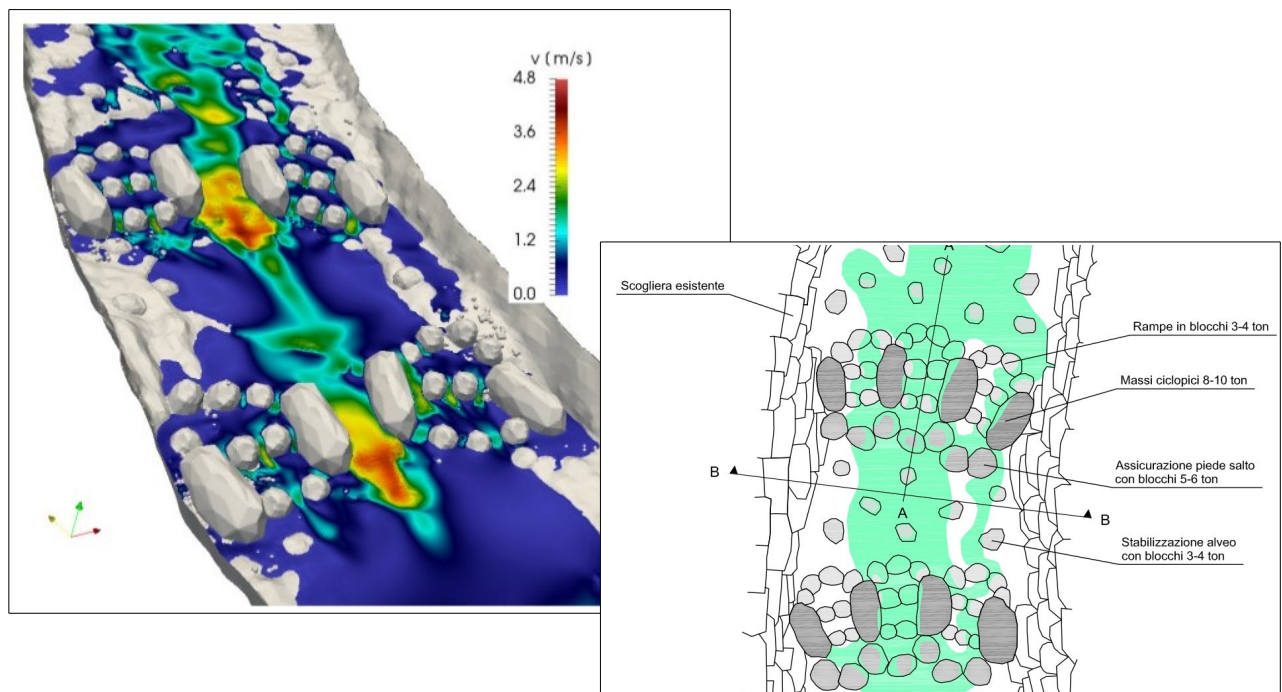


Fiume Maira a Promontogno Sistemazione fluviale in zona Cava Böcc

Arricchimento strutturato dell'alveo mediante
alternanza di salti e pozze "step and pool"
(variante 3)

Progetto preliminare



Committente:

Comune di Bregaglia
Casella postale 36
7606 Promontogno

Progetto: Fiume Maira a Promontogno, Sistemazione fluviale in zona Cava Böcc,
Progetto preliminare

Responsabile: Christian Tognacca (ctognacca@fluvial.ch)
Dr., dipl. Ing. ETH

Collaboratori: Stefano Tognacca (stognacca@fluvial.ch)
Dipl. Ing. ETH

Virginia Rossi (vrossi@fluvial.ch)
MSc UNIL

beffa tognacca sagl

Economia delle acque e costruzioni fluviali

Piazza nuova 25a, CP 21, CH-6537 Grono

Tel. 091 863 44 41

In Carè Ventívi 27, CH-6702 Claro

Tel. 079 196 01 73

Indice

1	Introduzione.....	1
1.1	Situazione, mandato e obiettivi del progetto.....	1
1.2	Perimetro di studio.....	1
2	Modello numerico e ipotesi di calcolo.....	2
2.1	Modello.....	2
2.2	Deflussi.....	3
2.3	Specie target e criteri per la risalita dei pesci.....	3
3	Progetto.....	4
4	Risultati.....	5
5	Preventivo di spesa.....	7
6	Conclusioni e raccomandazioni.....	8
7	Documentazione utilizzata.....	9

Allegato

Allegato 1: Piani di progetto, Planimetria, Sezione e Vista 1:200

Allegato 2: Risultati simulazioni numeriche, situazione attuale

Allegato 3: Risultati simulazioni numeriche situazione di progetto

Allegato 4: Preventivo di spesa

1 Introduzione

1.1 Situazione, mandato e obiettivi del progetto

La tratta del fiume Maira lungo la quale si snoda la strada di accesso alla cava Böcc a monte di località Sott Punt presenta una situazione critica per quanto concerne la stabilità delle opere di premunizione messe in cantiere negli scorsi decenni. La tendenza erosiva indotta dalla pendenza accentuata e dalla limitata larghezza dell'alveo ha portato in più punti a una sottoerosione degli argini, con il rischio che in caso di prossimi eventi di piena significativi si possa verificare un collasso delle opere di premunizione con messa in pericolo in particolare della strada di accesso alla cava.

Nel novembre 2016 il nostro ufficio ha allestito su incarico del Comune di Bregaglia il progetto di massima per la messa in sicurezza della tratta del fiume Maira in esame /1/, studio che si inserisce nell'ambito del rinnovo della concessione per l'estrazione della pietra naturale. Tra le possibili soluzioni analizzate nel citato studio, la variante ottimale è stata individuata nell'arricchimento strutturato dell'alveo mediante un'alternanza di salti e pozze ("step-and-pool").

