
Qtotal	= portata di calcolo
Min Ch El	= quota di fondo alveo
W.S. Elev.	= altezza idrometrica calcolata
E.G. Slope	= pendenza motrice
Vel Chnl	= velocità di deflusso
Froude # Chl	= numero di Froude della corrente
Area	= sezione interessata dal deflusso
Top Width	= larghezza pelo libero in sommità
Lenght Chnl	= distanza tra le sezioni

La modellazione geometrica delle sezioni d'alveo è stata effettuata sulla base dei rilievi topografici di dettaglio.

Nel seguito vengono dettagliate le verifiche effettuate per ogni sezione o tratto significativo.

4.2 VALUTAZIONE RELATIVE AL TRASPORTO SOLIDO POTENZIALE

La valutazione del possibile apporto in termini di trasporto solido di corsi d'acqua a carattere torrentizio alpino, quali quelli oggetto di studio, risulta di estrema complessità, sia per il gran numero di parametri in gioco e per l'estrema difficoltà a darne una corretta valutazione, sia per il carattere discontinuo dei fenomeni, legati a processi di monte e alle condizioni dei bacini tributari; nel presente studio pertanto si è tralasciata una trattazione teorica di tali fenomeni, valida ai fini accademici ma di difficile applicabilità nella pratica.

Tuttavia, con riferimento alle indicazioni fornite dalla Regione Piemonte a seguito degli eventi alluvionali del settembre 1993 e del novembre 1994, valide per i corsi d'acqua minori, i livelli calcolati vanno incrementati di un termine pari ad 1/3 del tirante idrometrico, riservando in pratica al trasporto solido una quota di sezione pari ad 1/3 della sezione necessaria per il deflusso della portata idrologica.

Per la definizione delle considerazioni finali sui risultati ottenuti si è quindi tenuto conto qualitativamente dei reali livelli idraulici di riferimento.

Tale assunzione, pur grezza nella sua applicazione, consente di effettuare alcune considerazioni nella pratica, altrimenti difficilmente realizzabili.

4.3 CALCOLI DI VERIFICA

A) Verifica nodo idraulico confluenza in Loc. Balsiglia (MAS 01)

Il nodo risulta costituito dalla confluenza del Germanasca di Massello e del rio Cassiera, in loc. Balsiglia; in sinistra orografica si rileva la presenza di alcuni edifici; inoltre immediatamente a monte della confluenza è realizzato un attraversamento; infine in sinistra orografica sempre a monte del ponte è presente una difesa spondale di recente realizzazione.

La verifica viene effettuata in moto permanente, le ipotesi di calcolo relative alle condizioni al contorno sono le seguenti:

- portata al colmo costante in tutto il tratto pari ai tempi di ritorno ed alle sezioni indicate.
- altezze idrometriche utilizzate come condizioni iniziali nelle sezioni a monte ed a valle calcolate in condizioni di moto uniforme indisturbato; pendenza del tratto circa 3% a monte del ponte e scivolo a valle di questo.
- coefficiente di scabrezza (n di Manning) risulta: costante e cautelativamente posto pari a $0.04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$. corrispondente ad una C di Strickler pari a $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

Si allegano i tabulati ed i grafici relativi ai calcoli effettuati; in corrispondenza dell'attraversamento, per effettuare la verifica del ponte esistente vengono adottati inoltre i seguenti ulteriori parametri di verifica:

- Considerate le caratteristiche montane del bacino in esame si riserva per il trasporto solido un'altezza pari ad 1/3 dell'altezza d'acqua calcolata dal modello (tale ipotesi cautelativa in quanto il Servizio Assetto Idrogeologico ha proposto per la sistemazione dei corsi d'acqua minori un'altezza compresa tra 1/3 ed 1/6)
- Come da normativa, si richiede che il franco minimo tra quota di massima piena di progetto (comprensiva del trasporto solido) e quota d'intradosso del ponte sia pari a 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1,00 m. pertanto

$$h_{cin} = \alpha \cdot \frac{V^2}{2g}$$

l'altezza cinetica della corrente é pari a:

dove:

V = velocità media della corrente m/s (valore desunto dalle tabelle allegate)

α = coefficiente di ragguglio per tenere conto della non uniforme distribuzione della velocità nella sezione; a favore di sicurezza si assume $\alpha = 1,2$.

i valori relativi ad altezza cinetica sulla base delle velocità calcolate risultano tali per cui il franco richiesto risulta sempre pari ad 1 m.; i dati di verifica risultano riassunti nella seguente tabella.

Tempo di ritorno	quota di fondo (msm)	Livello Idrometrico (msm)	Livello complessivo del Trasporto solido (msm)	Franco richiesto (m)	Quota intradosso (msm)	Franco esistente (m)
100 anni	1369.7	1371.2	1371.70	1.00	1373.2	1.50
200 anni	1369.7	1371.37	1371.93	1.00	1373.2	1.27
500 anni	1369.7	1371.57	1372.19	1.00	1373.2	1.01

In conclusione si può affermare che il ponte in progetto risulta verificato e consente il deflusso in sicurezza delle portate di massima piena; pertanto da un punto di vista idraulico il nodo studiato risulta verificato.

B) Verifiche in moto uniforme sul rio M1 (MAS 02)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla Loc Balsiglia, l'attraversamento è realizzato con tubazione in CLS del diametro del 800. Pendenza della tubazione 2% lunghezza 4 m

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta non verificato.

diametro interno (m)	=	0.8
pendenza (m/m)	=	0.02
C di Strickler (m ^{1/3} /s)	=	70

livello (m)	h/D	sup (mq)	perimetro bagnato (m)	r idr (m)	velocità (m/s)	portata (l/sec)
0.040	0.05	0.01	0.36	0.03	0.87	8.17
0.080	0.1	0.03	0.51	0.05	1.36	35.53
0.120	0.15	0.05	0.64	0.07	1.75	82.72
0.160	0.2	0.07	0.74	0.10	2.08	149.03
0.200	0.25	0.10	0.84	0.12	2.37	233.11
0.240	0.3	0.13	0.93	0.14	2.63	333.26
0.280	0.35	0.16	1.01	0.15	2.85	447.47
0.320	0.4	0.19	1.10	0.17	3.05	573.48
0.360	0.45	0.22	1.18	0.19	3.23	708.84
0.400	0.5	0.25	1.26	0.20	3.39	850.89
0.440	0.55	0.28	1.34	0.21	3.52	996.75
0.480	0.6	0.31	1.42	0.22	3.63	1143.32
0.520	0.65	0.35	1.50	0.23	3.72	1287.24
0.560	0.700	0.376	1.586	0.237	3.791	1424.79
0.600	0.75	0.40	1.68	0.24	3.84	1551.81
0.640	0.8	0.43	1.77	0.24	3.86	1663.43
0.680	0.85	0.46	1.88	0.24	3.85	1753.58
0.720	0.9	0.48	2.00	0.24	3.81	1813.75
0.760	0.95	0.49	2.15	0.23	3.71	1828.59
0.800	1	0.50	2.51	0.20	3.39	1702.35

C) Verifiche in moto uniforme sul rio Rabbioso M2 (MAS 03)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla Loc Balsiglia, l'attraversamento è presenta sezione rettangolare di luce 7.80 m ed altezza di intradosso minima di m 5.00 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 4 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta verificato.

