

Città Metropolitana di Reggio Calabria



Repubblica Italiana



REGIONE CALABRIA



Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE LONGITUDINALI

data:

DIC. 2023

elaborato n.:

ES_3.33

scala:

Progettista:

Ingegnere DOMENICO CIANCIO

Soggetto Attuatore:

Dott. GIUSEPPE NARDI

Commissario di Governo per il contrasto del dissesto idrogeologico nel territorio della Regione Calabria

RUP:

Geom. ALESSANDRO FALVO

INTERVENTI INTEGRATI DI RIPRISTINO FUNZIONALE E AMBIENTALE DEL RETICOLO

IDROGRAFICO PRESENTE NELLA SUB-AREA PROGRAMMA A13-1 COD. RENDIS 18IR266/G1

NEL COMUNE DI REGGIO CALABRIA

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PROTEZIONI LONGITUDINALI

PREMESSA

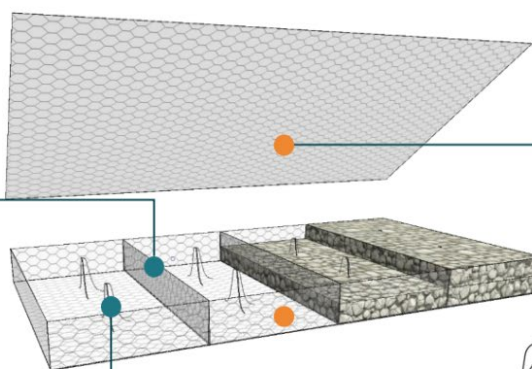
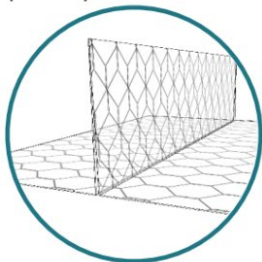
Una valida protezione contro l'erosione delle sponde e del fondo alveo, può essere garantita da scatolari in rete metallica a doppia torsione, riempiti di pietrame di idonea pezzatura, di spessore variabile tra 23-30 cm. I materassi reno sono difese studiate da lungo tempo sotto il profilo idraulico, meccanico ed ambientale.

Nel caso in esame della fiumara Gallico considerato il divagamento della corrente d'acqua con scalzamento delle opere arginali si è previsto la riprofilatura e centralizzazione del corso d'acqua, ma per preservare le condizioni progettuali nel tempo si è previsto il rivestimento della nuova sezione progettata con l'ausilio di materassi reno. La tipologia di difesa contro l'erosione è del tipo "*MATERASSO RENO PLUS CON TIRANTI INTERNI X-TIES*" questa è una struttura realizzata con rete metallica Galfan (lega eutettica Zn-Al 5%) a doppia torsione con maglia esagonale e rivestita dall'innovativo polimero POLIMAC, che garantisce, rispetto al tradizionale rivestimento in PVC, una resistenza all'abrasione 10 volte maggiore, un incremento nella resistenza alle alte e basse temperature ed un minore impatto ambientale, non contenendo metalli pesanti e ftalati. Il Materasso Reno PLUS garantisce dunque un risparmio significativo in termini economici, poichè richiede meno acciaio e meno pietrame per il riempimento (minor spessore) nonchè un ridotto impatto ambientale rispetto ai classici sistemi tipo rip-rap, soluzioni in calcestruzzo, nonchè materassi reno di tipo tradizionale. Le prestazioni dei Materassi Reno PLUS sono state testate con successo grazie alla collaborazione con la Colorado State University. Il Materasso Reno PLUS è inoltre dotato di tiranti interni preformati X-Ties, innovativo sistema di aggancio che massimizza la resistenza strutturale del materasso, permettendo una riduzione dello spessore a fronte prestazioni comparabili. Questi tiranti, disposti in ragione di 1 ogni mq, aumentano la rigidità della struttura, contemporaneamente alleggerendo il carico del pietrame sulle pareti del materasso. Grazie alla loro particolare forma la densità degli X-Ties è inferiore della metà rispetto ai tradizionali tiranti verticali. La presenza di questi tiranti preformati garantisce una maggior facilità di posa, grazie agli uncini preformati presenti sui tiranti, e da agganciare alla rete del materasso.



Materasso Reno Plus con X-Ties

Il doppio diaframma verticale rende le operazioni di riempimento più semplici.



X-Tie è un Sistema di aggancio sviluppato sperimentalmente e brevettato che massimizza la resistenza strutturale del materasso



Il rivestimento **PoliMac®** coating fornisce una protezione eccezionale contro gli agenti abrasivi e le aggressioni chimiche



VERIFICA DELLA PROTEZIONE SPONDALE RISPETTO ALLE CARATTERISTICHE DELLA CORRENTE

Nel calcolo (progettazione o verifica) di una protezione spondale, si fa riferimento a due metodi generali basati sull'ammissibilità per un materiale di:

- **velocità**
- **tensioni di trascinamento.**

Il secondo metodo è più corretto dal punto di vista scientifico e per questo motivo è stato scelto per il programma Protezioni Spondali, anche se quello basato sulle velocità è spesso più facile da applicare in quanto è più semplice misurare o calcolare una velocità media in una sezione piuttosto che le tensioni tangenziali. Ai fini della valutazione dell'efficacia

antierosiva di una protezione è necessario considerare tutti i parametri idraulici e geometrici: altezza d'acqua della corrente, pendenza della sponda, andamento planimetrico del corso d'acqua, durata dell'evento di piena; ciò significa, in altri termini, che occorre esprimere risultati di prove sperimentali e le conseguenti indicazioni progettuali in termini di tensioni tangenziali ammissibili, tecnicamente più significative del parametro idraulico velocità della corrente. Di estrema importanza per alcuni materiali o tecniche è infine anche il riferimento alla durata della sollecitazione stessa: in ambito fluviale oltre al picco di piena è di fondamentale importanza considerare la durata complessiva dell'evento stesso ed occorre rifarsi a durate caratteristiche degli eventi di progetto escludendo frazioni di ora, in quanto generalmente non significative. Tale fattore non riguarda le protezioni spondali in cui la resistenza al trascinamento è garantita dal peso del materiale costituente la protezione: per una scogliera non si ha crisi della protezione finché non viene raggiunta la tensione tangenziale critica di inizio movimento, che dipende esclusivamente dalla forma del pietrame e dalle sue dimensioni; per materassi e gabbioni l'azione di contenimento della rete incrementa tale resistenza, permettendo che avvenga un movimento parziale all'interno delle tasche senza crisi della protezione. Le informazioni sulla resistenza di un rivestimento (non in pietrame) in funzione della durata di un evento di piena sono però ridotte a pochi materiali per i quali sono stati condotti opportune prove sperimentali.

Metodo delle tensioni di trascinamento

Questo procedimento si basa sul confronto tra le tensioni tangenziali massime che nascono nel punto di verifica prescelto e quelle massime ammissibili per il materiale ivi presente.

