

Regione Piemonte

Provincia di Torino

COMUNE DI BARDONECCHIA

*SISTEMAZIONE SPONDALE SUL TORRENTE  
DORA DI MELEZET  
IN LOCALITÀ CAMPO PRINCIPE*

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

RELAZIONE IDRAULICA

Elaborato	Scala
2	-
CODICE: 16027-E09-0	
REVISIONE	DATA
0	OTT. 2017



*PROGETTISTI:*

*Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI*



REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA  
DI TORINO

**COMUNE DI BARDONECCHIA**

**SISTEMAZIONE SPONDALE SUL TORRENTE  
DORA DI MELEZET IN LOCALITA' CAMPO PRINCIPE**

**RELAZIONE IDRAULICA**

---

**INDICE:**

1. PREMESSA .....	1
2. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO .....	1
3. VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO .....	2
4. VERIFICHE IDRAULICHE .....	3
5. DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO .....	3
6. CONDIZIONI AL CONTORNO .....	4
7. ANALISI DEI RISULTATI .....	4
8. VERIFICA DELLA STABILITA' DELLA SCOGLIERA E DELLE TRAVERSE .....	5
ALLEGATO: TABULATI HEC RAS .....	7



## 1. PREMESSA

La presente relazione contiene lo studio idraulico e le relative verifiche di carattere idraulico delle opere progettate e la valutazione della compatibilità delle stesse in relazione al regime idraulico della Dora di Melezet nel tratto in oggetto di intervento.

## 2. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda l'analisi idrologica del reticolo idrografico del Comune di Bardonecchia si fa riferimento allo "studio idraulico finalizzato all'individuazione delle aree esondabili nel territorio comunale a supporto degli elaborati di PRGC" redatto dallo studio Polithema il cui ultimo aggiornamento risale al 2008.

Si fanno pertanto proprie le premesse e le analisi idrauliche dello studio di cui sopra e si adottano, per quanto riguarda il presente progetto, le seguenti portate di massima piena, indicate in accordo con lo studio di PRGC la cui planimetria di individuazione dei bacini idrografici e delle sezioni di chiusura adottate è riportata in allegato alla presente relazione:

Sigla di riferimento della sezione di chiusura nei tabulati del metodo razionale e nel modello afflussi/deflussi	Contributo dei sottobacini inclusi nel bacino sotteso dalla sezione di chiusura	Posizione geografica e tratto di validità dei valori di portata calcolati	Portate per TR=200 anni	Portate per TR=500 anni	Metodo di calcolo
C4	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8.	Dora di Melezet a monte confluenza rio Fosse	110 m <sup>3</sup> /s	140 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C5	C4 + b6	Dora di Melezet a monte confluenza rio Sagne	110 m <sup>3</sup> /s	142 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C6	C5+ b7	Dora di Melezet a monte confluenza torrente Rho	111 m <sup>3</sup> /s	143 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C9	C6+b9+b10	Dora di Melezet a monte confluenza torrente Frejus	169 m <sup>3</sup> /s	214 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C10	C9 +b12	Dora di Melezet a monte confluenza torrente Rochemolles	227 m <sup>3</sup> /s	285 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C13	B13+b14+b15+b16	Torrente di Rochemolles a confluenza in Dora	175 m <sup>3</sup> /s	218 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.
C14	C13+c10	Dora di Bardonecchia chiusura dell'intero bacino	402 m <sup>3</sup> /s	503 m <sup>3</sup> /s	Aff. Defl.

Per quanto riguarda gli interventi in progetto si utilizzano dunque i seguenti valori di portata:

Sigla di riferimento della sezione di chiusura nei tabulati del metodo razionale e nel modello afflussi/deflussi	Posizione geografica e tratto di validità dei valori di portata calcolati	Portate per TR=200 anni	Portate per TR=500 anni
C6	Dora di Melezet a monte confluenza torrente Rho	111 m <sup>3</sup> /s	143 m <sup>3</sup> /s

### 3. VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO

In corsi d'acqua montani il trasporto solido fornisce un grosso contributo ai volumi liquidi transitanti durante un evento di piena, influenzando quindi notevolmente i livelli idrici.

Il trasporto solido, in condizioni di saturazione della corrente, viene normalmente calcolato con formulazioni di carattere empirico che si basano sui principi dell'equilibrio dinamico.