Larghezza del fondo (m)	7.80
Pendenza (m/m)	0.04
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	40
Altezza massima dal fondo	5.00

livello (m)	superficie bagnata (mq)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (l/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
0.25	1.95	0.23	3.05	5.9
0.50	3.90	0.44	4.65	18.1
0.75	5.85	0.63	5.87	34.4
1.00	7.80	0.80	6.87	53.6
1.25	9.75	0.95	7.71	75.2
1.50	11.70	1.08	8.44	98.7
1.75	13.65	1.21	9.07	123.9
2.00	15.60	1.32	9.64	150.3
2.25	17.55	1.43	10.14	177.9
2.50	19.50	1.52	10.59	206.5
2.75	21.45	1.61	11.00	236.0
3.00	23.40	1.70	11.38	266.2
3.25	25.35	1.77	11.72	297.0
3.50	27.30	1.84	12.03	328.5
3.75	29.25	1.91	12.32	360.4
4.00	31.20	1.97	12.59	392.9
4.25	33.15	2.03	12.84	425.7
4.50	35.10	2.09	13.07	458.9
4.75	37.05	2.14	13.29	492.5
5.00	39.00	2.19	13.50	526.3

D) Verifiche in moto uniforme sul rio M3 (MAS 04)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla Loc Balsiglia, nei pressi della Loc Grand Didier l'attraversamento è costituito da un ponte ad arco e presenta luce di 2 m ed altezza di intradosso in chiave pari a m 2.50 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 4 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta verificato.

Larghezza fondo alveo (m)	1.995	raggio di curvatura arco (m)	1.00
Larghezza alla base arco (corda) (m)	2	angolo al centro (rad)	3.14
altezza da fondo alveo a base arco (m)	1.5	superficie libera totale (m ²)	4.57
Saetta (h arco) (m)	1	perimetro totale (m)	8.14
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	2.29
C di Strickler (m ^{1/3} s ⁻¹)	50	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	2.50

scarpa delle sponde (dy/dx)							300.00
livello (m)	riempimento (l/h)	Larghezza pelo Libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.0
0.08	3%	2.00	0.17	2.16	0.08	1.81	0.3
0.17	7%	2.00	0.33	2.33	0.14	2.73	0.9
0.25	10%	2.00	0.50	2.50	0.20	3.42	1.7
0.33	13%	2.00	0.67	2.66	0.25	3.97	2.6
0.42	17%	2.00	0.83	2.83	0.29	4.42	3.7
0.50	20%	2.00	1.00	3.00	0.33	4.81	4.8
0.58	23%	2.00	1.16	3.16	0.37	5.14	6.0
0.67	27%	2.00	1.33	3.33	0.40	5.43	7.2
0.75	30%	2.00	1.50	3.50	0.43	5.68	8.5
0.83	33%	2.00	1.66	3.66	0.45	5.91	9.8
0.92	37%	2.00	1.83	3.83	0.48	6.11	11.2
1.00	40%	2.00	2.00	4.00	0.50	6.30	12.6
1.08	43%	2.00	2.16	4.16	0.52	6.46	14.0
1.17	47%	2.00	2.33	4.33	0.54	6.62	15.4
1.25	50%	2.00	2.50	4.50	0.56	6.76	16.9
1.33	53%	2.00	2.66	4.66	0.57	6.88	18.3
1.42	57%	2.00	2.83	4.83	0.59	7.00	19.8
1.50	60%	2.00	3.00	5.00	0.60	7.11	21.3
1.58	63%	1.99	3.16	5.16	0.61	7.21	22.8
1.67	67%	1.97	3.33	5.33	0.62	7.31	24.3
1.75	70%	1.94	3.49	5.50	0.63	7.39	25.8
1.83	73%	1.89	3.65	5.67	0.64	7.45	27.2
1.92	77%	1.82	3.80	5.85	0.65	7.50	28.5
2.00	80%	1.73	3.95	6.04	0.65	7.54	29.8
2.08	83%	1.62	4.09	6.24	0.66	7.55	30.9
2.17	87%	1.49	4.22	6.45	0.65	7.54	31.8
2.25	90%	1.32	4.34	6.69	0.65	7.49	32.5
2.33	93%	1.11	4.44	6.97	0.64	7.41	32.9
2.42	97%	0.80	4.52	7.31	0.62	7.26	32.8
2.50	100%	0.00	4.57	8.14	0.56	6.80	31.1

E) Verifiche in moto uniforme sul rio M4 (MAS 05)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla Loc Balsiglia, nei pressi della Loc Reynaud l'attraversamento è costituito da un ponte ad arco e presenta luce di 7 m ed altezza di intradosso in chiave pari a m 6.20 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 4 m . Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta verificato.