TENSIONI AGENTI

Per i corsi d'acqua naturali ed i canali sufficientemente larghi il raggio idraulico R risulta pressoché coincidente con il tirante d'acqua, la formula da considerare è :

$$\tau_b = \gamma_w (Y_{max} - z_i) \cdot i_f \text{ (al fondo)}$$

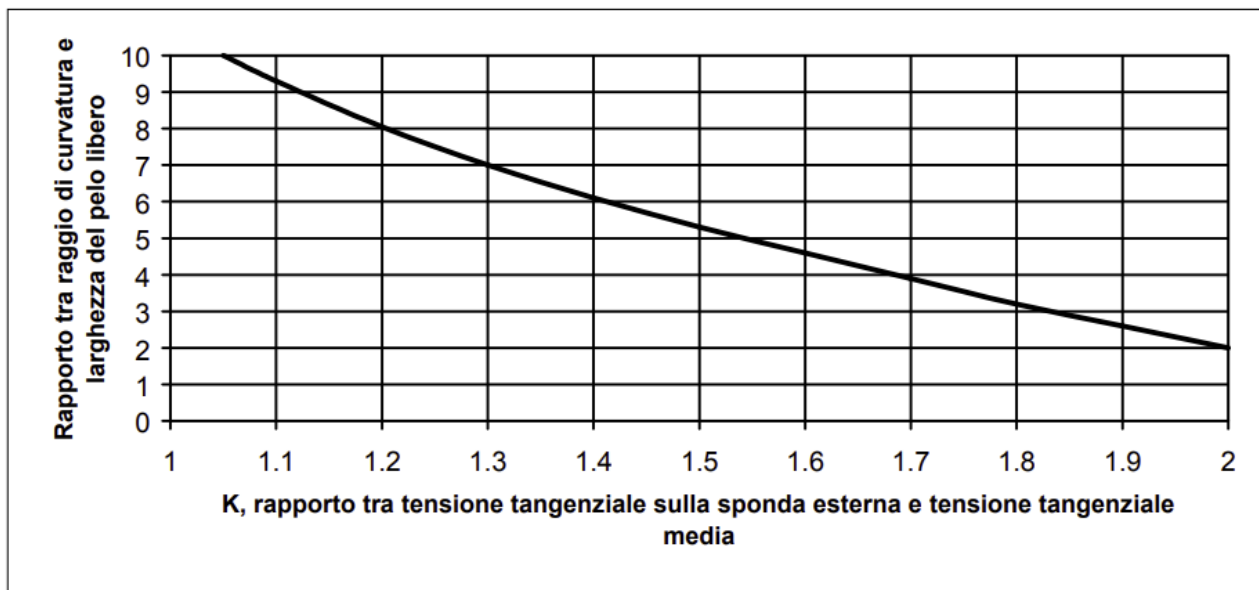
ove z_i è la quota del punto da verificare.

Se il punto è situato su una sponda lungo un'asta fluviale planimetricamente rettilinea, la tensione tangenziale massima τ_m è ridotta e vale

$$\tau_m = 0,75 \gamma_w (Y_{max} - z_i) \cdot i_f$$

(sulla sponda rettilinea)

diversamente, se l'asta è in curva si ha un aumento della tensione tangenziale sulla sponda concava (esterna), di cui si tiene conto attraverso il coefficiente K, funzione del rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del pelo libero dell'acqua.



Ne consegue che τ_m assume la seguente espressione:

$$\tau_m = K 0,75 \gamma_w (Y_{max} - z_i) \cdot i_f \text{ (sulla sponda in curva)}$$

TENSIONI RESISTENTI E LORO VERIFICA

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce tensione massima di trascinamento τ_c la massima forza a partire dalla quale il materiale al fondo comincia a muoversi. Per i materiali non coesivi la formula generalmente utilizzata è la seguente

$$\tau_c = 80 d_{75}$$

dove τ_c = tensione massima di trascinamento (kg/m²)

d_{75} = diametro del vaglio che consente il passaggio del 75 % del materiale d'alveo (cm)

Affinché la verifica sia soddisfatta deve risultare, per un punto sul fondo:

$$\tau_b \leq \tau_c$$

A sua volta per il materiale non coesivo non situato su un fondo orizzontale, occorre tenere conto della riduzione della tensione massima di trascinamento τ_s (dovuta all'effetto della pendenza della sponda) mediante un coefficiente correttivo e la tensione così modificata va confrontata con la massima tensione agente τ_m :

$$\tau_m \leq \tau_s$$

dove

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}}$$

φ = angolo di attrito interno del materiale (non coesivo) che costituisce la sponda

θ = angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale.

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda. In caso contrario il programma consente comunque il calcolo della τ_s , assumendo che per inclinazione delle sponde $\theta > (\varphi - 2^\circ)$ il coefficiente riduttivo sia costante e pari al valore

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2(\vartheta - 2)}{\sin^2 \varphi}}$$

assegnando quindi al materiale una resistenza residua assimilabile al fatto che in genere è presente una coesione.

Verifica in termini di tensione di trascinamento per materassi Reno

Per quanto riguarda gli aspetti progettuali, in generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, sia esso costituito da materassi Reno e gabbioni (per i quali si ha presenza di rete metallica di contenimento) sia da pietrame sciolto (rip-rap) costituito da soli inerti, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi. La condizione di inizio del movimento di questi elementi

definisce il limite di stabilità del rivestimento. La tensione tangenziale che viene esercitata sul rivestimento è espressa dall'equazione

$$\tau_b = \gamma_w (Y_{\max} - z_i) i_f$$

Considerato un ciottolo di diametro equivalente uguale al diametro medio d_m del pietrame di fondo (cioè il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% in peso del materiale litoide che costituisce il rivestimento) si definisce coefficiente di Shields la grandezza adimensionale

$$C^* = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) d_m}$$

Il denominatore risulta proporzionale alla tensione normale sul fondo dovuta al peso immerso del ciottolo; il coefficiente di Shields è dunque analogo ad un coefficiente di attrito. La tensione tangenziale al fondo, che può essere raggiunta senza movimento del pietrame (tensione tangenziale critica), vale dunque

$$\tau_c = C^* (\gamma_s - \gamma_w) d_m$$

Il rivestimento risulta stabile se è verificata la diseuguaglianza

$$\tau_b < \tau_c$$

Con controllo delle deformazioni, per tener conto dell'effetto stabilizzante della rete, si ammette per che tale resistenza sia aumentata del 20 %, in quanto con tale valore (definito come τ_l tensione tangenziale limite) si hanno deformazioni contenute per insaccamento del pietrame.

Il confronto diventa:

$$\tau_b < \tau_l$$

dove $\tau_l = 1.2 \tau_c$ purché risulti soddisfatta contemporaneamente la verifica sulle deformazioni descritta in seguito.

Il coefficiente di Shields per il pietrame sciolto (rip-rap) vale circa 0,047;

per il pietrame contenuto da rete metallica (materassi Reno) vale : $C^* \cong 0.10$

A parità quindi di dimensioni il pietrame di riempimento di materassi Reno sopporta una tensione tangenziale più che doppia rispetto al rip-rap, grazie all'azione di contenimento della rete metallica.

I valori di scabrezza e di resistenza al trascinamento ricavati dai test sperimentali sono riportati in tabella 1.

SITUAZIONE A FINE LAVORI

PRODOTTI E MATERIALI O.M.	FINE LAVORI	
	Scabrezza n (s/m ^{1/3})	Resistenza all'erosione □ ₁ (Kg/m ²)
Gabbioni 50	0.0301	34.2
Materassi Reno 15-17	0.0277	20.4
Materassi Reno 23-25	0.0277	23.4
Materassi Reno 30	0.0277	27.0
Materassi Reno bitumati 23-25	0.0158	32.4
Italmac-Net	0.0303	3.5-16.0 (a)

(a) = funzione del tempo di piena

Tab.1: Valori di resistenza al trascinamento e di scabrezza dei prodotti Maccaferri a fine lavori

Le espressioni precedenti si riferiscono al rivestimento del fondo del corso d'acqua;

per quello delle sponde occorre ridurre la tensione limite secondo la formula:

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}}$$

in cui φ , angolo di attrito del pietrame che costituisce il rivestimento, vale 41° sulla base delle esperienze riportate in bibliografia.