E' evidente che i meccanismi che innescano i processi di trasporto sono piuttosto complessi e richiederebbero degli approfondimenti che esulano dagli obiettivi del presente studio. Per tale motivo per la stima del contributo del trasporto solido vengono usate le formulazioni semplificate qui di seguito riportate, funzione delle pendenze del fondo if:

AUTORE	FORMULAZIONE
Smart & Jaegge	$Q_s = 2,55 * Q_{liq} * if^{1,6}$
Richenmann	$Q_s = 5,83 * Q_{liq} * if^2$
Mizuyama e Shimohigashi	$Q_s = 8,36 * Q_{liq} * if^2$
Mizuyama	$Q_s = 5,5 * Q_{liq} * if^2$

Considerando La pendenza media del tratto oggetto di intervento pari a:

$$if = 0.07$$

Si applicano le formule di cui alla tabella precedente:

TR	200	500	
Qliq	111.00 m <sup>3</sup> /s	143.00 m <sup>3</sup> /s	
Qsol	Smart & Jaegge	3.86 m <sup>3</sup> /s	4.98 m <sup>3</sup> /s
	Richenmann	3.02 m <sup>3</sup> /s	3.89 m <sup>3</sup> /s
	Mizuyama e Shimohigashi	4.33 m <sup>3</sup> /s	5.58 m <sup>3</sup> /s
	Mizuyama	2.85 m <sup>3</sup> /s	3.67 m <sup>3</sup> /s

A titolo cautelativo si utilizza la formulazione di Mizuyama e Shimohigashi che da il maggior incremento.

Si ottengono dunque i seguenti valori di portata comprensivi del trasporto solido:

TR	200	500
Portata liquida	111.00 m <sup>3</sup> /s	143.00 m <sup>3</sup> /s
Portata comprensiva del trasporto solido	115.33 m <sup>3</sup> /s	148.58 m <sup>3</sup> /s

#### 4. VERIFICHE IDRAULICHE

Lo scopo del presente paragrafo è di effettuare i dimensionamenti e le verifiche di carattere idraulico relativamente alle opere oggetto di intervento.

Dal punto di vista idraulico le opere proposte non modificano la geometria e la capacità di deflusso, ma si rendono necessarie al fine di verificare i livelli idrometrici dello studio di PRGC a fronte di un rilievo topografico puntuale di maggior dettaglio.

Le opere in progetto non modificano infatti la geometria dell'alveo fatto salvo per la regolarizzazione della sponda caratterizzata dal paramento della scogliera.

Per quanto riguarda la presenza delle traverse in massi si considera che, essendo le stesse disposte al di sotto del piano di fondo alveo ed essendo caratterizzate da un paramento in massi sciolti esse non modificano né la geometria né la scabrezza generale del tratto di alveo indagato il quale presenta attualmente diversi affioramenti rocciosi e presenza di massi sciolti.

E' stata dunque eseguita, relativamente alla sistemazione in progetto, una verifica dei tiranti idrometrici tramite uno schema di calcolo di moto permanente. In questo modo è stato possibile costruire un profilo idraulico che tenga conto della variazione graduale delle sezioni d'alveo e la presenza di manufatti, restringimenti e rapide variazioni di sezione.

#### 5. DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO

La determinazione del profilo di moto permanente è realizzata utilizzando il codice HECRAS "River Analysis System" Versione 4.0 (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 al rio in esame 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. La corrispondenza tra la numerazione data dal modello e la numerazione delle sezioni viene riportata nella seguente tabella:

Codice Hec ras	Sezione di rilievo
100	Sez 1
90	Sez 2
80	Sez 3
70	Sez 4
65	
60	Sez 5
50	Sez 6
40	Sez 7
30	Sez 8
20	Sez 9

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

---

## 6. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le ipotesi di calcolo relative alle condizioni al contorno introdotte nel modello di simulazione numerica di moto permanente sono le seguenti:

- portate al colmo costanti in tutto il tratto in corrispondenza ai tempi di ritorno indicati.
- altezze idrometriche utilizzate come condizioni iniziali nelle sezioni a monte ed a valle calcolate in condizioni di moto uniforme indisturbato.
- coefficiente di scabrezza (n di Manning) risulta: costante e cautelativamente posto pari a 0.04  $m^{-1/3} s$  pari a 25  $m^{1/3} s^{-1}$  di Manning pari a "Torrenti montani con fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli".

I modelli sono stati costruiti con le sezioni idrauliche dedotte dai rilievi topografici di dettaglio utilizzati per la progettazione delle opere.

La geometria immessa è quella dello stato in progetto delle proposte progettuali, le quali, non modificando la sezione d'alveo non modificano il processo di deflusso delle portate di massima piena.

---

## 7. ANALISI DEI RISULTATI

I modelli eseguiti mostrano coerentemente agli studi di PRG, tiranti idrometrici relativamente bassi e velocità elevate con profili idraulici prevalentemente di corrente veloce.

Tale risultato appare confermato dall'analisi del materiale di deposito visibile in alveo. Le opere in progetto sono compatibili con i tiranti idrometrici e con le velocità desunte dal modello. Si rammenta che tali interventi sono a carattere antiersivo e, dal punto di vista del deflusso, devono avere ed effettivamente hanno, un'ingerenza minima rispetto allo stato di fatto.