Larghezza fondo alveo (m)	6.5	raggio di curvatura arco (m)	3.50
Larghezza alla base arco (corda) (m)	7	angolo al centro (rad)	3.14
altezza da fondo alveo a base arco (m)	2.7	superficie libera totale (m ²)	37.47
Saetta (h arco) (m)	3.5	perimetro totale (m)	22.92
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	5.45
C di Strickler (m ^{1/3} s ⁻¹)	40	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	6.20
		scarpa delle sponde (dy/dx)	5.40

livello (m)	riempimento (l/h)	Larghezza pelo Libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	6.50	0.00	6.50	0.00	0.00	0.0
0.21	3%	6.54	1.35	6.92	0.19	2.69	3.6
0.41	7%	6.58	2.70	7.33	0.37	4.11	11.1
0.62	10%	6.61	4.07	7.75	0.52	5.21	21.2
0.83	13%	6.65	5.44	8.16	0.67	6.10	33.2
1.03	17%	6.69	6.82	8.58	0.79	6.86	46.8
1.24	20%	6.73	8.20	8.99	0.91	7.53	61.7
1.45	23%	6.77	9.60	9.41	1.02	8.11	77.8
1.65	27%	6.81	11.00	9.82	1.12	8.63	94.9
1.86	30%	6.84	12.41	10.24	1.21	9.10	112.9
2.07	33%	6.88	13.83	10.65	1.30	9.52	131.7
2.27	37%	6.92	15.26	11.07	1.38	9.91	151.2
2.48	40%	6.96	16.69	11.48	1.45	10.27	171.3
2.69	43%	7.00	18.13	11.90	1.52	10.60	192.1
2.89	47%	6.99	19.58	12.31	1.59	10.90	213.4
3.10	50%	6.95	21.02	12.72	1.65	11.18	235.0
3.31	53%	6.89	22.45	13.14	1.71	11.43	256.6
3.51	57%	6.81	23.87	13.56	1.76	11.66	278.3
3.72	60%	6.70	25.26	13.99	1.81	11.86	299.6
3.93	63%	6.56	26.63	14.43	1.85	12.04	320.6
4.13	67%	6.39	27.97	14.88	1.88	12.19	340.9
4.34	70%	6.18	29.27	15.34	1.91	12.31	360.3
4.55	73%	5.95	30.52	15.81	1.93	12.40	378.6
4.75	77%	5.67	31.72	16.31	1.94	12.46	395.5
4.96	80%	5.35	32.86	16.84	1.95	12.49	410.6
5.17	83%	4.97	33.93	17.40	1.95	12.49	423.7
5.37	87%	4.52	34.91	18.01	1.94	12.44	434.3

5.58	90%	3.98	35.79	18.69	1.92	12.34	441.6
5.79	93%	3.30	36.55	19.48	1.88	12.17	444.7
5.99	97%	2.37	37.14	20.50	1.81	11.89	441.5
6.20	100%	0.00	37.47	22.92	1.63	11.10	416.0

F) Verifica delle tubazioni e dell'attraversamento sul rio Colmiano

Il rio intercetta lungo il suo percorso alcune strade i cui attraversamenti sono realizzati rispettivamente con doppia tubazione in CLS del diametro del 600 ed uno scatolare di larghezza 1.5 m x 1.0 m di altezza. Si allegano le scale di deflusso dei manufatti ora individuati.

Scala di deflusso in moto uniforme sezione circolare (MAS 06)

diámetro interno (m)	=	0.6
pendenza (m/m)	=	0.04
C di Strickler ($m^{1/3}/s$)	=	70

livello (m)	h/D	sup (mq)	perimetro bagnato (m)	r idr (m)	velocità (m/s)	portata (l/sec)
0.030	0.05	0.01	0.27	0.02	1.02	5.4
0.060	0.1	0.01	0.39	0.04	1.59	23.3
0.090	0.15	0.03	0.48	0.06	2.04	0.1
0.120	0.2	0.04	0.56	0.07	2.43	97.9
0.150	0.25	0.06	0.63	0.09	2.77	153.1
0.180	0.3	0.07	0.70	0.10	3.07	218.8
0.210	0.35	0.09	0.76	0.12	3.33	293.8
0.240	0.4	0.11	0.82	0.13	3.57	376.6
0.270	0.45	0.12	0.88	0.14	3.77	465.5
0.300	0.5	0.14	0.94	0.15	3.95	558.8
0.330	0.55	0.16	1.00	0.16	4.11	654.5
0.360	0.6	0.18	1.06	0.17	4.24	750.8
0.390	0.65	0.19	1.13	0.17	4.34	845.3
0.42	0.7	0.211	1.189	0.178	4.426	935.6
0.450	0.75	0.23	1.26	0.18	4.48	1019.0
0.480	0.8	0.24	1.33	0.18	4.50	1092.3
0.510	0.85	0.26	1.41	0.18	4.50	1151.5
0.540	0.9	0.27	1.50	0.18	4.44	1191.0
0.570	0.95	0.28	1.61	0.17	4.33	1200.8
0.600	1	0.28	1.88	0.15	3.95	1117.9

Sulla base dei valori di portata corrispondenti ai tempi di ritorno indagati dei 100, 200 e 500 anni, dalla scala di deflusso si deduce che la doppia tubazione risulta insufficiente allo smaltimento di dette portate.

Scala di deflusso in moto uniforme sezione rettangolare (MAS 07)

Larghezza del fondo (m)	1.5
Pendenza (m/m)	0.04
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	60
Altezza massima dal fondo	1

livello (m)	superficie bagnata (mq)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0	0.000	0.000	0.000
0.05	0.075	0.047	1.560	0.117
0.10	0.15	0.088	2.378	0.357
0.15	0.225	0.125	3.000	0.675
0.20	0.3	0.158	3.506	1.052
0.25	0.375	0.188	3.931	1.474
0.30	0.45	0.214	4.297	1.934
0.35	0.525	0.239	4.617	2.424
0.40	0.6	0.261	4.899	2.940
0.45	0.675	0.281	5.151	3.477
0.50	0.75	0.300	5.378	4.033
0.55	0.825	0.317	5.583	4.606
0.60	0.9	0.333	5.769	5.192
0.65	0.975	0.348	5.939	5.791
0.70	1.05	0.362	6.096	6.401
0.75	1.125	0.375	6.240	7.020
0.80	1.2	0.387	6.374	7.648
0.85	1.275	0.398	6.498	8.284
0.90	1.35	0.409	6.613	8.927
0.95	1.425	0.419	6.721	9.577
1.00	1.5	0.429	6.821	10.232

Le portate calcolate per tale sezione di interesse defluiscono con tiranti compresi tra 0.60 e 0.70 m pertanto il franco residuo sullo scatolare risulta di 0.3 m al minimo; tale valore risulta non rispondente alle richieste normative; tuttavia la criticità risulta di minor rilevanza rispetto a quelle precedenti.

G) Attraversamento sul Germanasca di Massello (MAS 08)

Il Germanasca di Massello intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla vallata di Massello, poco a monte della loc. Campola l'attraversamento è costituito da un ponte ad arco e presenta luce di 13 m ed altezza di intradosso in chiave pari a m 9.00 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 4 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta

verificato.

