Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

RELAZIONE ANALISI TRASPORTO SOLIDO



Progettazione

D'APOLLONIA S.P.A

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Alessandro Pentimalli

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

INDICE

Pagina

ELENCO DELLE TABELLE ii

ELENCO DELLE FIGURE ii

1 CONTENUTO DEL RAPPORTO **1**

2 METODOLOGIA DI ANALISI **2**

3 LE ANALISI GRANULOMETRICHE **3**

4 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO **9**

4.1 CURVA DI DURATA DELLE PORTATE 9

4.2 ANALISI DEGLI EVENTI DI PIENA 11

4.2.1 Analisi di sensitività al diametro dei sedimenti 18

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No.	Titolo
1	Parametri rappresentativi dei campioni di materiale d'alveo
2	Parametri regionalizzati per la stima della curva di durata delle portate in sezioni non strumentate
3	Valutazione del volume di materiale solido sedimentato nei tratti di controllo del Torrente San Siro
4	Valutazione del volume di materiale solido sedimentato nel tratto di controllo del fosso Magistrato
5	Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo del Torrente S. Siro
6	Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo del fosso Magistrato

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE FIGURE

Figura No.	Titolo
1	Localizzazione dei punti di prelievo del materiale d'alveo per l'analisi granulometrica sul Torrente San Siro
1a	Campionamento del materiale d'alveo nelle sezioni SS2a (sinistra) e SS2b (destra)
2	Localizzazione dei punti di prelievo del materiale d'alveo per l'analisi granulometrica sul fosso Magistrato
2a	Materiale di fondo alveo del fosso Magistrato in prossimità della sezione di presa in progetto
3	Curva granulometrica relativa al campione SS1 del Torrente San Siro
4	Curva granulometrica relativa al campione SS2-A del Torrente San Siro
5	Curva granulometrica relativa al campione SS2-B del Torrente San Siro
6	Curva granulometrica relativa al campione SS3 del Torrente San Siro
7	Curva granulometrica relativa al campione MA1-A del fosso Magistrato
8	Curva granulometrica relativa al campione MA1-B del fosso Magistrato
9	Curva granulometrica relativa al campione MA2 del fosso Magistrato
10	Curva di durata delle portate per la sezione di presa del Torrente San Siro
11	Curva di durata delle portate per la sezione di presa del fosso Magistrato
12	Idrogrammi liquidi per tempo di ritorno di 2.9 e 200 anni per la sezione di presa del Torrente San Siro
13	Idrogrammi liquidi per tempo di ritorno di 2.9 e 200 anni per la sezione di presa del fosso Magistrato
14	Sezioni di controllo per la valutazione degli idrogrammi solidi sul Torrente S. Siro
15	Sezioni di controllo per la valutazione degli idrogrammi solidi sul fosso Magistrato

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE FIGURE
(Continuazione)

16 Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del Torrente San Siro per tempo di ritorno di 2,9 anni

17 Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del Torrente San Siro per tempo di ritorno di 200 anni

18 Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del fosso Magistrato per tempo di ritorno di 2,9 anni

19 Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del fosso Magistrato per tempo di ritorno di 200 anni

20 Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo per il Torrente San Siro. Nel grafico viene riportata la quantità di materiale solido depositata complessivamente nel tratto a monte della sezione di presa dell'opera di sfioro in funzione della media dei diametri rappresentativi e del tempo di ritorno dell'evento di piena

21 Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo per il fosso Magistrato. Nel grafico viene riportata la quantità di materiale solido depositata complessivamente nel tratto a monte della sezione di presa dell'opera di sfioro in funzione della media dei diametri rappresentativi e del tempo di ritorno dell'evento di piena

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

RAPPORTO
RELAZIONE ANALISI TRASPORTO SOLIDO
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI S. SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E ATTIVITÀ COMPLEMENTARI ALLA PROGETTAZIONE

1 CONTENUTO DEL RAPPORTO

La relazione analizza i fenomeni di capacità di trasporto solido e calcola la capacità di sovralluvionamento del manufatto di sfioro sia sul Torrente San Siro che sul fosso Magistrato. Infatti l'opera di sfioro nel suo insieme produce una riduzione della capacità di trasporto della corrente sia per la derivazione attraverso il canale scolmatore che sia l'effetto di rigurgito indotto sulla corrente di piena.

La presenza di materiale solido trasportato dalla corrente liquida può infatti modificare il funzionamento delle opere di sfioro, ma soprattutto, nel caso in esame, può provocare l'usura del rivestimento della galleria.

La presente indagine ha quindi lo scopo di verificare l'eventualità di un eccessivo accumulo di materiale solido sullo sfioratore e il conseguente trasporto di sedimenti all'interno della galleria in progetto.

La presente analisi evidenzia come nella configurazione di progetto il processo di trasporto solido durante gli eventi di piena non pregiudica la funzionalità delle opere in progetto.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

2 METODOLOGIA DI ANALISI

Lo studio fa riferimento alla quantificazione del materiale solido mobilitabile nelle sezioni di interesse dei corsi d'acqua in due condizioni idrologiche di riferimento: l'una relativa ai deflussi medi giornalieri individuati dalla curva di durata delle portate e l'altra relativa all'idrogramma di piena avente tempo di ritorno di 2,9 e 200 anni.

La prima ipotesi serve a quantificare il volume annuo mobilitabile in condizioni idrologiche medie, mentre il riferimento agli eventi di piena serve ad analizzare l'entità dell'eventuale sovralluvionamento indotto sull'opera di sfioro in condizioni critiche di funzionamento dello scolmatore. Infatti, il regime torrentizio dei corsi d'acqua in esame insieme al tipo di granulometria del materiale di fondo alveo fa sì che il trasporto solido, ed in particolare quello al fondo, sia legato principalmente alla frequenza degli eventi di piena.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

3 LE ANALISI GRANULOMETRICHE

I prelievi di materiale d'alveo sono stati eseguiti in sezioni rappresentative sia a monte che a valle dell'opera di presa in progetto del torrente San Siro e del fosso Magistrato (Figura 1 e Figura 2).

Le curve granulometriche vengono riportate in forma grafica nelle Figure 3 – 9, mentre i parametri rappresentativi d50 e d90 sono riportati nella Tabella 1.

I campioni sono stati estratti ad una profondità di 20 cm ad esclusione dei campioni SS2b ed MA1b che sono stati estratti ad una profondità di 40 cm. Tale differenziazione permette di analizzare eventuali fenomeni di corazzamento dell'alveo.