Le modellazioni eseguite, i cui tabulati sono riportati in allegato, confermano tale ipotesi.



## 8. VERIFICA DELLA STABILITA' DELLA SCOGLIERA E DELLE TRAVERSE

La scogliera in progetto risulta formata da elementi lapidei di grosse dimensioni con volume medio dei massi pari a circa 1.00 m<sup>3</sup> ottenuti da cave di rocce serpentitiche o similari adatte allo scopo per il loro elevato peso specifico e l'elevata resistenza all'erosione idrica ed agli effetti del gelo.

Occorre verificare la stabilità dei singoli massi costituenti la scogliera. Le ipotesi di verifica, necessariamente semplificate risultano:

- Massi di forma cubica
- Massi investiti dalla corrente sulla faccia di monte
- Massi vincolati a scorrimento da un contrasto di altezza  $d$  al di sopra del piano di appoggio del masso.

Nel seguito si effettua la verifica a ribaltamento del suddetto masso medio.

Dalle verifiche idrauliche effettuate si ha una velocità massima della corrente sulle sezioni interessate dalla scogliera pari a circa

$$v_{max} = 11.2 \text{ m/s.}$$

Tale valore è da ritenersi plausibile in centro corrente, mentre in prossimità delle sponde con buona approssimazione si ha:

$$v = 0.93 * 11.2 = 10.42 \text{ m/s.}$$

Indicata con  $\rho$  la densità dei massi pari a 2700 kg/m<sup>3</sup> allora la forza peso del masso immerso sarà

$$P = Vol * (2700 - 1000) * g \cong 25 \text{ kN}$$

Ove  $Vol$  è il volume del masso, 1000 kg/m<sup>3</sup> è la densità dell'acqua comprensiva del trasporto solido in piena  $g$  è l'accelerazione di gravità

La forza di spinta dell'acqua sulla faccia di monte risulta:

$$S = \frac{1}{2} Cr * \rho a v^2 * \Omega = \frac{1}{2} * 1.6 * 1000 * 7.86^2 * 1.31 = 95.5 \text{ kN}$$

Dove:

$Cr$  = Coefficiente di resistenza dipendente essenzialmente dalla forma del corpo e dal n° del  $Re$ . Nel caso in esame può essere assunto pari a 1.6.

$\rho a$  = densità dell'acqua in kg/m<sup>3</sup>

$v$  = velocità della corrente in m/s

$\Omega$  = l'area della proiezione del corpo sul piano normale al moto, in tal caso il lato di monte del masso.

Affinché il masso sia stabile deve essere

$$S(l/2-d) < P \cdot l/2$$

con l lato del cubo

Imponendo la condizione limite  $S(l/2-d) = P \cdot l/2$  si ottiene:

$$d = l/2(1 - P/S) = 0.42 \text{ m}$$

il sovrizzo così ottenuto corrisponde ad una frazione relativamente piccola del rispettivo lato in particolare  $d/l = 0.42$ . Poiché sono state previste modalità di messa in opera dei massi tali da prevedere dei valori di ricoprimento intorno al rapporto  $d/l = 0.5$  le scogliere in progetto risultano verificate a scalzamento.

Inoltre la disposizione di speroni di massi cementati sporgenti a sostegno del paramento in massi sciolti e la disposizione dei profilati metallici nelle traverse in alveo maggiorano il fattore di sicurezza così come calcolato in precedenza.

In questo modo si garantisce una maggiore tenuta delle opere in oggetto anche a fronte di un incremento del trasporto solido.