Poiché il termine sotto radice tende a 0 e, quindi, a divenire negativo per valori di $\theta \geq 41^\circ$, si assume che il valore della radice rimanga costante, per valori di $\theta \geq 39^\circ$, ed uguale al valore assunto per $\theta=39^\circ$.

MATERIALI E TECNICHE	FINE LAVORI	
	Scabrezza n (s/m ^{1/3})	Resistenza all'erosione □ _c (Kg/m ²)
Sabbia fine (≤ 0.2 mm)	0.02	0.2
Ghiaietto (< 2 cm)	0.02	1.5
Sabbia e ciottoli	0.03	3
Ciottoli e ghiaia	0.035	5
Cotici erbosi	0.04	1
Talee - Arbusti	0.10	1
Copertura diffusa	0.10	5
Viminate - Graticciate spondali	0.10	1
Ribalta viva	0.10	2
Massi con talee	0.04-0.07 (b)	(c)

(b): Il coefficiente è da valutare sulla base della reale tipologia dell'intervento, tenendo conto della forma e delle dimensioni del pietrame utilizzato mediante la formula

(c): L'effettiva resistenza al trascinamento dipende dalle dimensioni del pietrame utilizzato e può essere calcolato mediante la formula

Tab.2: Valori di riferimento della resistenza al trascinamento e della scabrezza per alcuni materiali naturali e per alcune tecniche di ingegneria naturalistica a fine lavori.

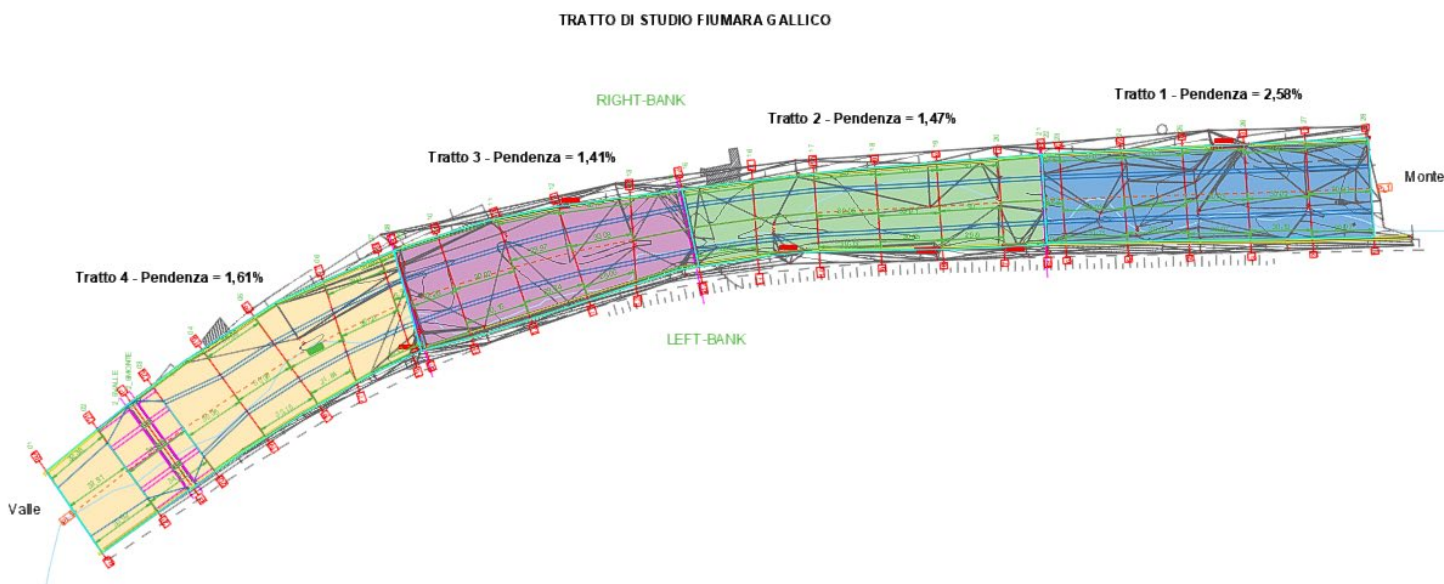
CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE GABBIONI E MATERASSI RENO

ALTRE CARATTERISTICHE PRODOTTI	Spessore s (m)	Diametro medio d_{50} (m)
Gabbioni	0.5	0.19
Materassi Reno 15-17	0.15-0.17	0.11
Materassi Reno 23-25	0.23-0.25	0.12
Materassi Reno 30	0.3	0.125
Materassi Reno bitumati 23-25	0.23-0.25	0.12

Tab. 3: Spessore e diametro medio del pietrame di riempimento per protezioni in materassi Reno e gabbioni

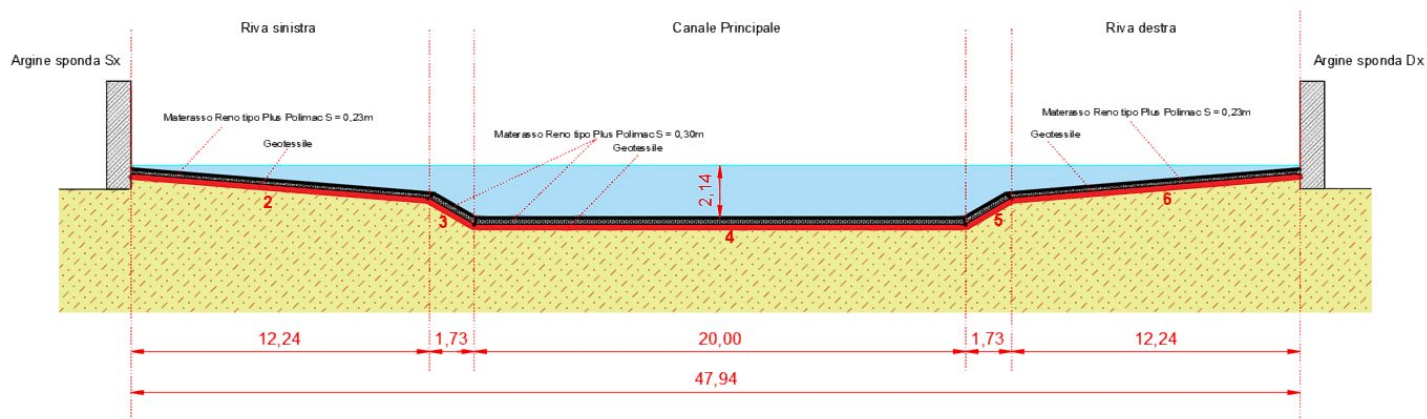
RISULTATI DI CALCOLO

Nel caso in esame è stato suddiviso il corso d'acqua in tratti a pendenza costante come di seguito riportato:



PROGETTO E VERIFICA PROTEZIONE LONGITUDINALE TRATTO 1

TRATTO N.1 - SEZIONE TRASVERSALE N. 28
 Pendenza = 2,58%
 $Q_{max} = 475,63 \text{ m}^3 / \text{sec}$
 Tirante idrico = 2,14 m