Larghezza fondo alveo (m)	12.5	raggio di curvatura arco (m)	6.50
Larghezza alla base arco (corda) (m)	13	angolo al centro (rad)	3.14
altezza da fondo alveo a base arco (m)	2.5	superficie libera totale (m ²)	98.24
Saetta (h arco) (m)	6.5	perimetro totale (m)	37.95
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	7.61
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	40	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	9.00
		scarpa delle sponde (dy/dx)	5.00

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	12.50	0.00	12.50	0.00	0.00	0.0
0.30	3%	12.56	3.76	13.10	0.29	3.48	13.1
0.60	7%	12.62	7.54	13.71	0.55	5.37	40.5
0.90	10%	12.68	11.33	14.31	0.79	6.85	77.6
1.20	13%	12.74	15.14	14.91	1.02	8.08	122.4
1.50	17%	12.80	18.98	15.51	1.22	9.15	173.6
1.80	20%	12.86	22.82	16.12	1.42	10.09	230.3
2.10	23%	12.92	26.69	16.72	1.60	10.93	291.6
2.40	27%	12.98	30.58	17.32	1.76	11.68	357.2
2.70	30%	12.99	34.47	17.93	1.92	12.37	426.5
3.00	33%	12.96	38.37	18.53	2.07	13.00	498.7
3.30	37%	12.90	42.25	19.13	2.21	13.57	573.2
3.60	40%	12.81	46.11	19.74	2.34	14.09	649.4
3.90	43%	12.69	49.93	20.35	2.45	14.56	726.8
4.20	47%	12.55	53.72	20.96	2.56	14.98	804.7
4.50	50%	12.37	57.46	21.59	2.66	15.36	882.7
4.80	53%	12.16	61.14	22.23	2.75	15.71	960.2
5.10	57%	11.91	64.75	22.87	2.83	16.01	1036.6
5.40	60%	11.63	68.28	23.54	2.90	16.27	1111.2
5.70	63%	11.32	71.73	24.22	2.96	16.50	1183.5
6.00	67%	10.95	75.07	24.92	3.01	16.69	1252.7
6.30	70%	10.55	78.30	25.64	3.05	16.84	1318.3
6.60	73%	10.09	81.39	26.40	3.08	16.95	1379.4
6.90	77%	9.57	84.34	27.19	3.10	17.02	1435.1
7.20	80%	8.98	87.13	28.03	3.11	17.04	1484.5
7.50	83%	8.31	89.72	28.93	3.10	17.01	1526.3
7.80	87%	7.53	92.10	29.92	3.08	16.93	1559.2
8.10	90%	6.60	94.22	31.02	3.04	16.78	1580.9
8.40	93%	5.46	96.04	32.32	2.97	16.54	1588.1
8.70	97%	3.90	97.46	33.98	2.87	16.15	1573.8
9.00	100%	0.00	98.24	37.95	2.59	15.08	1481.9

H) Attraversamento sul rio M5 (MAS 09)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso al comune di Salza, l'attraversamento è presenta sezione rettangolare di luce 3 m ed altezza di intradosso minima di m 1.3 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 4 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta verificato.

Larghezza del fondo (m)	3.00
Pendenza (m/m)	0.04
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	50
Altezza massima dal fondo	1.3

livello (m)	superficie bagnata (mq)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
0.07	0.20	0.06	1.57	0.3
0.13	0.39	0.12	2.43	0.9
0.20	0.59	0.17	3.10	1.8
0.26	0.78	0.22	3.66	2.9
0.33	0.98	0.27	4.15	4.0
0.39	1.17	0.31	4.58	5.4
0.46	1.37	0.35	4.96	6.8
0.52	1.56	0.39	5.30	8.3
0.59	1.76	0.42	5.62	9.9
0.65	1.95	0.45	5.90	11.5
0.72	2.15	0.48	6.17	13.2
0.78	2.34	0.51	6.41	15.0
0.85	2.54	0.54	6.64	16.8
0.91	2.73	0.57	6.85	18.7
0.98	2.93	0.59	7.04	20.6
1.04	3.12	0.61	7.23	22.5
1.11	3.32	0.64	7.40	24.5
1.17	3.51	0.66	7.56	26.5
1.24	3.71	0.68	7.71	28.6
1.30	3.90	0.70	7.86	30.6

I) Attraversamento sul Germanasca di Massello (MAS 10)

Il germanasca di Massello intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso alla vallata di Massello e Salza, l'attraversamento è costituito da un ponte ad arco e presenta luce di 7 m ed altezza di intradosso in chiave pari a m 6.00 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 5.5 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta

verificato.

Larghezza fondo alveo (m)	6.5	raggio di curvatura arco (m)	3.50
Larghezza alla base arco (corda) (m)	7	angolo al centro (rad)	3.14
altezza da fondo alveo a base arco (m)	2.5	superficie libera totale (m ²)	36.12
Saetta (h arco) (m)	3.5	perimetro totale (m)	22.52
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	5.25
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	40	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	6.00
		scarpa delle sponde (dy/dx)	5.00

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	6.50	0.00	6.50	0.00	0.00	0.0
0.20	3%	6.54	1.30	6.90	0.19	2.63	3.4
0.40	7%	6.58	2.62	7.30	0.36	4.03	10.6
0.60	10%	6.62	3.94	7.71	0.51	5.11	20.1
0.80	13%	6.66	5.26	8.11	0.65	6.00	31.6
1.00	17%	6.70	6.60	8.51	0.78	6.75	44.6
1.20	20%	6.74	7.94	8.91	0.89	7.41	58.9
1.40	23%	6.78	9.30	9.31	1.00	7.99	74.3
1.60	27%	6.82	10.66	9.72	1.10	8.51	90.7
1.80	30%	6.86	12.02	10.12	1.19	8.98	107.9
2.00	33%	6.90	13.40	10.52	1.27	9.40	126.0
2.20	37%	6.94	14.78	10.92	1.35	9.79	144.7
2.40	40%	6.98	16.18	11.32	1.43	10.15	164.1
2.60	43%	7.00	17.57	11.72	1.50	10.48	184.1
2.80	47%	6.97	18.97	12.13	1.56	10.78	204.6
3.00	50%	6.93	20.36	12.53	1.63	11.06	225.2
3.20	53%	6.86	21.74	12.93	1.68	11.31	245.9
3.40	57%	6.76	23.10	13.35	1.73	11.53	266.5
3.60	60%	6.65	24.45	13.76	1.78	11.73	286.8
3.80	63%	6.50	25.76	14.19	1.82	11.91	306.7
4.00	67%	6.32	27.04	14.63	1.85	12.05	325.9
4.20	70%	6.12	28.29	15.08	1.88	12.17	344.3
4.40	73%	5.88	29.49	15.54	1.90	12.26	361.6
4.60	77%	5.60	30.64	16.03	1.91	12.32	377.5
4.80	80%	5.28	31.73	16.54	1.92	12.35	391.8
5.00	83%	4.90	32.74	17.09	1.92	12.34	404.0
5.20	87%	4.45	33.68	17.69	1.90	12.29	413.9
5.40	90%	3.92	34.52	18.36	1.88	12.19	420.7
5.60	93%	3.25	35.24	19.14	1.84	12.02	423.5
5.80	97%	2.33	35.80	20.14	1.78	11.74	420.3
6.00	100%	0.00	36.12	22.52	1.60	10.96	395.9