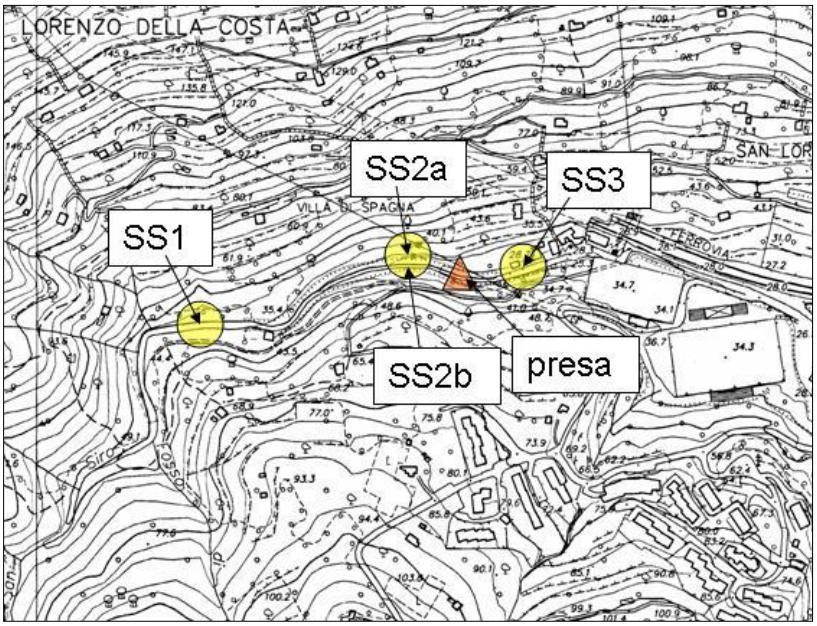


Figura 1 - Torrente S. Siro: punti di prelievo del materiale d'alveo per l'analisi granulometrica

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it



Figura 1a - Campionamento del materiale d'alveo nelle sezioni SS2a (sinistra) e SS2b (destra)

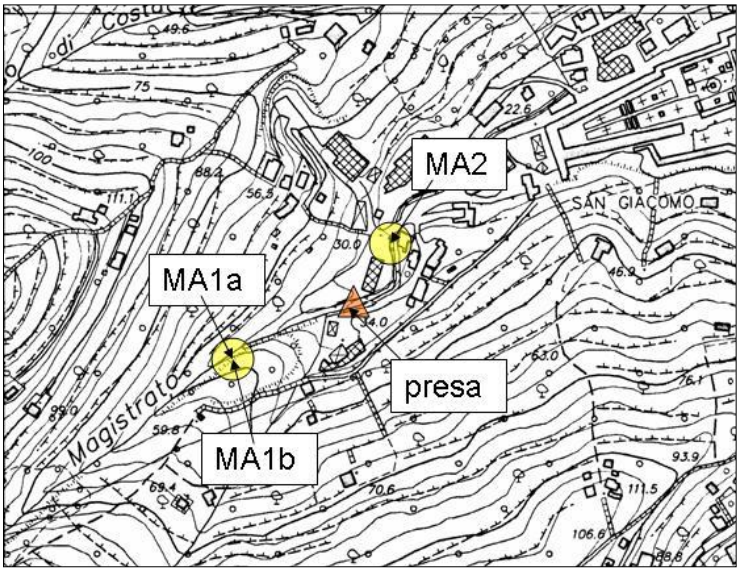


Figura 2 - Torrente Magistrato: punti di prelievo del materiale d'alveo per l'analisi granulometrica

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it



Figura 2a - Materiale di fondo alveo del fosso Magistrato in prossimità della sezione di presa in progetto