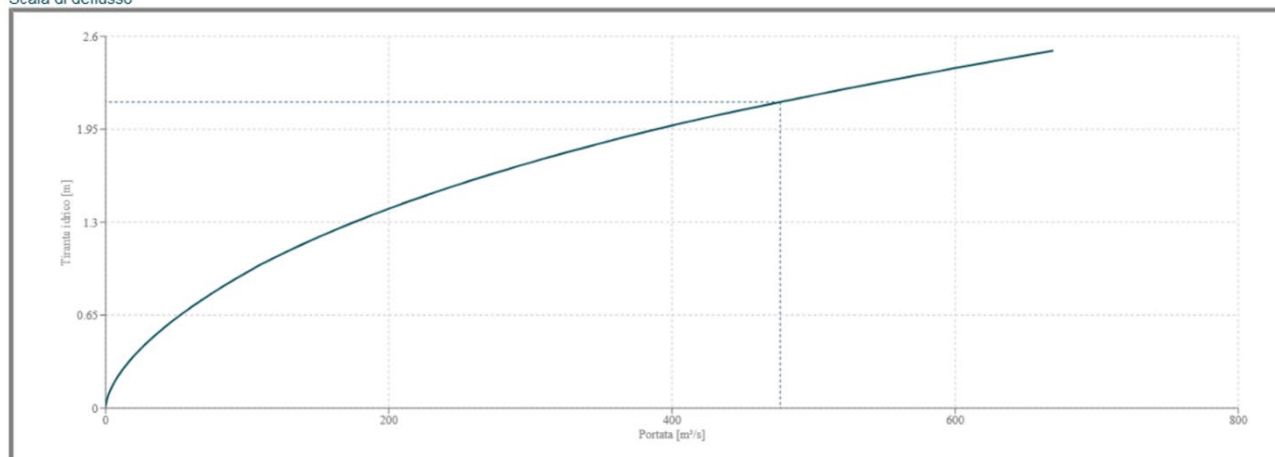
Risultati

Franco libero [m]	1.36	Portata, Franco libero soddisfatto.
Pendenza longitudinale [%]	2.58	-
Tirante idrico [m]	2.14	-
Numero di Froude	2.05	Flusso supercritico

	Totale	Sponda sinistra	Canale principale	Sponda destra
Portata [m³/s]	475.627	30.85	414.70	30.85
Area della sezione trasversale [m²]	64.14	7.83	48.47	7.83
Perimetro bagnato [m]	48.84	12.42	24.00	12.42
Raggio idraulico [m]	1.31	0.63	2.02	0.63
Velocità media dell'acqua* [m/s]	7.43	3.94	8.55	3.94
Scabrezza media		0.0300	0.0300	0.0300

ID	Materiali	Spessore [m]	Scabrezza	d50 pietrame [m]	CU	Doppio di- aframma	Legami X	Geotes- sile	Ora [h]	Sforzo di taglio [N/m²]		Velocità sotto rivestimen- to [m/s]	Lunghez- za [m]		
										Ammissibile	Calcolato				
2	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		443.03	162.73	✓	0.36	✓	12.28
3	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	390.82	✓	0.36	✓	2.00
4	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		532.00	521.10	✓	0.36	✓	20.00
5	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	390.82	✓	0.36	✓	2.00
6	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		443.03	162.73	✓	0.36	✓	12.28

Scala di deflusso

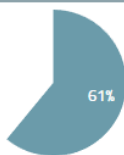


Risultati generali

Franco libero [m]	1.36	Portata [m³/s]	475.627
Portata		Area della sezione trasversale [m²]	64.14
Pendenza longitudinale [%]	2.58	Perimetro bagnato [m]	48.84
Tirante idrico [m]	2.14	Raggio idraulico [m]	1.31
Numero di Froude	2.05	Velocità media dell'acqua* [m/s]	7.43
Flusso supercritico			

Sponda sinistra		Canale principale		Sponda destra	
Portata [m³/s]	30.85	Portata [m³/s]	414.70	Portata [m³/s]	30.85
Area della sezione trasversale [m²]	7.83	Area della sezione trasversale [m²]	48.47	Area della sezione trasversale [m²]	7.83
Perimetro bagnato [m]	12.42	Perimetro bagnato [m]	24.00	Perimetro bagnato [m]	12.42
Raggio idraulico [m]	0.63	Raggio idraulico [m]	2.02	Raggio idraulico [m]	0.63
Velocità media dell'acqua* [m/s]	3.94	Velocità media dell'acqua* [m/s]	8.55	Velocità media dell'acqua* [m/s]	3.94
Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300