L) Attraversamento sul rio M6 (MAS 11)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso al comune di Salza, l'attraversamento è presenta sezione ad arco di luce 5 m ed ed altezza di intradosso in chiave pari a m 2.2 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 6 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta non verificato.

Larghezza fondo alveo (m)	1.9	raggio di curvatura arco (m)	1.00
Larghezza alla base arco (corda) (m)	2	angolo al centro (rad)	3.14
altezza da fondo alveo a base arco (m)	0.4	superficie libera totale (m2)	2.35
Saetta (h arco) (m)	1	perimetro totale (m)	5.85
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	1.19
C di Strickler (m ^{1/3} s ⁻¹)	40	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	1.40
		scarpa delle sponde (dy/dx)	4.00

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	1.90	0.00	1.90	0.00	0.00	0.0
0.05	3%	1.91	0.09	1.99	0.04	1.01	0.1
0.09	7%	1.92	0.18	2.09	0.09	1.55	0.3
0.14	10%	1.94	0.27	2.18	0.12	1.98	0.5
0.19	13%	1.95	0.36	2.28	0.16	2.34	0.8
0.23	17%	1.96	0.45	2.37	0.19	2.64	1.2
0.28	20%	1.97	0.54	2.46	0.22	2.91	1.6
0.33	23%	1.98	0.63	2.56	0.25	3.16	2.0
0.37	27%	1.99	0.73	2.65	0.27	3.37	2.5
0.42	30%	2.00	0.82	2.75	0.30	3.57	2.9
0.47	33%	2.00	0.91	2.84	0.32	3.76	3.4
0.51	37%	1.99	1.01	2.93	0.34	3.92	3.9
0.56	40%	1.97	1.10	3.03	0.36	4.07	4.5
0.61	43%	1.96	1.19	3.12	0.38	4.21	5.0
0.65	47%	1.93	1.28	3.22	0.40	4.33	5.5
0.70	50%	1.91	1.37	3.32	0.41	4.44	6.1
0.75	53%	1.88	1.46	3.41	0.43	4.54	6.6
0.79	57%	1.84	1.55	3.51	0.44	4.63	7.2
0.84	60%	1.80	1.63	3.62	0.45	4.70	7.7
0.89	63%	1.75	1.71	3.72	0.46	4.77	8.2
0.93	67%	1.69	1.79	3.83	0.47	4.82	8.7
0.98	70%	1.63	1.87	3.94	0.47	4.87	9.1
1.03	73%	1.56	1.95	4.06	0.48	4.90	9.5
1.07	77%	1.48	2.02	4.18	0.48	4.92	9.9
1.12	80%	1.39	2.08	4.31	0.48	4.92	10.3
1.17	83%	1.28	2.15	4.45	0.48	4.92	10.6

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
1.21	87%	1.16	2.20	4.61	0.48	4.89	10.8
1.26	90%	1.02	2.25	4.78	0.47	4.85	10.9
1.31	93%	0.84	2.30	4.98	0.46	4.78	11.0
1.35	97%	0.60	2.33	5.23	0.45	4.67	10.9
1.40	100%	0.00	2.35	5.85	0.40	4.36	10.2

M) Attraversamento sul rio M7 (MAS 12)

Il rio intercetta lungo il suo percorso la strada di accesso al comune di Salza, l'attraversamento è presenta sezione ad arco di luce 2 m ed ed altezza di intradosso in chiave pari a m 1.40 rispetto al fondo alveo. Pendenza nel tratto 4% minimo lunghezza 6 m .

Nel seguito è allegata la scala di deflusso calcolata da cui si evince che il manufatto risulta non verificato sebbene in grado di smaltire le portate di progetto con franco inferiore a quanto previsto dalla normativa.

Larghezza fondo alveo (m)	4.5	raggio di curvatura arco (m)	2.54
Larghezza alla base arco (corda) (m)	5	angolo al centro (rad)	2.79
altezza da fondo alveo a base arco (m)	0.1	superficie libera totale (m2)	8.38
Saetta (h arco) (m)	2.1	perimetro totale (m)	12.13
Pendenza (m/m)	0.04	altezza equivalente impalcato dal fondo (m)	1.68
C di Strickler (m ^{1/3} s-1)	40	altezza totale da fondo alveo a chiave (m)	2.20
		scarpa delle sponde (dy/dx)	0.20