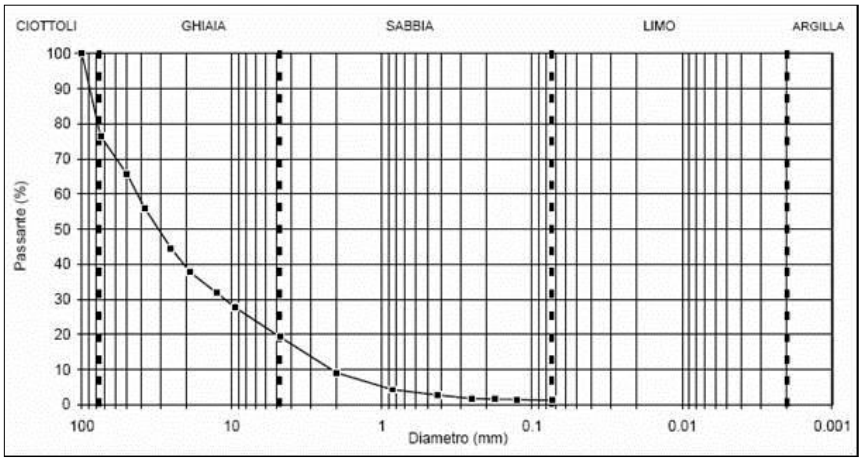


Figura 3 - Curva granulometrica relativa al campione SS1 del Torrente San Siro

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

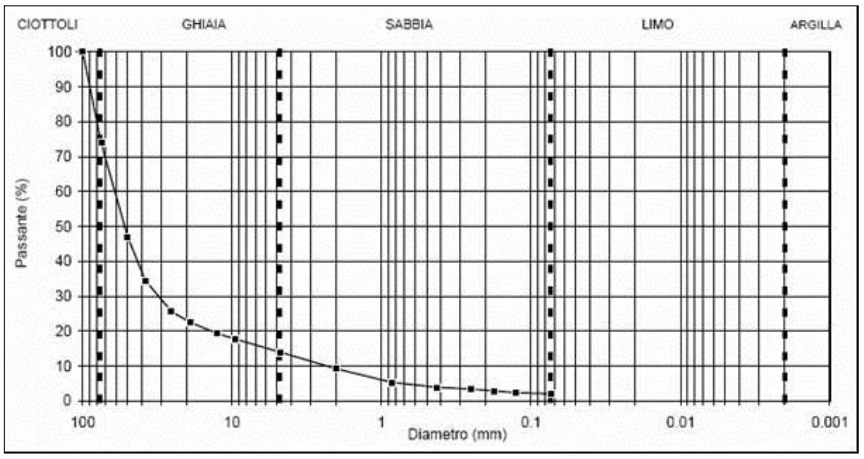


Figura 4 - Curva granulometrica relativa al campione SS2-A del torrente San Siro

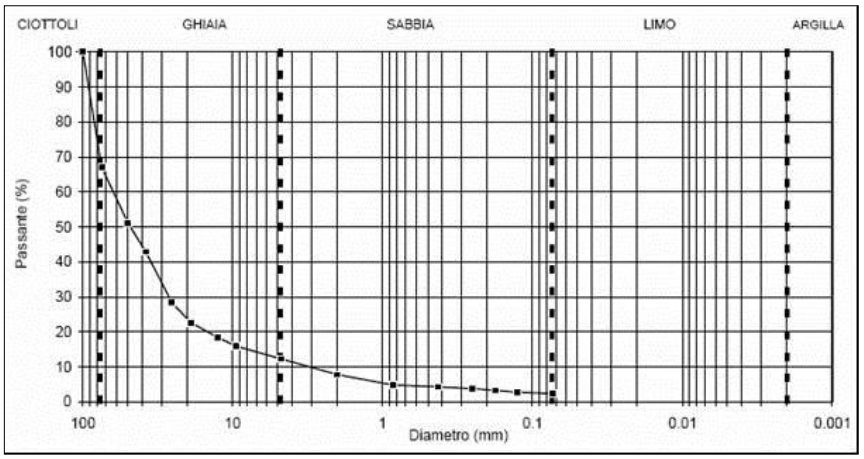


Figura 5 - Curva granulometrica relativa al campione SS2-B del torrente San Siro

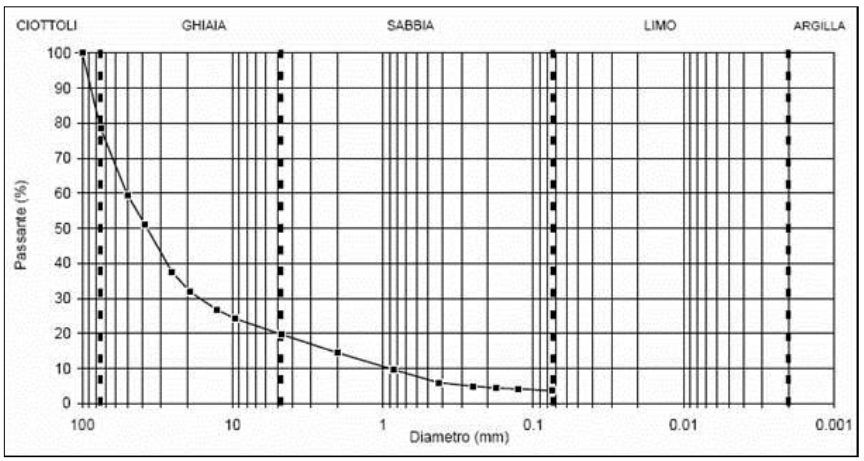


Figura 6 - Curva granulometrica relativa al campione SS3 del torrente San Siro

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

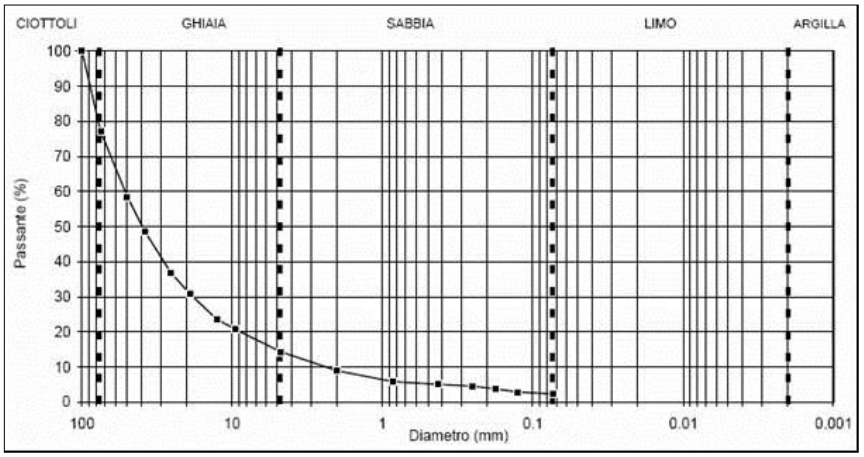


Figura 7 - Curva granulometrica relativa al campione MA1-A del fosso Magistrato

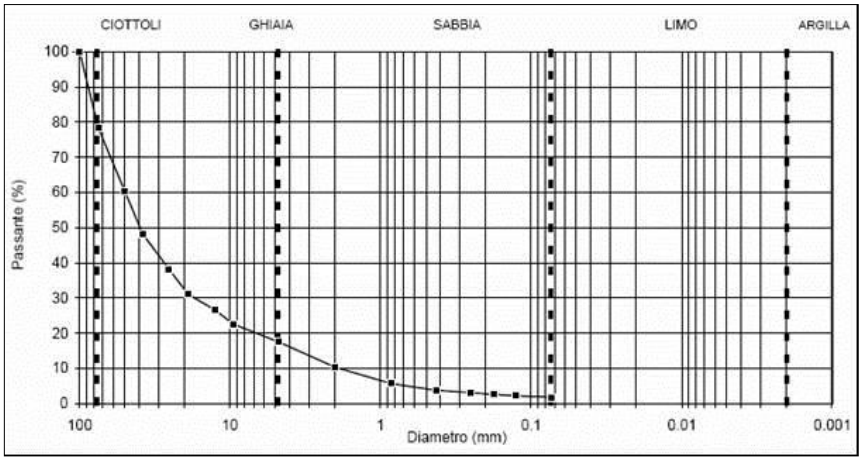


Figura 8 - Curva granulometrica relativa al campione MA1-B del fosso Magistrato

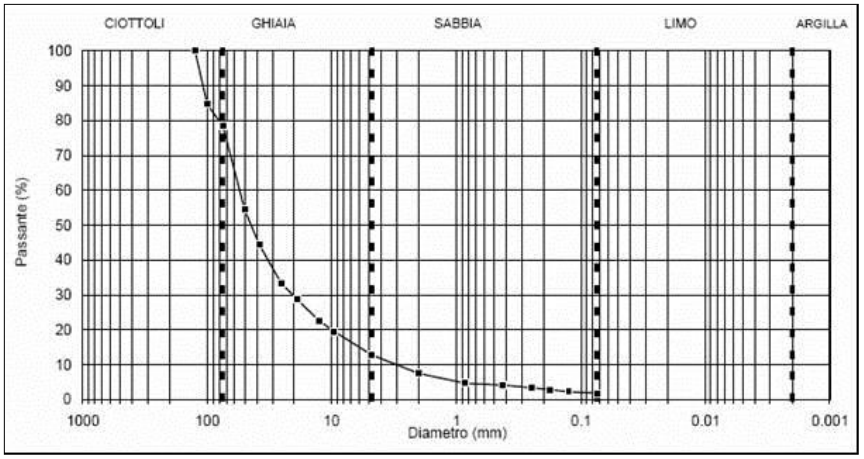


Figura 9 - Curva granulometrica relativa al campione MA2 del fosso Magistrato

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Tabella 1: Parametri rappresentativi dei campioni di materiale d'alveo		
Campione	**d_{50}**	**d_{90}**
SS1	30	90
SS2-A	52	90
SS2-B	50	92
SS3	38	90
MA1-A	38	90
MA-1B	38	90
MA2	45	102

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

4 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO

L'analisi che segue, verifica l'ipotesi che il trasporto solido nei corsi d'acqua in studio per il regime torrentizio di questi e per la tipologia di granulometria dell'alveo sia determinato dagli eventi di piena[1], che in virtù del regime ideologico si presentano intense ma di breve intensità. La verifica di tale ipotesi è stata quindi condotta verificando che le portate presenti per più giorni, quindi espresse dalle curve di durata, fossero insufficienti a mobilitare trasporto solido al fondo.

Successivamente si sono ricavati dall'analisi idrologica gli idrogrammi solidi in arrivo e quindi i volumi solidi eventualmente sedimentabili.