Tasso di utilizzo del canale



Pendenza longitudinale: 2.58%



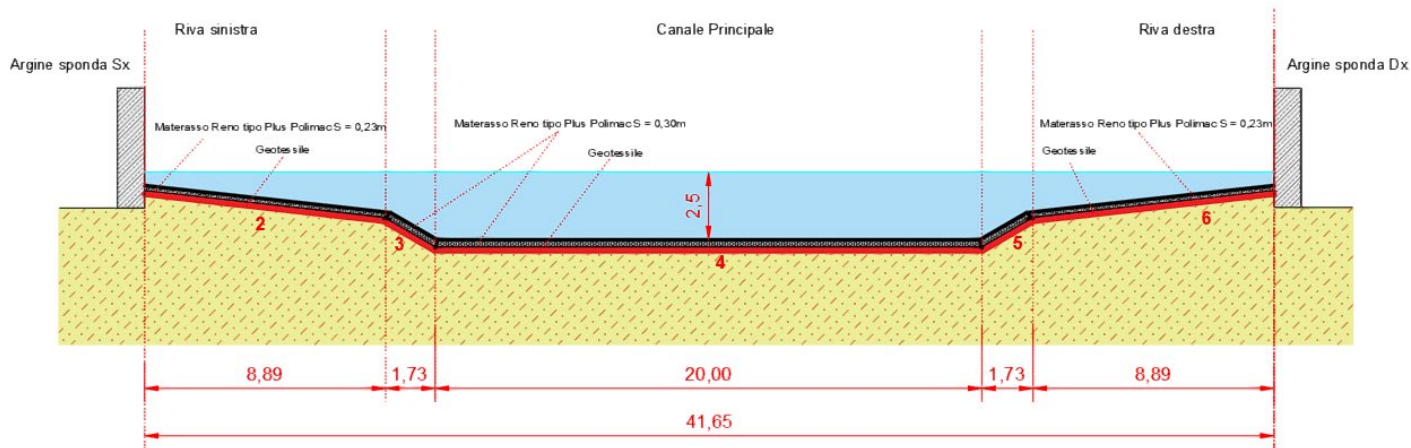
PROGETTO E VERIFICA PROTEZIONE LONGITUDINALE TRATTO 2

TRATTO N.2 - SEZIONE TRASVERSALE N. 20

Pendenza = 1,47 ‰

Qmax = 475,63 m³ / sec

Tirante idrico = 2,50 m



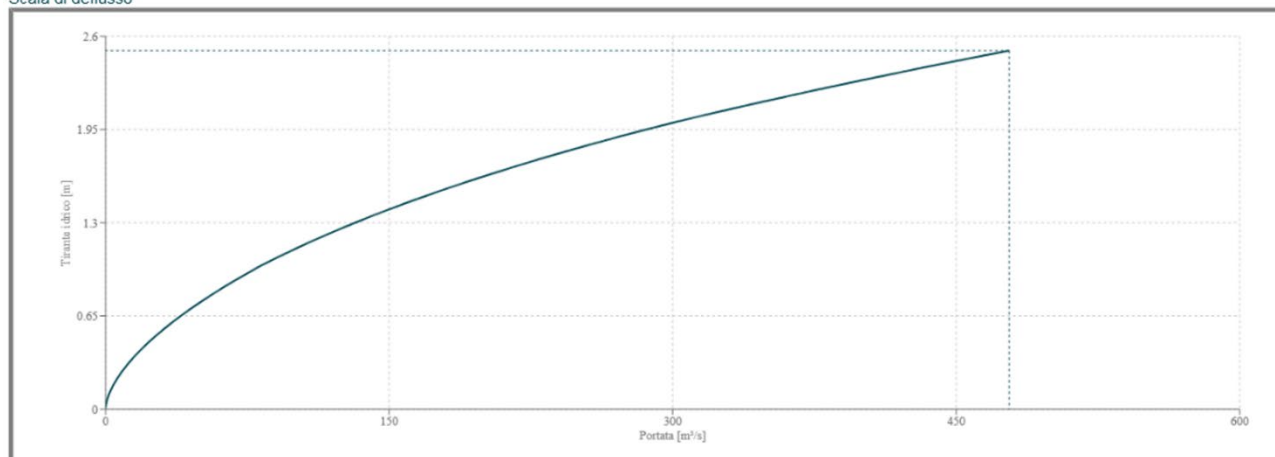
Risultati

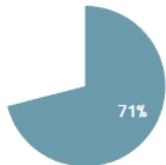
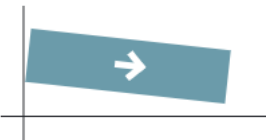
Franco libero [m]	1.00	Portata, Franco libero soddisfatto.
Pendenza longitudinale [‰]	1.47	-
Tirante idrico [m]	2.50	-
Numero di Froude	1.52	Flusso supercritico

	Totale	Sponda sinistra	Canale principale	Sponda destra
Portata [m ³ /s]	475.627	34.49	409.11	34.49
Area della sezione trasversale [m ²]	74.70	8.89	56.92	8.89
Perimetro bagnato [m]	42.90	9.45	24.00	9.45
Raggio idraulico [m]	1.74	0.94	2.37	0.94
Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.40	3.88	7.19	3.88
Scabrezza media		0.0300	0.0300	0.0300

ID	Materiali	Spessore [m]	Scabrezza	d50 pietrame [m]	CU	Doppio di- aframma	Legami X	Geotessile	Ora [h]	Sforzo di taglio [N/m ²] Ammissibile	Calcolato	Velocità sotto rivestimento [m/s]	Lunghezza [m]
2	Materassi Reno Plus Polimac™	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		441.27	97.68	✓ 0.27	✓ 8.95
3	Materassi Reno Plus Polimac™	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	261.48	✓ 0.27	✓ 2.00
4	Materassi Reno Plus Polimac™	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		532.00	360.33	✓ 0.27	✓ 20.00
5	Materassi Reno Plus Polimac™	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	270.25	✓ 0.27	✓ 2.00
6	Materassi Reno Plus Polimac™	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		441.27	100.96	✓ 0.27	✓ 8.95

Scala di deflusso



Risultati generali			
Franco libero [m]	1.00	Portata [m³/s]	475.627
Portata		Area della sezione trasversale [m²]	74.70
Pendenza longitudinale [%]	1.47	Perimetro bagnato [m]	42.90
Tirante idrico [m]	2.50	Raggio idraulico [m]	1.74
Numero di Froude	1.52	Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.40
Flusso supercritico			
Sponda sinistra		Canale principale	Sponda destra
Portata [m³/s]	34.49	Portata [m³/s]	409.11
Area della sezione trasversale [m²]	8.89	Area della sezione trasversale [m²]	56.92
Perimetro bagnato [m]	9.45	Perimetro bagnato [m]	24.00
Raggio idraulico [m]	0.94	Raggio idraulico [m]	2.37
Velocità media dell'acqua* [m/s]	3.88	Velocità media dell'acqua* [m/s]	7.19
Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300
Tasso di utilizzo del canale			
	Pendenza longitudinale: 1.47%		