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
0.00	0%	4.50	0.00	4.50	0.00	0.00	0.0
0.07	3%	4.87	0.34	4.89	0.07	1.36	0.5
0.15	7%	4.98	0.71	5.13	0.14	2.14	1.5
0.22	10%	4.95	1.07	5.28	0.20	2.76	3.0
0.29	13%	4.92	1.43	5.43	0.26	3.29	4.7
0.37	17%	4.88	1.79	5.59	0.32	3.75	6.7
0.44	20%	4.83	2.15	5.74	0.37	4.16	8.9
0.51	23%	4.78	2.50	5.89	0.42	4.52	11.3
0.59	27%	4.73	2.85	6.05	0.47	4.84	13.8
0.66	30%	4.67	3.19	6.21	0.51	5.14	16.4
0.73	33%	4.60	3.53	6.37	0.55	5.40	19.1
0.81	37%	4.53	3.87	6.53	0.59	5.64	21.8
0.88	40%	4.45	4.20	6.70	0.63	5.86	24.6
0.95	43%	4.37	4.52	6.87	0.66	6.06	27.4
1.03	47%	4.28	4.84	7.04	0.69	6.23	30.2
1.10	50%	4.18	5.15	7.22	0.71	6.39	32.9
1.17	53%	4.08	5.45	7.40	0.74	6.53	35.6

livello (m)	riempimento (l/h)	larghezza pelo libero (m)	superficie bagnata (mq)	perimetro bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità (m/s)	portata (mc/s)
1.25	57%	3.97	5.75	7.58	0.76	6.65	38.2
1.32	60%	3.84	6.03	7.77	0.78	6.76	40.8
1.39	63%	3.71	6.31	7.97	0.79	6.85	43.2
1.47	67%	3.57	6.58	8.17	0.80	6.92	45.5
1.54	70%	3.41	6.83	8.39	0.81	6.98	47.7
1.61	73%	3.25	7.08	8.61	0.82	7.02	49.7
1.69	77%	3.06	7.31	8.85	0.83	7.05	51.5
1.76	80%	2.86	7.53	9.10	0.83	7.05	53.1
1.83	83%	2.63	7.73	9.37	0.82	7.04	54.4
1.91	87%	2.37	7.91	9.67	0.82	7.00	55.4
1.98	90%	2.07	8.08	10.00	0.81	6.94	56.0
2.05	93%	1.70	8.21	10.40	0.79	6.84	56.2
2.13	97%	1.21	8.32	10.91	0.76	6.68	55.6
2.20	100%	0.00	8.38	12.13	0.69	6.25	52.4

5 ANALISI DEI RISULTATI E INDICAZIONI DELLE MISURE DA ADOTTARE

Le analisi idrauliche effettuate hanno consentito di individuare le aree a maggiore criticità idraulica; nella planimetria allegata sono riportati i punti di verifica e individuati i punti a maggiore criticità.

In sintesi i risultati emergenti dalle valutazioni effettuate sono i seguenti:

A) TORRENTE GERMANASCA (MAS 01, 08, 10):

Lungo l'asta del torrente Germanasca non si rilevano particolari condizioni di criticità connesse con i livelli idrometrici; le verifiche effettuate lungo l'asta principale hanno individuato la compatibilità delle sezioni a garantire lo smaltimento dei deflussi; per il resto l'alveo risulta piuttosto incassato, e in posizione tale da non interessare aree di rilevanza urbanistica; si rilevano comunque diffuse situazioni erosive di sponda e accumuli di deposito in alveo, per le quali sarebbe opportuno programmare interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria al fine di evitare un progresso delle situazioni di dissesto.

B) RII LATERALI IN DESTRA E SINISTRA OROGRAFICA GERMANASCA DI MASSELLO (MAS 02,03,04,05,06,07,09,11, 12):

Per quanto riguarda i rii rabbioso e Culmian non si rilevano situazioni di criticità da un punto di vista idraulico; risulta valida comunque l'indicazione che per corsi d'acqua di tali caratteristiche (piuttosto incisi e per lo più a forte pendenza, con bacini di dimensioni limitate) è importante prevedere interventi di manutenzione ordinaria ciclici, in particolare di gestione della vegetazione, al fine di porre rimedio a piccoli fenomeni di dissesto prima di un loro progredire a livelli tali da richiedere interventi strutturali. Gli attraversamenti rilevati paiono di dimensioni tali da garantire il deflusso delle portate di piena.

Per quanto riguarda invece il rio Colmiano, il cui alveo risulta meno inciso e scorre in prossimità

di alcuni insediamenti ubicati in destra orografica, si rileva un punto ad elevata criticità in apice conoide, circa 50 m a monte delle prime abitazioni (procedendo da monte verso valle), in cui le sezioni di deflusso risultano piuttosto esigue e poco incise, tali da non garantire il contenimento dei deflussi di piena; inoltre, come indicato nelle sezioni, alcuni attraversamenti lungo le strade di accesso sono costituiti da tubazioni di sezione inadeguata a garantire il deflusso delle portate liquide calcolate; infine l'attraversamento della strada provinciale, costituito da un manufatto scatolare, non verifica le condizioni di sicurezza previste dalla normativa vigente.

Si ritiene indispensabile, al fine di garantire la sicurezza idraulica, prevedere un intervento strutturale di adeguamento delle sezioni di deflusso, dando priorità alle opere in apice e nel tratto mediano dell'asta.

Altre situazioni di criticità sono evidenziate in corrispondenza dei manufatti MAS 02 , MAS 11 MAS 12 , tali manufatti tuttavia riguardano la sola viabilità e pregiudicano l'accesso in condizioni di piena.

Da un punto di vista della compatibilità delle situazioni di rischio idrogeologico in rapporto con le previsioni urbanistiche si può concludere che non vi sono interferenze rilevanti, fatto salvo la situazione indicata in corrispondenza del rio Colmiano.