4.1 CURVA DI DURATA DELLE PORTATE

Per la stima della curva di durata delle portate, essendo le sezioni non strumentate, si fa riferimento ai metodi di regionalizzazione per i bacini idrografici della Liguria Tirrenica [2]. La curva di durata risulta interpretabile mediante la funzione:

$$D(q) = 365\left[1 - F_q(q)\right] \qquad \text{Eq. (1)}$$

dove D indica la durata in giorni, q la portata in mc/s e Fq la frequenza cumulata interpretata nel caso in esame dalla distribuzione lognormale. Questa, come noto, assume l'espressione:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{y - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right\} \qquad \text{Eq. (2)}$$

dove $y = \ln(q)$:

la cui varianza e media sono:

$$\sigma_y^2 = \ln\left[\left(\frac{\sigma_q}{\mu_q}\right)^2 + 1\right] \qquad \text{Eq. (2.a)}$$

[1] Braga G., Larcan E. e Paletti A., "Una metodologia per la valutazione della capacità di rinascimento naturale di alvei torrentizi sede di estrazione di inerti" *Idrotecnica*, n°6, 1982
Mancini , M., Progetto di monitoraggio del processo erosione accumulo di sedimenti in alcuni torrenti della Liguria a foce nel litorale tirrenico, Provincia di Savona 2004.

[2] Curve di Durata per la Liguria Tirrenica, Bartolini, 2004

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

$$\mu_y = \ln(\mu_q) - 0{,}5\sigma_y^2 \qquad \text{Eq. (2.b)}$$

I valori della media e dello scarto quadratico medio della distribuzione sono stimati con criteri di analisi regionali ed espressi dalle relazioni seguenti:

$$\mu_q = a_1 S^{b_1} h^{c_1} \qquad \text{Eq. (2.c)}$$

$$\sigma_q = a_2 S^{b_2} h^{c_2} \qquad \text{Eq. (2.d)}$$

dove S rappresenta la superficie del bacino in km^2 e h l'altezza media di pioggia annua in metri. La regionalizzazione dei parametri a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2 ha portato a stimare i valori per i bacini idrografici della Liguria Tirrenica riportati in Tabella 2.

Tabella 2:
Parametri regionalizzati per la stima della curva di durata delle portate in sezioni non strumentate

a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
0,0199	0,99	1,43	0,072	0,924	1,148

Valutando la pioggia media annua attesa per la zona oggetto dello studio in circa 1350 mm, la metodologia di stima della curva di durata per sezioni non strumentate porta ai risultati rappresentati nelle figure seguenti.

I valori di portata ricavati, sono così esigui che nella maggiore delle volte scorrono nel sub alveo. Tali valori evidenziano in ogni caso come valore massimo atteso di portata media giornaliera, che si verifica un giorno in un anno, 1,35 m^3/s per il Torrente San Siro e a 0,4 m^3/s per il fosso Magistrato.

Analizzando la mobilità del materiale di fondo rispetto ai valori della curva di durata, si ottiene un volume mobilitabile di materiale solido pressoché nullo per il torrente S. Siro ed un volume nullo per il fosso Magistrato.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

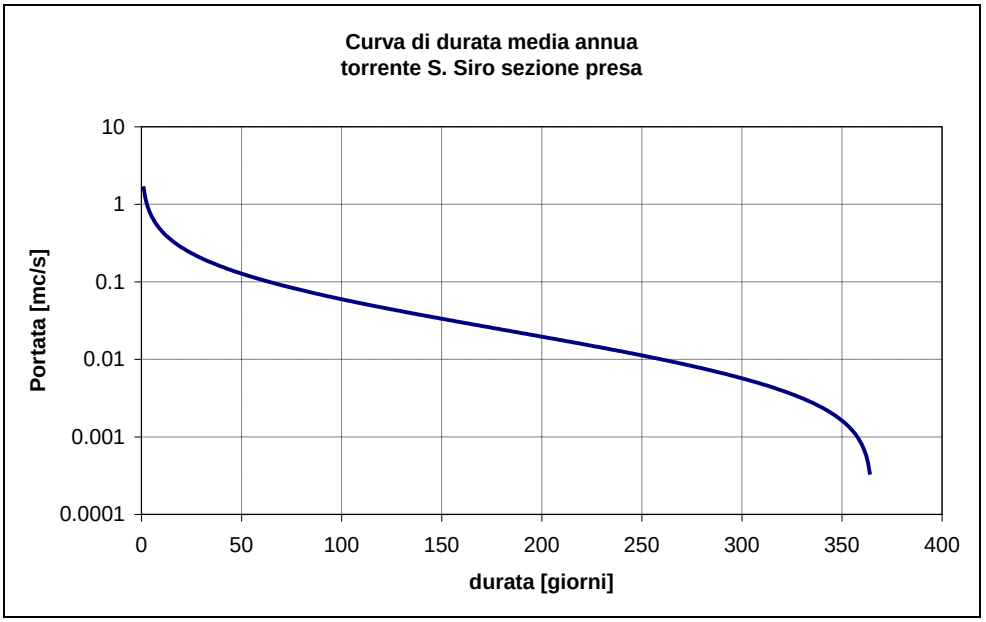


Figura 10 - Curva di durata delle portate per la sezione di presa del torrente San Siro

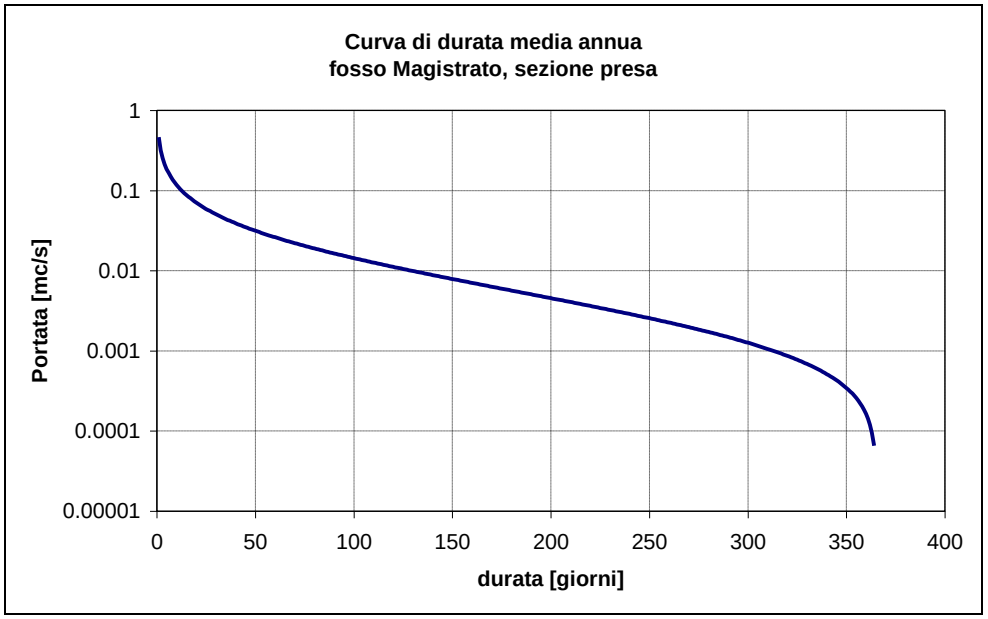


Figura 11 - Curva di durata delle portate per la sezione di presa del fosso Magistrato

4.2 ANALISI DEGLI EVENTI DI PIENA

La determinazione degli idrogrammi solidi in ciascuna sezione di controllo sono calcolati a partire dall'idrogramma liquido, allorché la portata liquida supera quella di moto incipiente.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

L'idrogramma liquido di riferimento è quello con portata di picco pari alla portata media dei massimi annuali (Tr di 2,9 anni) e quello catastrofico avente tempo di ritorno pari a 200 anni.