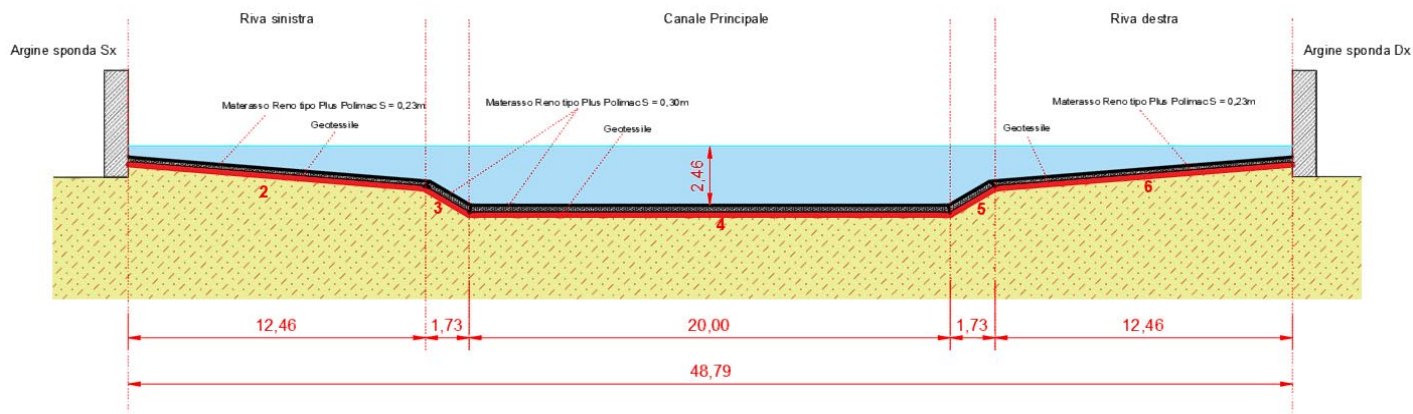
PROGETTO E VERIFICA PROTEZIONE LONGITUDINALE TRATTO 3

TRATTO N.3 - SEZIONE TRASVERSALE N. 10

Pendenza = 1,41%

Qmax = 475,63 m³ / sec

Tirante idrico = 2,46 m

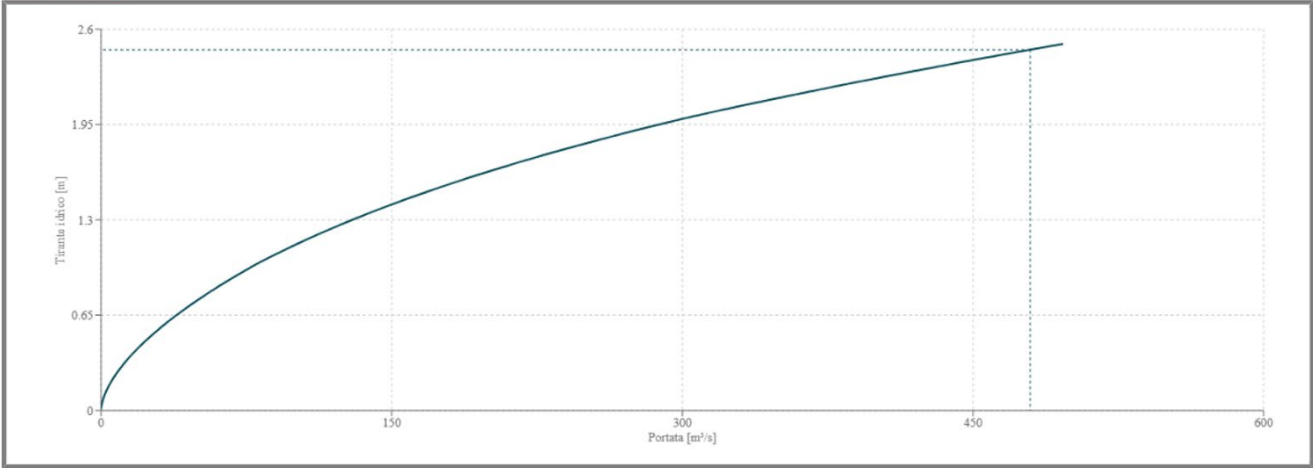



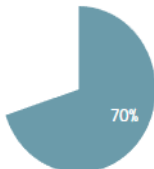
Risultati

Franco libero [m]	1.04	Portata, Franco libero soddisfatto.		
Pendenza longitudinale [%]	1.41	-		
Tirante idrico [m]	2.46	-		
Numero di Froude	1.49	Flusso supercritico		
	Totale	Sponda sinistra	Canale principale	Sponda destra
Portata [m³/s]	475.627	44.88	389.72	44.88
Area della sezione trasversale [m²]	79.91	11.96	55.98	11.96
Perimetro bagnato [m]	49.92	12.96	24.00	12.96
Raggio idraulico [m]	1.60	0.92	2.33	0.92
Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.00	3.75	6.96	3.75
Scabrezza media		0.0300	0.0300	0.0300

ID	Materiali	Spessore [m]	Scabrezza	d50 pietrame [m]	CU	Doppio diaframma	Legami X	Geotessile	Ora [h]	Sforzo di taglio [N/m²]		Velocità sotto rivestimento [m/s]		Lunghezza [m]	
										Ammissibile	Calcolato				
2	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		443.10	130.14	✓	0.27	✓	12.50
3	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	246.67	✓	0.27	✓	2.00
4	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		532.00	339.92	✓	0.27	✓	20.00
5	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	254.94	✓	0.27	✓	2.00
6	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		443.10	134.50	✓	0.27	✓	12.50

Scala di deflusso



Risultati generali						
Franco libero [m]		1.04	Portata [m³/s]			475.627
Portata			Area della sezione trasversale [m²]			79.91
Pendenza longitudinale [%]		1.41	Perimetro bagnato [m]			49.92
Tirante idrico [m]		2.46	Raggio idraulico [m]			1.60
Numero di Froude		1.49	Velocità media dell'acqua* [m/s]			6.00
Flusso supercritico						
Sponda sinistra		Canale principale		Sponda destra		
Portata [m³/s]	44.88	Portata [m³/s]	389.72	Portata [m³/s]	44.88	
Area della sezione trasversale [m²]	11.96	Area della sezione trasversale [m²]	55.98	Area della sezione trasversale [m²]	11.96	
Perimetro bagnato [m]	12.96	Perimetro bagnato [m]	24.00	Perimetro bagnato [m]	12.96	
Raggio idraulico [m]	0.92	Raggio idraulico [m]	2.33	Raggio idraulico [m]	0.92	
Velocità media dell'acqua* [m/s]	3.75	Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.96	Velocità media dell'acqua* [m/s]	3.75	
Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300	
Tasso di utilizzo del canale		Pendenza longitudinale: 1.41%				
						

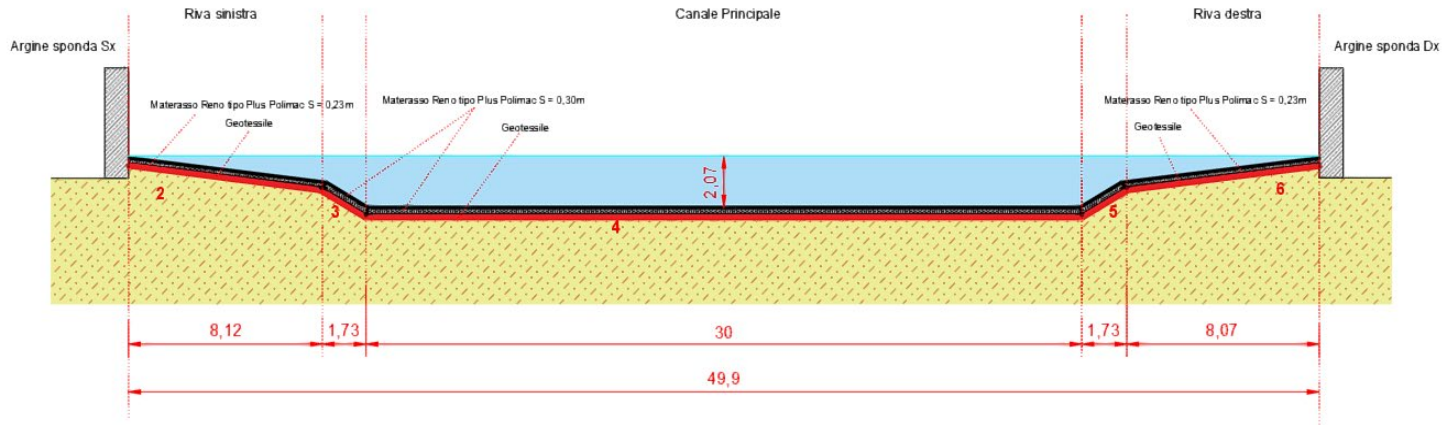
PROGETTO E VERIFICA PROTEZIONE LONGITUDINALE TRATTO 4

TRATTO N.4 - SEZIONE TRASVERSALE N. 3

Pendenza = 1,61%

Qmax = 475,63 m³ / sec

Tirante idrico = 2,07 m

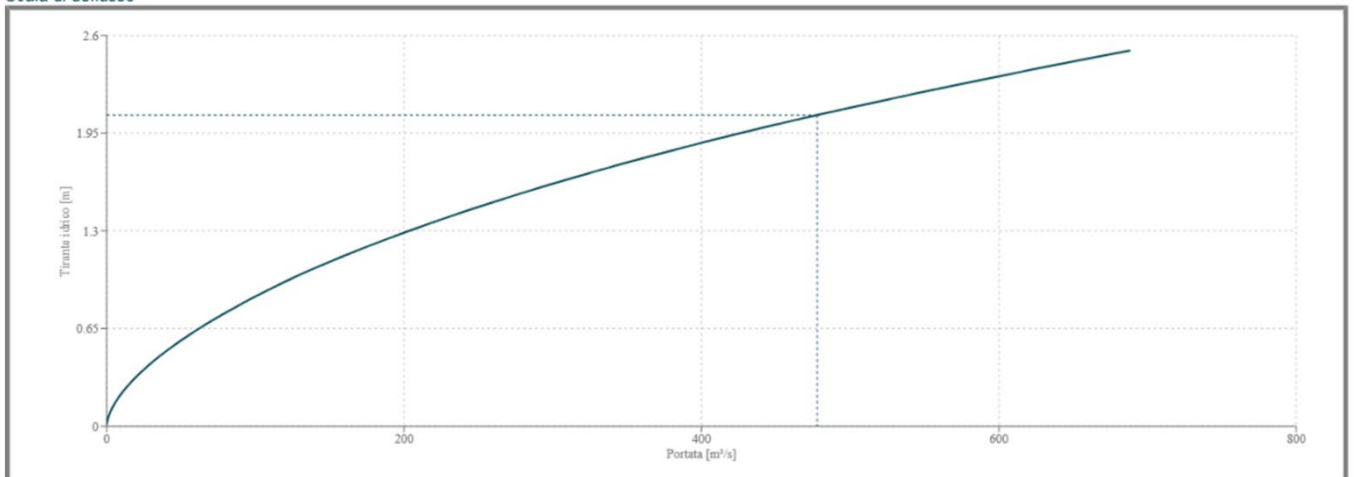



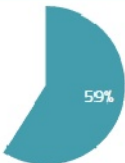
Risultati

Franco libero [m]	1.43	Portata, Franco libero soddisfatto.		
Pendenza longitudinale [%]	1.61			
Tirante idrico [m]	2.07			
Numero di Froude	1.60	Flusso supercritico		
	Totale	Sponda sinistra	Canale principale	Sponda destra
Portata [m ³ /s]	475.627	13.32	451.33	13.32
Area della sezione trasversale [m ²]	76.79	4.63	67.53	4.63
Perimetro bagnato [m]	50.50	8.25	34.00	8.25
Raggio idraulico [m]	1.52	0.56	1.99	0.56
Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.22	2.88	6.68	2.88
Scabrezza media		0.0300	0.0300	0.0300