ALLEGATO 1 TABULATI DEL MODELLO HEC RAS

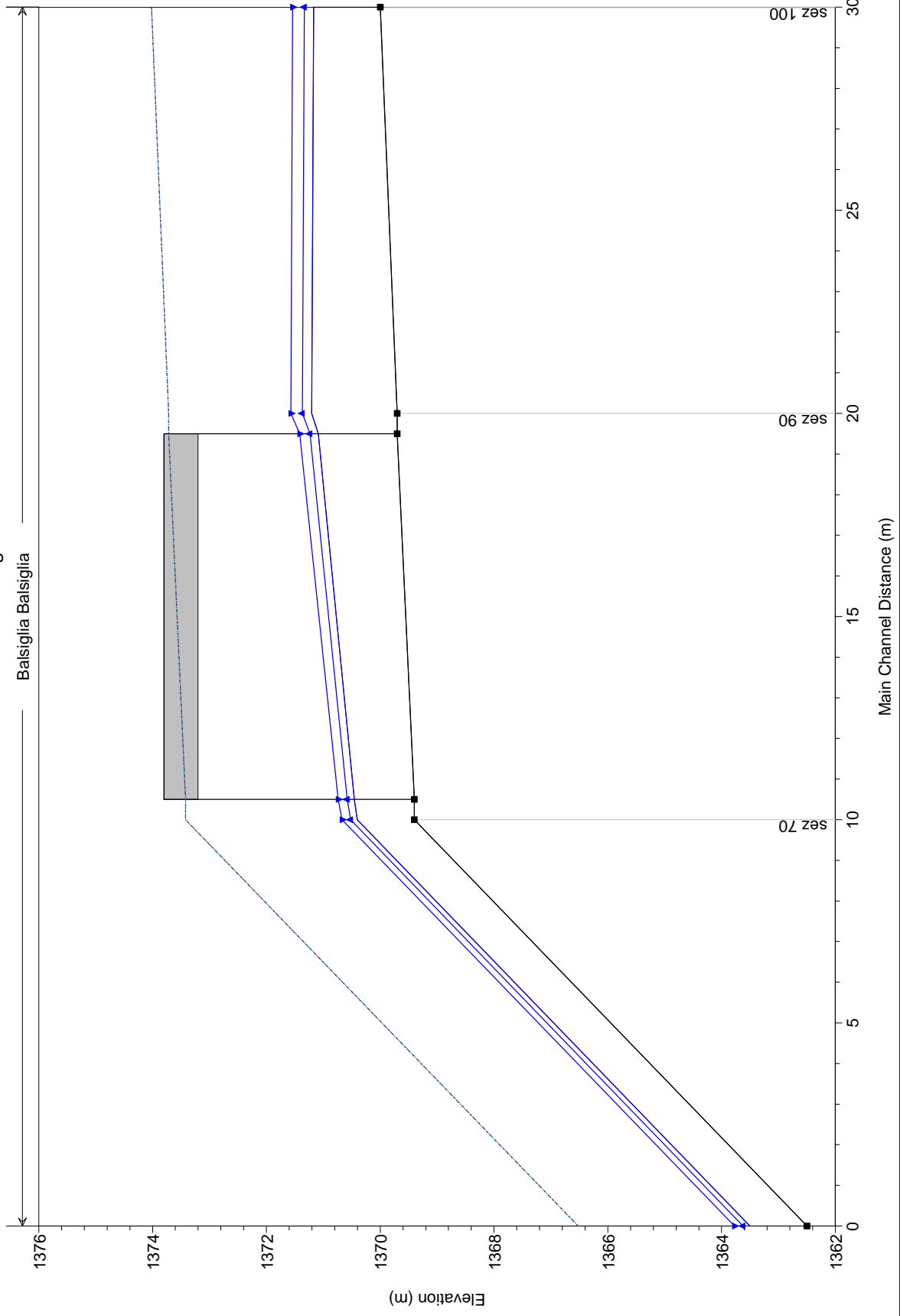
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Balsiglia Reach: Balsiglia

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
Balsiglia	100	PF 1	65.00	1370.00	1371.17		1371.54	0.010735	2.69	24.18	20.79	0.80
Balsiglia	100	PF 2	77.00	1370.00	1371.33		1371.73	0.009909	2.79	27.57	20.83	0.77
Balsiglia	100	PF 3	93.00	1370.00	1371.54		1371.97	0.009175	2.92	31.82	20.88	0.76
Balsiglia	90	PF 1	65.00	1369.70	1371.20	1370.70	1371.43	0.004828	2.09	31.08	20.87	0.55
Balsiglia	90	PF 2	77.00	1369.70	1371.37	1370.82	1371.62	0.004874	2.23	34.50	20.91	0.55
Balsiglia	90	PF 3	93.00	1369.70	1371.57	1370.97	1371.86	0.004923	2.40	38.79	20.96	0.56
Balsiglia	80	Bridge										
Balsiglia	70	PF 1	65.00	1369.40	1370.41	1370.41	1370.91	0.017616	3.14	20.71	20.75	1.00
Balsiglia	70	PF 2	77.00	1369.40	1370.52	1370.52	1371.09	0.017330	3.33	23.14	20.77	1.01
Balsiglia	70	PF 3	93.00	1369.40	1370.67	1370.67	1371.31	0.016829	3.54	26.28	20.81	1.00
Balsiglia	60	PF 1	65.00	1362.50	1363.50	1363.50	1364.01	0.017752	3.15	20.66	20.74	1.01
Balsiglia	60	PF 2	77.00	1362.50	1363.62	1363.62	1364.19	0.017293	3.33	23.15	20.77	1.01
Balsiglia	60	PF 3	93.00	1362.50	1363.78	1363.78	1364.41	0.016728	3.53	26.33	20.81	1.00