L'accumulo di materiale solido in un tratto elementare omogeneo, viene valutato dall'integrale della differenza tra idrogramma solido in ingresso ed idrogramma solido in uscita. A tal fine, si è ipotizzato che la disponibilità di materiale al fondo fosse illimitata e che la portata solida q_s, fosse la capacità di trasporto.

Questa è ben rappresentata dall'espressione di Meyer-Peter e Muller (1948[3])la quale è stata formulata per pendenze comprese tra lo 0,04 e il 2% e per alvei a granulometria elevata, caratteristiche proprie dei tratti esaminati.

Questa si esprime in termini di portata solida volumetrica per unità di larghezza del letto q_s (in m^2s^{-1}):

$$q_s = \frac{8g^{1/2}(k^{*3/2}\tau - \tau_c)}{\gamma^{1/2}(\gamma_s - \gamma)} \qquad \text{Eq. (3)}$$

dove τ_c è lo sforzo tangenziale critico (N/m^2), τ è lo sforzo tangenziale medio nel tratto (N/m^2) e k* è definito dal rapporto fra la scabrezza di grano e la scabrezza globale dell'alveo e rappresenta un parametro di correzione che tiene conto delle alterazioni morfologiche del letto durante il trasporto.

Nelle prove di laboratorio di Meyer-Peter e Muller, k* è quasi sempre stato compreso fra 1 e 0,8 ed assume un andamento decrescente al crescere della intensità del trasporto, evidenziando un aumento della resistenza globale dovuta alla comparsa di forme di fondo (rispetto a quelle del grano) al crescere della portata solida.

Le espressioni della capacità di trasporto possono essere utilizzate per il calcolo di un "sedimentogramma" da associare all'idrogramma di progetto[4], il cui volume complessivo è dato dalla sommatoria degli intervalli a portata solida costante:

$$V_s = \sum_{i=1}^{n} q_s B \Delta T \qquad \text{Eq. (4)}$$

dove B è la larghezza della sezione.

[3] Meyer-Peter E., Muller R., "Formulas for bedload Transport", 1948
[4] D'Agostino V., Lenzi M. "La valutazione del trasporto solido di fondo nel bacino attrezzato del Rio Cordon" *L'Acqua,* n°4, 1996

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

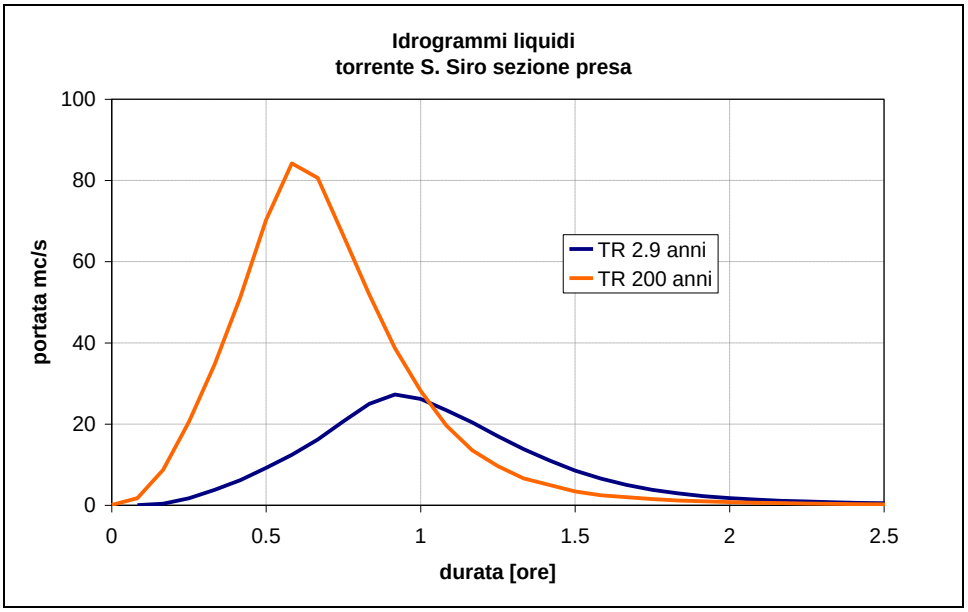


Figura 12 - Idrogrammi liquidi per tempo di ritorno di 2,9 e 200 anni per la sezione di presa del torrente San Siro

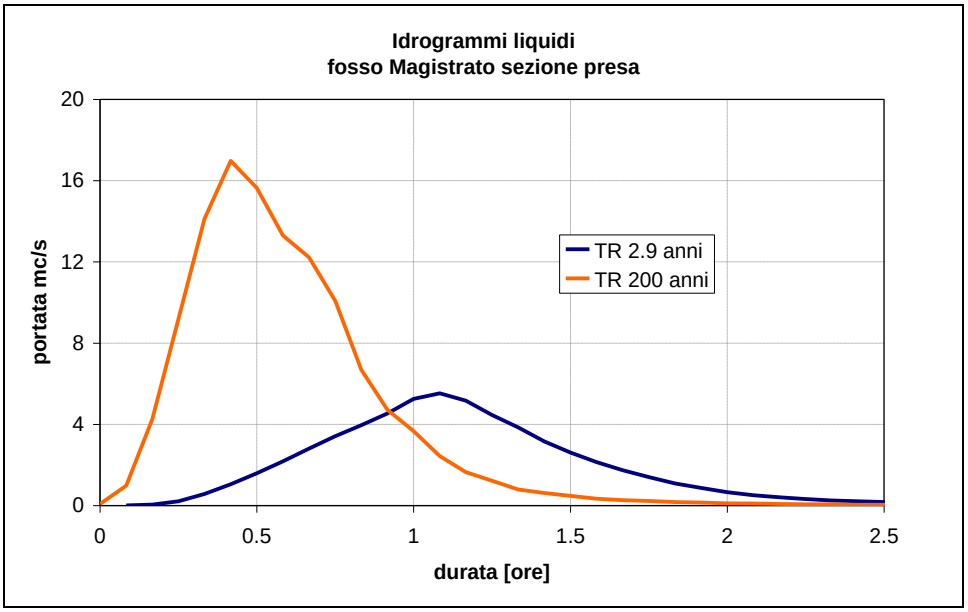


Figura 13 - Idrogrammi liquidi per tempo di ritorno di 2,9 e 200 anni per la sezione di presa del fosso Magistrato

Sul torrente San Siro sono stati evidenziati 3 tratti elementari (Figura 14): il primo è compreso tra la sezione 115 e la sezione 96 e caratterizza il tratto a monte della briglia selettiva, il secondo è compreso tra la sezione 96 e la sezione 78 situata immediatamente a monte della briglia selettiva di trattenuta, ed infine il terzo tratto,

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

compreso tra la sezione 73 e la sezione 71, caratterizza l'area dello sfioratore. Sul fosso Magistrato sono stati individuati 2 tratti caratteristici (Figura 15), l'uno a monte dell'opera di presa compreso tra la sezione 8 e la sezione 7, l'altro in prossimità dell'opera di sfioro, tra la sezione 7 e la sezione 4.