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

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
Dora	100	TR 200	111.00	1294.69	1296.13	1296.81	1298.39	0.068271	6.65	16.70	15.38	2.04
Dora	100	TR 500	143.00	1294.69	1296.33	1297.13	1299.00	0.068277	7.25	19.73	15.86	2.07
Dora	100	TR 200 +ts	115.33	1294.69	1296.16	1296.85	1298.47	0.068279	6.74	17.12	15.45	2.04
Dora	100	TR 500 +ts	148.58	1294.69	1296.36	1297.18	1299.11	0.068251	7.34	20.24	15.93	2.08
Dora	90	TR 200	111.00	1293.06	1295.10	1295.77	1297.41	0.046616	6.73	16.50	9.29	1.61
Dora	90	TR 500	143.00	1293.06	1295.52	1296.22	1298.03	0.041977	7.02	20.38	9.42	1.52
Dora	90	TR 200 +ts	115.33	1293.06	1295.16	1295.83	1297.50	0.045930	6.77	17.03	9.31	1.60
Dora	90	TR 500 +ts	148.58	1293.06	1295.59	1296.30	1298.13	0.041390	7.06	21.04	9.44	1.51
Dora	80	TR 200	111.00	1292.02	1294.33	1295.03	1296.70	0.045269	6.82	16.27	9.17	1.63
Dora	80	TR 500	143.00	1292.02	1294.70	1295.49	1297.37	0.043190	7.24	19.75	9.44	1.60
Dora	80	TR 200 +ts	115.33	1292.02	1294.38	1295.10	1296.80	0.045067	6.89	16.74	9.20	1.63
Dora	80	TR 500 +ts	148.58	1292.02	1294.76	1295.57	1297.48	0.042949	7.31	20.33	9.48	1.59
Dora	70	TR 200	111.00	1291.36	1293.59	1294.36	1296.14	0.054693	7.08	15.67	8.57	1.67
Dora	70	TR 500	143.00	1291.36	1293.98	1294.83	1296.84	0.051517	7.49	19.10	8.77	1.62
Dora	70	TR 200 +ts	115.33	1291.36	1293.64	1294.42	1296.24	0.054238	7.14	16.14	8.59	1.66
Dora	70	TR 500 +ts	148.58	1291.36	1294.05	1294.91	1296.95	0.051043	7.55	19.68	8.80	1.61
Dora	65	TR 200	111.00	1290.80	1292.86	1293.82	1296.04	0.072263	7.90	14.05	8.19	1.92
Dora	65	TR 500	143.00	1290.80	1293.25	1294.30	1296.74	0.066261	8.27	17.28	8.39	1.84
Dora	65	TR 200 +ts	115.33	1290.80	1292.91	1293.89	1296.14	0.071335	7.96	14.49	8.22	1.91
Dora	65	TR 500 +ts	148.58	1290.80	1293.31	1294.38	1296.85	0.065415	8.33	17.84	8.43	1.83
Dora	60	TR 200	111.00	1290.74	1292.88	1293.80	1295.93	0.069671	7.74	14.34	8.23	1.87
Dora	60	TR 500	143.00	1290.74	1293.26	1294.29	1296.64	0.064467	8.14	17.57	8.47	1.80
Dora	60	TR 200 +ts	115.33	1290.74	1292.93	1293.87	1296.03	0.068882	7.80	14.78	8.26	1.86
Dora	60	TR 500 +ts	148.58	1290.74	1293.33	1294.37	1296.75	0.063739	8.20	18.13	8.51	1.79
Dora	50	TR 200	111.00	1289.92	1292.03	1293.01	1295.19	0.066305	7.88	14.09	8.40	1.94
Dora	50	TR 500	143.00	1289.92	1292.38	1293.48	1295.93	0.063544	8.34	17.14	8.86	1.91
Dora	50	TR 200 +ts	115.33	1289.92	1292.08	1293.08	1295.30	0.065911	7.95	14.51	8.46	1.94
Dora	50	TR 500 +ts	148.58	1289.92	1292.44	1293.56	1296.05	0.063138	8.41	17.66	8.94	1.91

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Dora Reach: Dora (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Dora	40	TR 200	111.00	1289.08	1290.76	1291.72	1294.14	0.090456	8.14	13.63	10.75	2.31
Dora	40	TR 500	143.00	1289.08	1291.01	1292.12	1294.90	0.087802	8.73	16.38	11.19	2.30
Dora	40	TR 200 +ts	115.33	1289.08	1290.80	1291.78	1294.25	0.090001	8.23	14.02	10.83	2.31
Dora	40	TR 500 +ts	148.58	1289.08	1291.05	1292.19	1295.02	0.087158	8.82	16.85	11.24	2.30
Dora	30	TR 200	111.00	1288.10	1290.69	1291.26	1292.79	0.036205	6.42	17.29	8.04	1.40
Dora	30	TR 500	143.00	1288.10	1291.19	1291.75	1293.46	0.033499	6.67	21.43	8.52	1.34
Dora	30	TR 200 +ts	115.33	1288.10	1290.77	1291.33	1292.89	0.035636	6.45	17.88	8.10	1.39
Dora	30	TR 500 +ts	148.58	1288.10	1291.28	1291.83	1293.57	0.033009	6.71	22.15	8.56	1.33
Dora	20	TR 200	111.00	1287.54	1289.56	1290.29	1292.00	0.051280	6.92	16.04	9.42	1.69
Dora	20	TR 500	143.00	1287.54	1289.91	1290.73	1292.69	0.049482	7.39	19.34	9.61	1.66
Dora	20	TR 200 +ts	115.33	1287.54	1289.61	1290.36	1292.10	0.050907	6.99	16.51	9.44	1.69
Dora	20	TR 500 +ts	148.58	1287.54	1289.96	1290.81	1292.81	0.049243	7.47	19.90	9.64	1.66

Geom: melezet