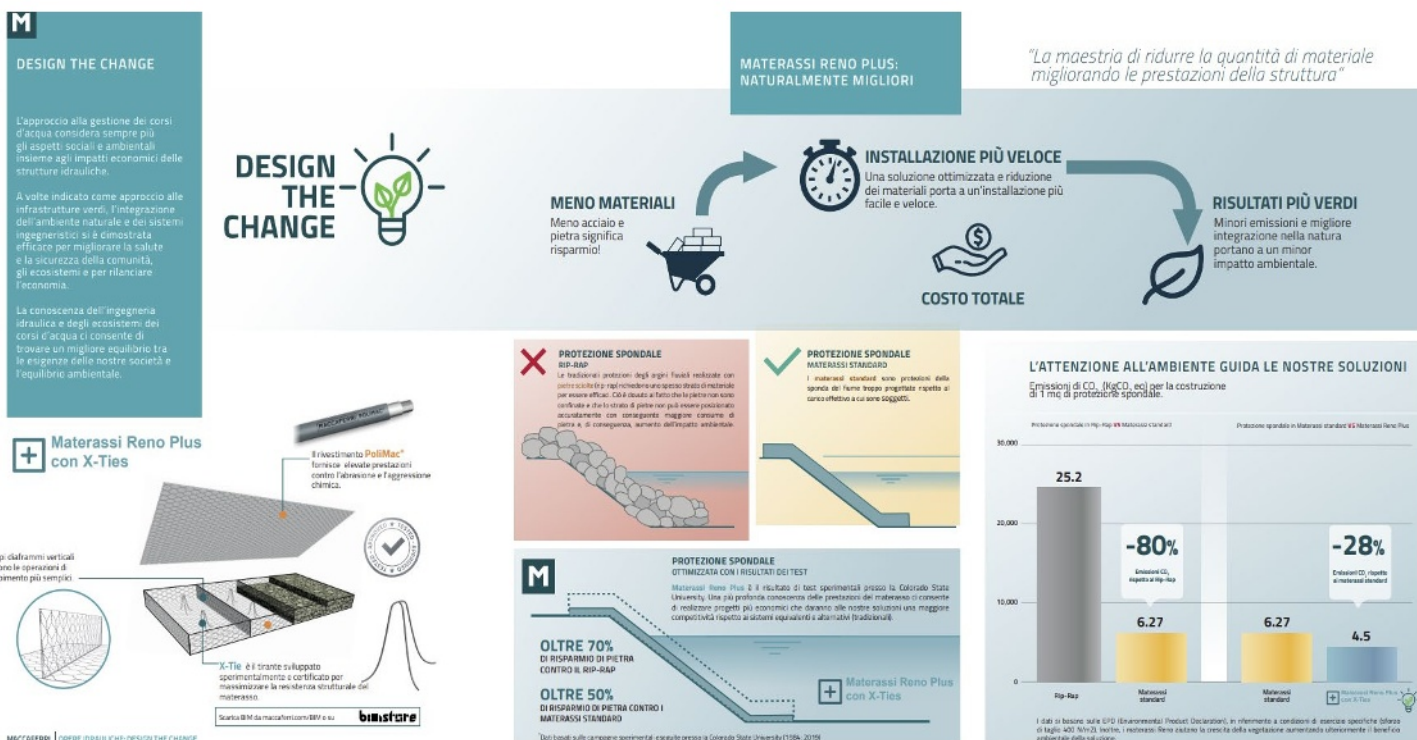
ID	Materiali	Spessore [m]	Scabrezza	d50 pietrame [m]	CU	Doppio di- aframma	Legami X	Geotes- sile	Ora [h]	Sforzo di taglio [N/m ²] Ammissibile	Calcolato	Velocità sotto rivestimen- to [m/s]	Lunghez- za [m]
2	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		440.55	59.34	✓ 0.29	✓ 8.18
3	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	239.84	✓ 0.29	✓ 2.00
4	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		532.00	330.51	✓ 0.29	✓ 30.00
5	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.3	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		434.38	247.88	✓ 0.29	✓ 2.00
6	Materassi Reno Plus Polimac TM	0.23	0.03	0.1	1	SI	SI	SI		440.55	61.33	✓ 0.29	✓ 8.18

Scala di deflusso



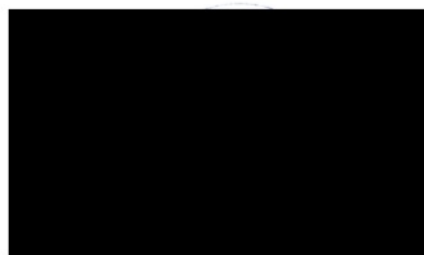
Risultati generali						
Franco libero [m]		1.43	Portata [m³/s]			475.627
Portata			Area della sezione trasversale [m²]			76.79
Pendenza longitudinale [%]		1.61	Perimetro bagnato [m]			50.50
Tirante idrico [m]		2.07	Raggio idraulico [m]			1.52
Numero di Froude		1.60	Velocità media dell'acqua* [m/s]			6.22
Flusso supercritico						
Sponda sinistra		Canale principale		Sponda destra		
Portata [m³/s]	13.32	Portata [m³/s]	451.33	Portata [m³/s]	13.32	
Area della sezione trasversale [m²]	4.63	Area della sezione trasversale [m²]	67.53	Area della sezione trasversale [m²]	4.63	
Perimetro bagnato [m]	8.25	Perimetro bagnato [m]	34.00	Perimetro bagnato [m]	8.25	
Raggio idraulico [m]	0.56	Raggio idraulico [m]	1.99	Raggio idraulico [m]	0.56	
Velocità media dell'acqua* [m/s]	2.88	Velocità media dell'acqua* [m/s]	6.68	Velocità media dell'acqua* [m/s]	2.88	
Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300	Scabrezza media	0.0300	
Tasso di utilizzo del canale		Pendenza longitudinale: 1.61%				
						