Gli idrogrammi solidi corrispondenti alle sezioni di controllo per i diversi tempi di ritorno vengono riportati nelle Figure 16 – 19. Si evince che (Tabella 3), sul Torrente San Siro, il materiale solido in arrivo dal bacino di monte si sedimenta completamente nel tratto 1 sia per l'evento di piena con frequenza di 2,9 che 200 anni. Il volume complessivo di sedimentazione ammonta a 149 e 344 m^3 rispettivamente per il tempo di ritorno di 2,9 e 200 anni, che corrisponde ad una altezza di sedimenti di 0,13 e 0,31 m, supponendo il materiale uniformemente distribuito nel tratto omogeneo.

Anche per il fosso Magistrato (Tabella 4) si osserva che nel tratto corrispondente all'opera di sfioro non si rileva trasporto di materiale, mentre nel tratto 1 il volume di sedimentazione atteso ammonta a 92 m^3 per l'evento con tempo di ritorno di 2,9 anni e 154 m^3 per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni, corrispondente ad una altezza dei sedimenti rispettivamente di 0,43 m e 0,72 m.

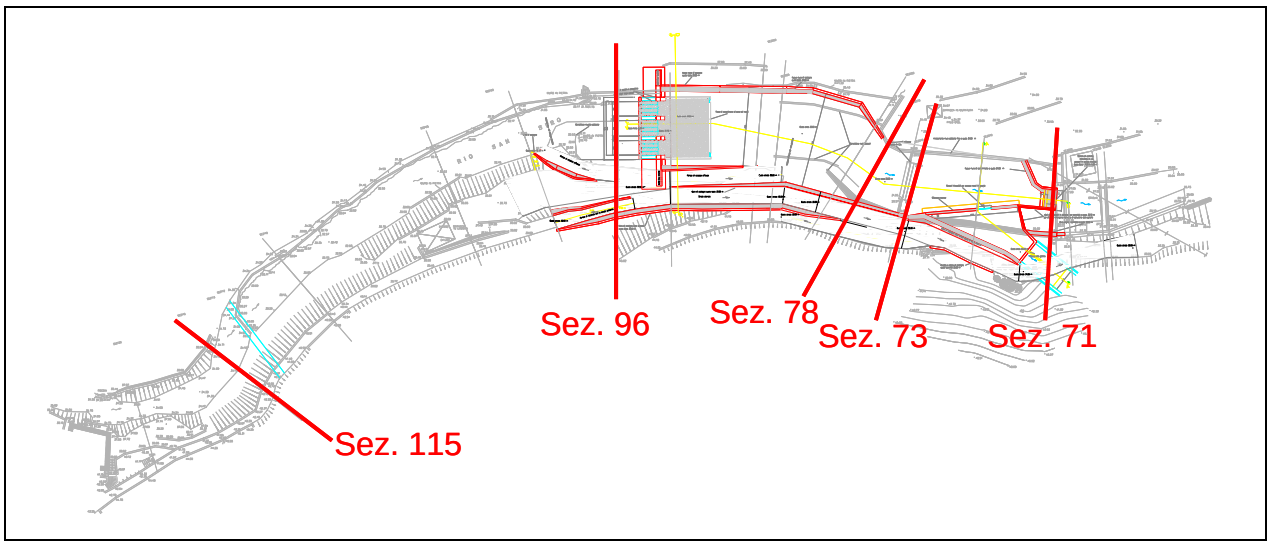


Figura 14 - Sezioni di controllo per la valutazione degli idrogrammi solidi sul Torrente S. Siro

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

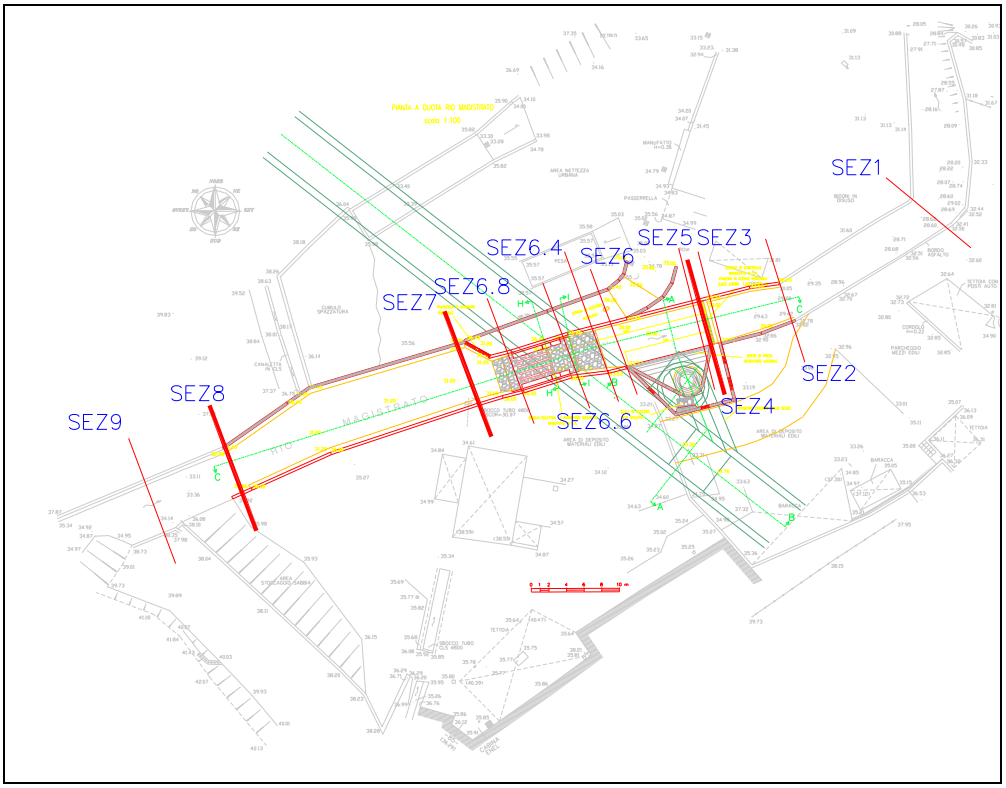


Figura 15 - Sezioni di controllo per la valutazione degli idrogrammi solidi sul fosso Magistrato