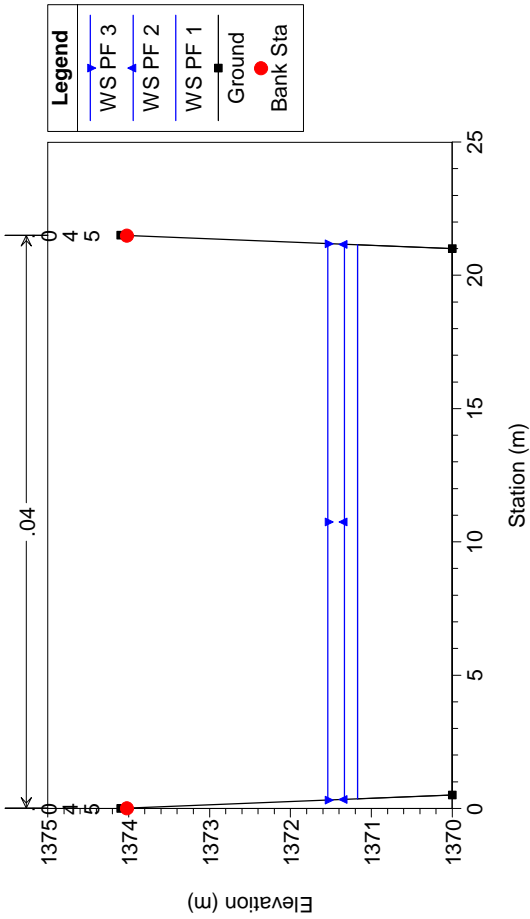
Geom: balsiglia

Balsiglia Balsiglia

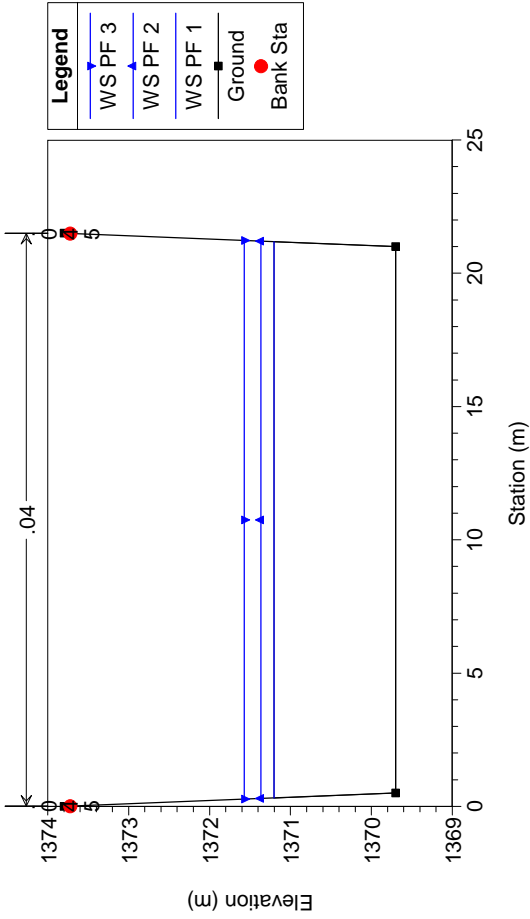
Legend	
WS PF 3	Blue line with upward-pointing triangle
WS PF 2	Blue line with downward-pointing triangle
WS PF 1	Blue line with diamond
Ground	Black line with square
LOB	Red dashed line
ROB	Green dashed line



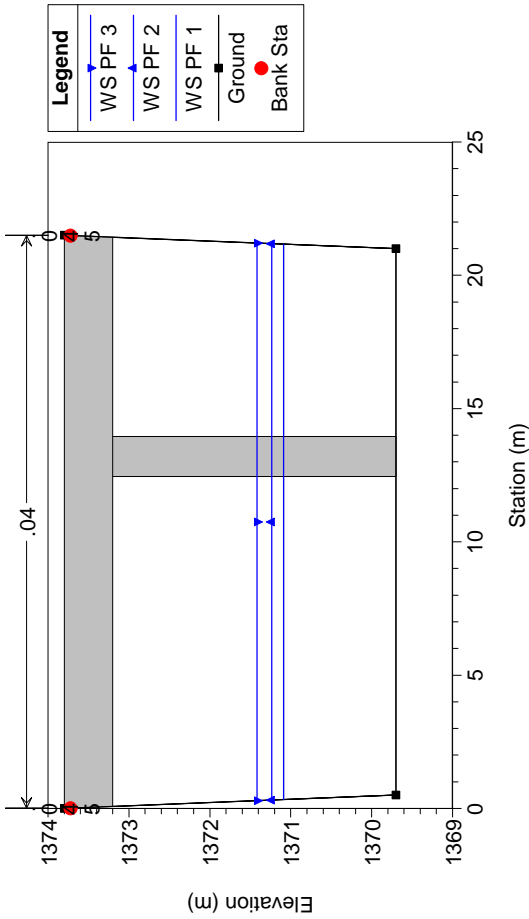
Geom: balsiglia
RS = 100 sez 100



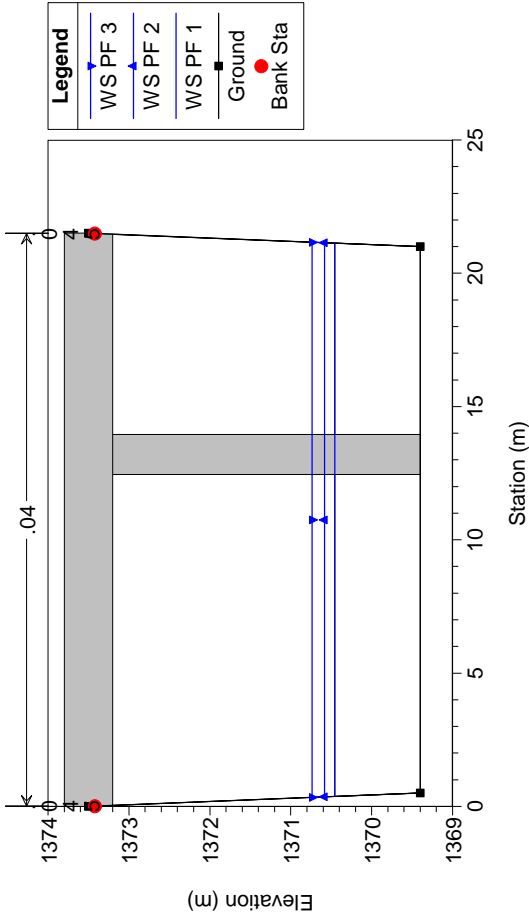
Geom: balsiglia
RS = 90 sez 90



Geom: balsiglia
RS = 80 BR

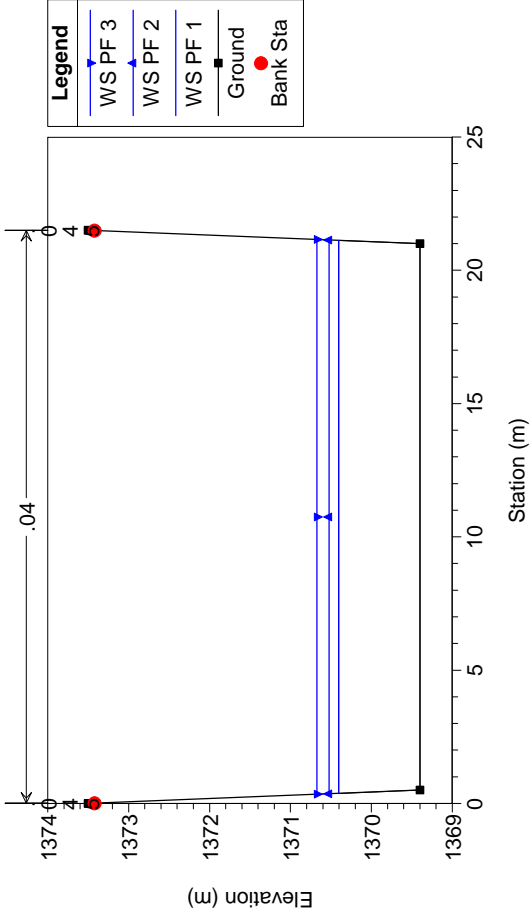


Geom: balsiglia
RS = 80 BR



Geom: balsiglia

RS = 70 sez 70



Geom: balsiglia

RS = 60 sez 60