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI



Allegati: sezioni tipo

Il Tecnico

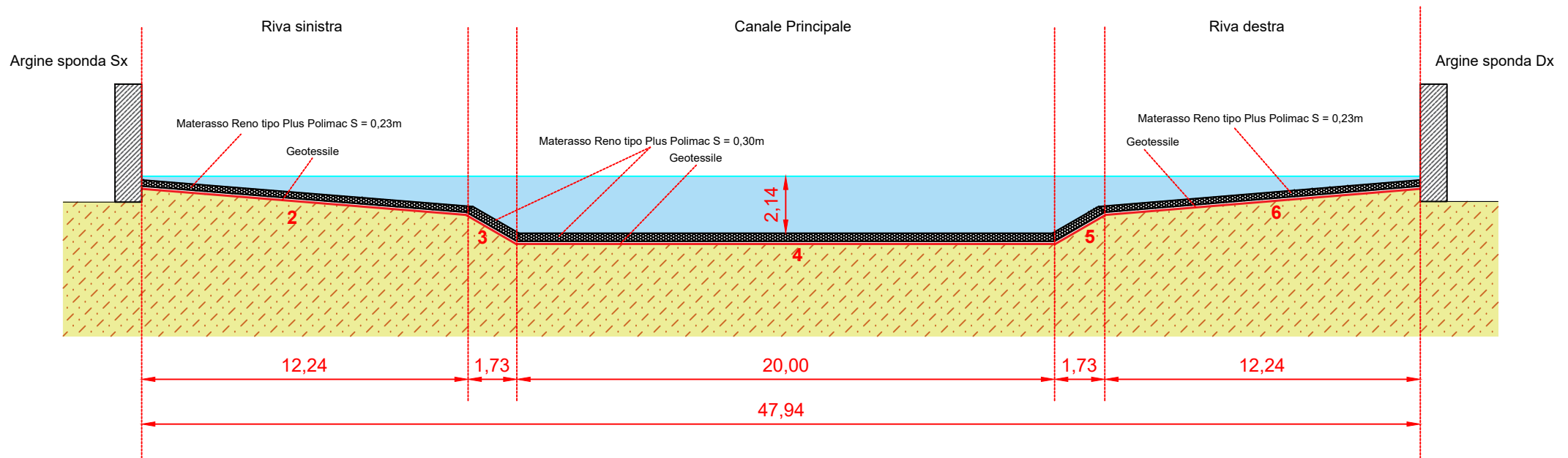


TRATTO N.1 - SEZIONE TRASVERSALE N. 28

Pendenza = 2,58%

Qmax = 475,63 m³ / sec

Tirante idrico = 2,14 m

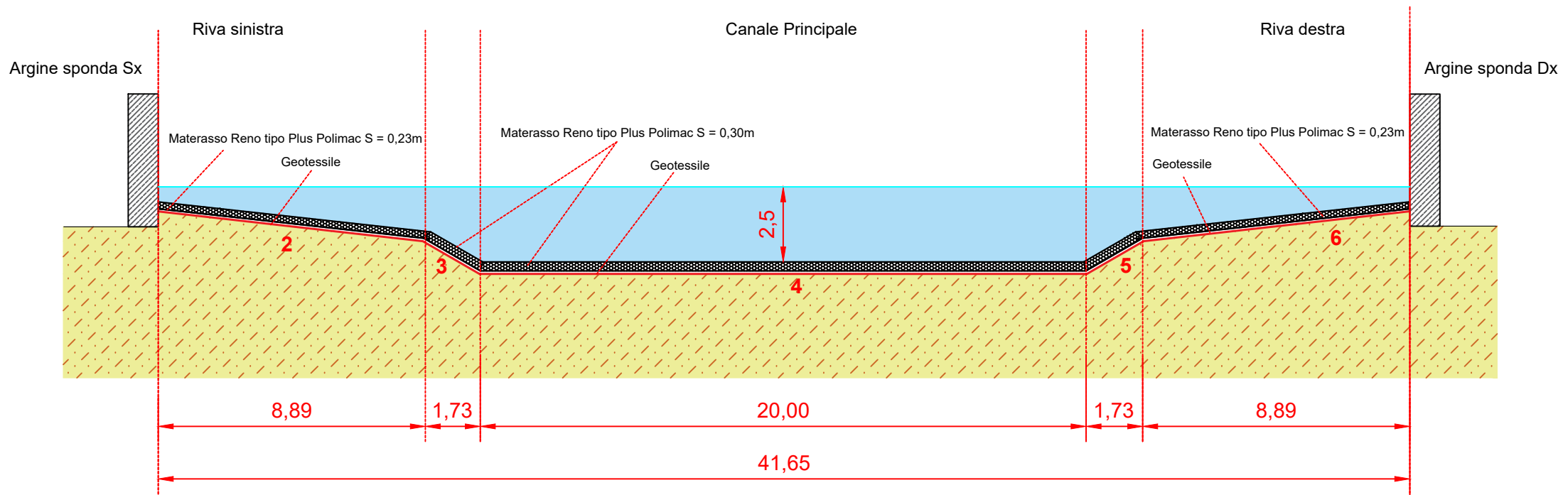


TRATTO N.2 - SEZIONE TRASVERSALE N. 20

Pendenza = 1,47 %

Qmax = 475,63 m³ / sec

Tirante idrico = 2,50 m

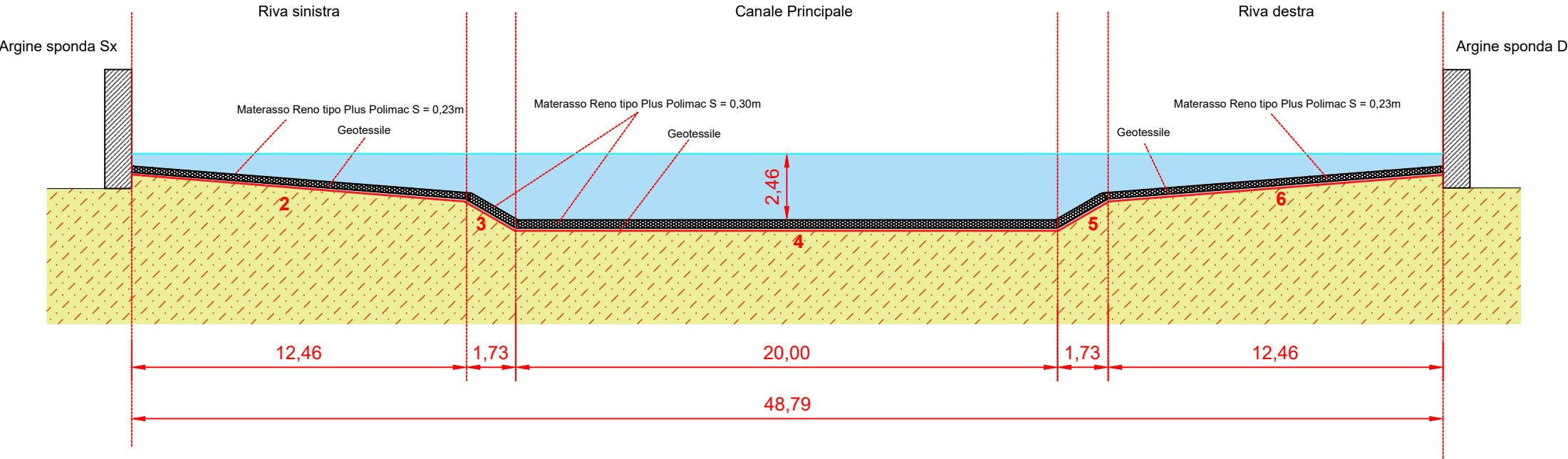


TRATTO N.3 - SEZIONE TRASVERSALE N. 10

Pendenza = 1,41%

Qmax = 475,63 m3 / sec

Tirante idrico = 2,46 m



TRATTO N.4 - SEZIONE TRASVERSALE N. 3

Pendenza = 1,61%
Qmax = 475,63 m3 / sec
Tirante idrico = 2,07 m