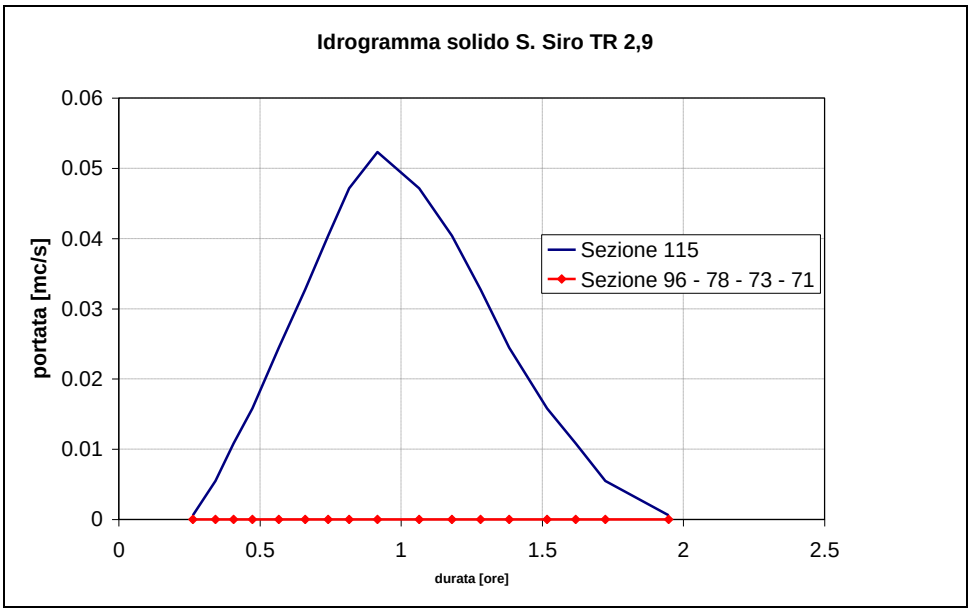


Figura 16 - Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del Torrente San Siro per tempo di ritorno di 2,9 anni

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

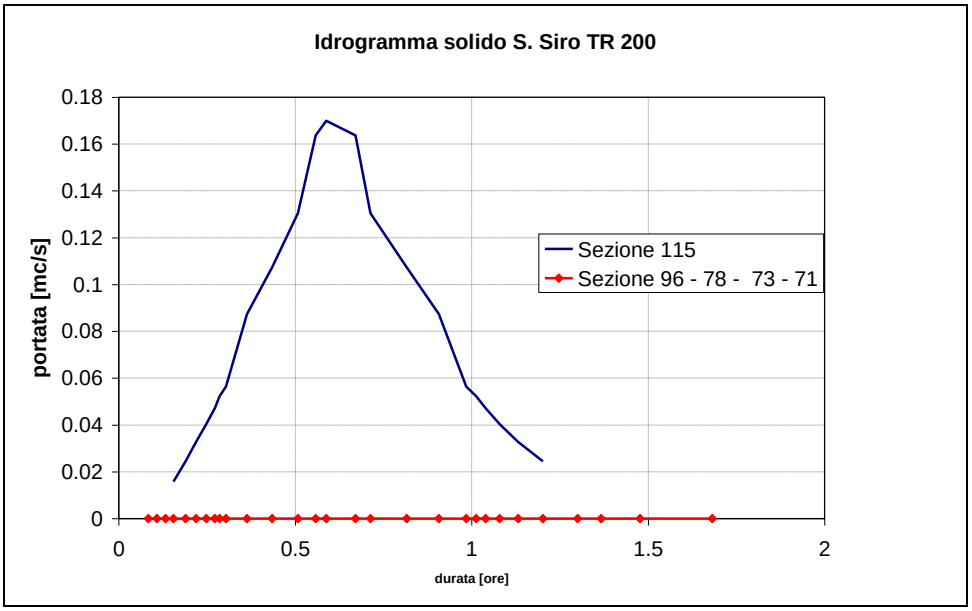


Figura 17 - Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del Torrente San Siro per tempo di ritorno di 200 anni

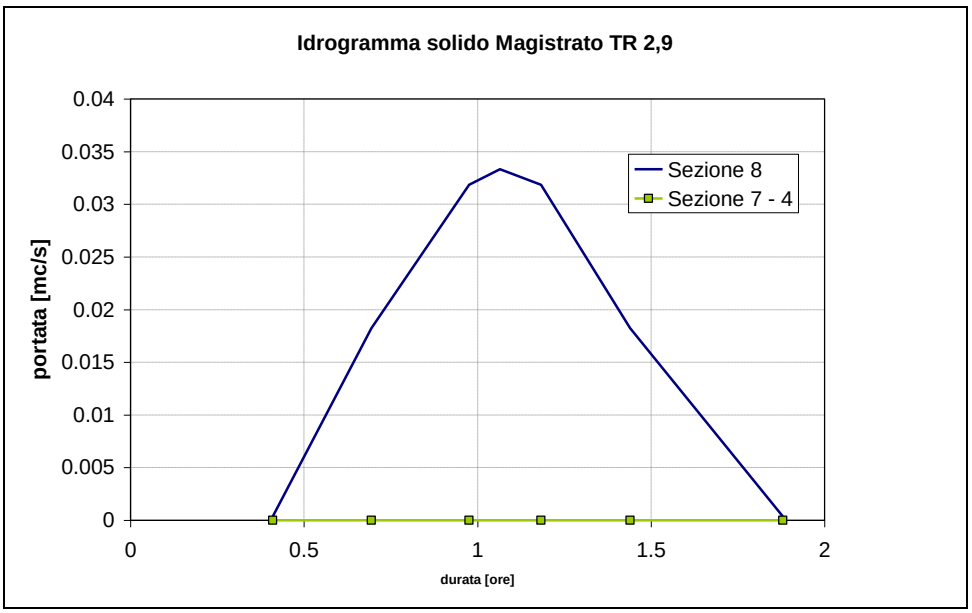


Figura 18 - Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del fosso Magistrato per tempo di ritorno di 2,9 anni

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

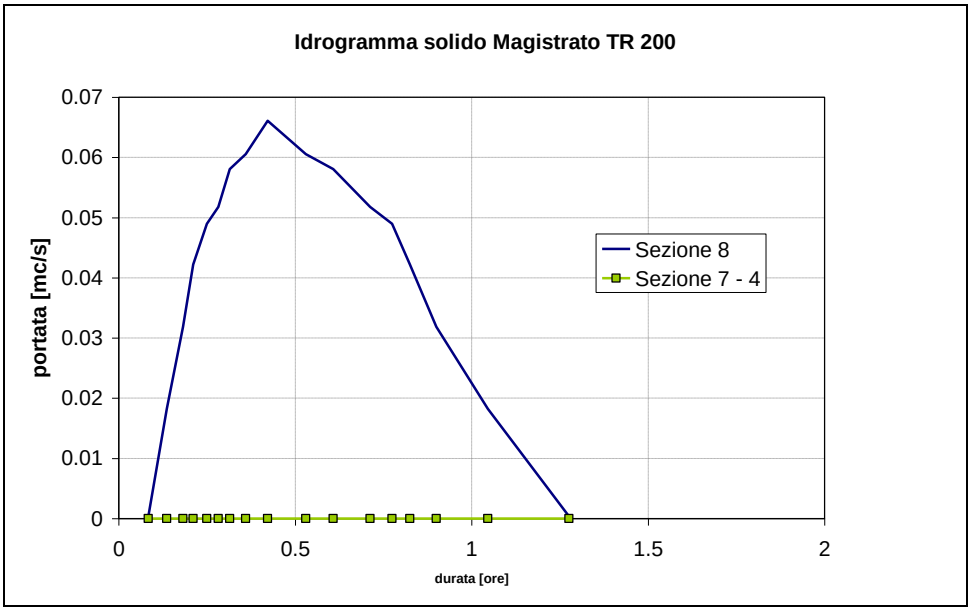


Figura 19 - Idrogrammi solidi per le sezioni di controllo del fosso Magistrato per tempo di ritorno di 200 anni

Tabella 3: Valutazione del volume di materiale solido sedimentato nei tratti di controllo del Torrente San Siro			
Tratto	**Tratto 1**	**Tratto 2**	**Tratto 3**
Area tronco (mq)	1100	740	420
	Idrogramma T=2,9 anni		
Volume solido (mc)	149	0	0
Sovralluvionamento $\Delta h = \frac{\Delta W}{B * L}$ **(m)**	0,13	0	0
	Idrogramma T=200 anni		
Volume solido (mc)	344	0	0
Sovralluvionamento $\Delta h = \frac{\Delta W}{B * L}$ **(m)**	0,31	0	0

Tabella 4: Valutazione del volume di materiale solido sedimentato nel tratto di controllo del fosso Magistrato		
Tratto	**Tratto 1**	**Tratto 2**
Area tronco (mq)	214	142
	Idrogramma T=2,9 anni	
Volume solido (mc)	92	0
Sovralluvionamento $\Delta h = \frac{\Delta W}{B * L}$ **(m)**	0,43	0
	Idrogramma T=200 anni	
Volume solido (mc)	154	0

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Sovralluvionamento $\Delta h = \frac{\Delta W}{B * L}$ **(m)**	0,72	0

4.2.1 Analisi di sensitività al diametro dei sedimenti

E' stata eseguita un'analisi di sensitività al diametro medio caratteristico del materiale d'alveo utilizzato nella formula di Meyer-Peter e Muller per la valutazione della capacità di trasporto. L'analisi ha considerato come diametri caratteristici quelli corrispondenti alla percentuale passante di 10, 20, 30, 40 e 50. La quantità di volume sedimentato nei tratti elementari e complessivamente nel tronco esaminato, viene mostrata in Tabella 5 e Tabella 6.

Tabella 5:
Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo del Torrente S. Siro

Tempo di ritorno	Diametro sedimenti	Tratto 1 [mc]	Tratto 2 [mc]	Tratto 3 [mc]	Complessivo [mc]
2,9	d50	148	0	0	148
	d40	221	0	0	221
	d30	288	0	0	288
	d20	347	5	0	352
	d10	365	15	0	380
200	d50	344	0	0	344
	d40	433	0	0	433
	d30	501	10	0	511
	d20	550	35	0	585
	d10	565	39	11	615

Tabella 6: Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo del fosso Magistrato

Tempo di ritorno	Diametro sedimenti	Tratto 1 [mc]	Tratto 2 [mc]	Complessivo [mc]
2.9	d50	92	0	92
	d40	138	0	138
	d30	188	0	188

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Tabella 6: Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo del fosso Magistrato				
Tempo di ritorno	**Diametro sedimenti**	**Tratto 1 [mc]**	**Tratto 2 [mc]**	**Complessivo [mc]**
	d20	251	0	251
	d10	299	0	299
200	d50	154	0	154
	d40	196	0	196
	d30	239	0	239
	d20	290	0	290
	d10	329	0	329

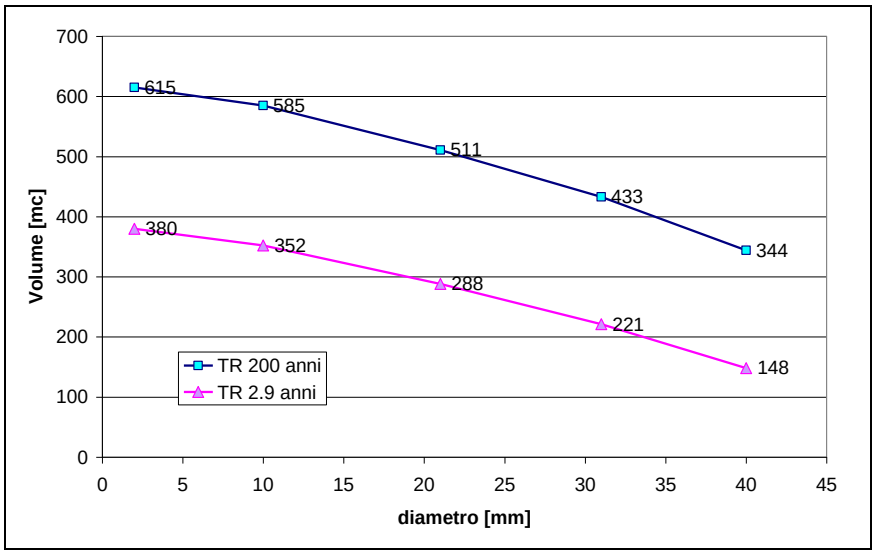


Figura 20 - Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo per il Torrente San Siro. Nel grafico viene riportata la quantità di materiale solido depositata complessivamente nel tratto a monte della sezione di presa dell'opera di sfioro in funzione della media dei diametri rappresentativi e del tempo di ritorno dell'evento di piena

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

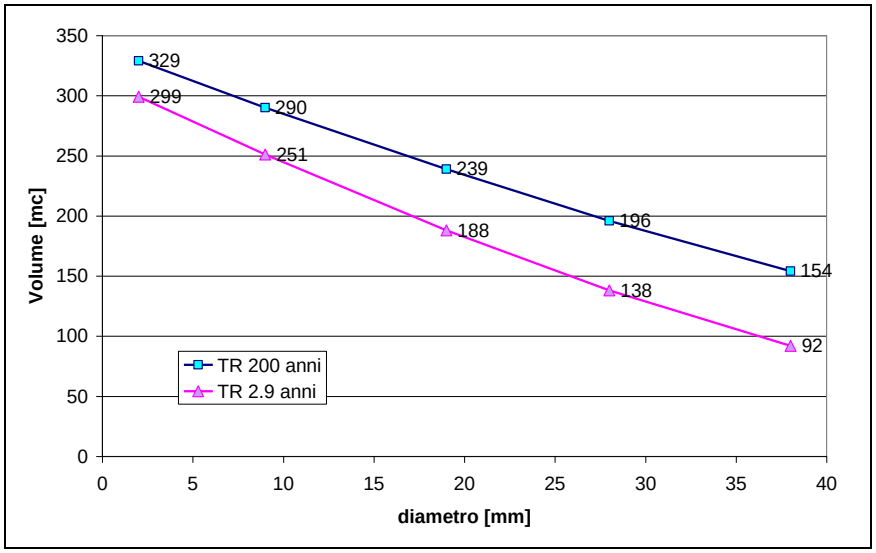


Figura 21 - Analisi di sensitività al diametro caratteristico del materiale d'alveo per il fosso Magistrato. Nel grafico viene riportata la quantità di materiale solido depositata complessivamente nel tratto a monte della sezione di presa dell'opera di sfioro in funzione della media dei diametri rappresentativi e del tempo di ritorno dell'evento di piena