Oltre a risolvere la problematica della stabilità delle opere di premunizione (garantendo quindi la sicurezza idraulica del sistema) le opere in progetto ottemperano ai criteri dell'ecologia delle acque in termini di eterogeneità dell'alveo e inserimento paesaggistico. Una pianificazione attenta e un'esecuzione accurata dei salti rendono inoltre possibile la libera migrazione dei pesci, ripristinando la connettività ittica che nella situazione attuale non è data (come rileva uno studio specifico allestito da Ecowert gmbh nel novembre 2015 /2/).

Il presente progetto preliminare deve permettere di meglio valutare l'effettiva possibilità della risalita dei pesci nonché di determinare i costi legati agli investimenti prevalentemente destinati alla stabilizzazione dell'alveo, rispettivamente i costi delle misure finalizzate al ripristino della percorribilità ittica. Il Municipio avrà così a disposizione tutte le informazioni necessarie nella ricerca di cofinanziamenti delle opera da parte di terzi, in particolare del fondo *Naturmade star*.

1.2 Perimetro di studio

Il progetto riguarda la tratta a pendenza elevata del fiume Maira in località Promontogno delimitata a monte dalla nuova captazione della centrale idroelettrica Molino in cantiere e a valle un centinaio di metri a nord del vecchio ponte in località Sott Punt (v. fig. 1). Gli interventi interessano una lunghezza di fiume di ca. 200 ml.

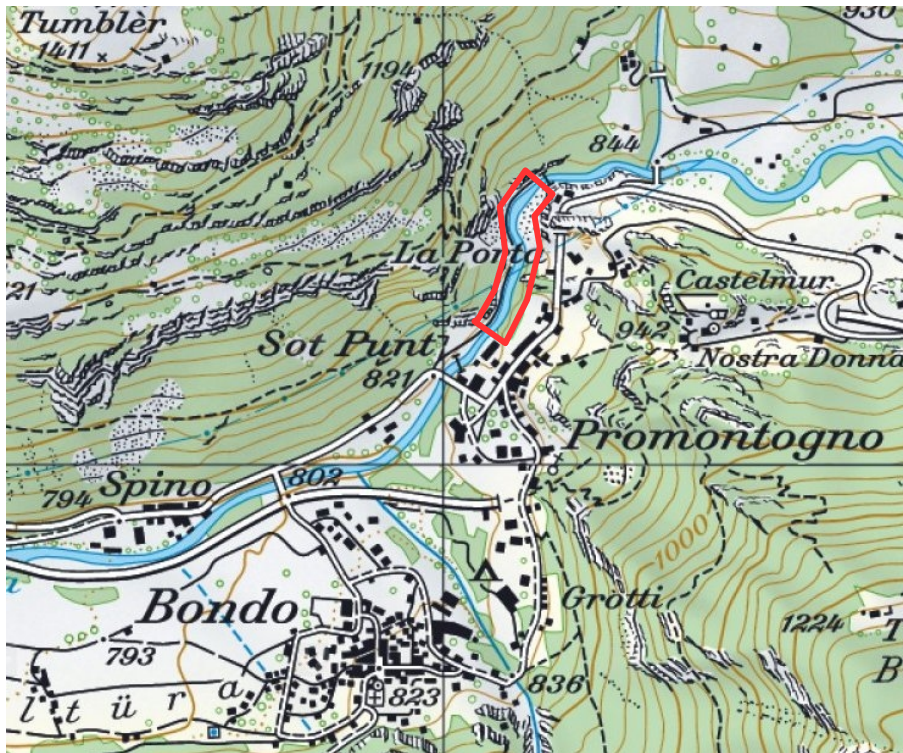


Figura 1: Tratta di Maira interessata dal progetto di sistemazione fluviale (riquadro in rosso).
© swisstopo

2 Modello numerico e ipotesi di calcolo

2.1 Modello

Il modello del terreno per la simulazione dei deflussi nella situazione attuale è stato allestito sulla base dei rilievi effettuati dallo studio Lehmann Visconti di Dongio in data 20 giugno 2017, e in particolare sulla combinazione dei rilievi delle superfici asciutte tramite drone e dei rilievi terrestri con i quali è stata rilevata la topografia delle porzioni di alveo bagnate. La modellizzazione della situazione di progetto è stata eseguita in Blender (programma open source che permette la modellazione di strutture tridimensionali) e si basa su un modello semplificato che riproduce l'andamento dell'alveo medio lungo una tratta comprendente due salti della struttura "step and pool" sul quale sono state inserite le strutture principali che compongono le rampe (per i dettagli si veda il capitolo 3).

Le simulazioni idrauliche sono state eseguite con il programma OpenFOAM, software che permette di risolvere nelle tre dimensioni le equazioni idrodinamiche tramite il metodo numerico dei volumi finiti. Il modello di calcolo presenta un'altissima risoluzione (lato dell'elemento volumetrico pari a 5 cm) in grado di definire dettagliatamente le condizioni di deflusso.

Il programma OpenFOAM è stato calibrato e plausibilizzato dal nostro ufficio con i risultati ottenuti nel lavoro di dottorato della dottoressa S. Tamagni (attiva nel nostro studio) /3/ nell'ambito del quale sono state pure indagate con l'ausilio di un modello fisico le condizioni di deflusso (idraulica e turbolenza) che si manifestano su superfici eterogenee e con delle macro rugosità come nel caso delle rampe in pietrame sciolto non strutturate. I risultati sono inoltre stati plausibilizzati con l'ausilio del programma Flumen (sviluppato dal nostro studio, vedi www.fluvial.ch) e da molti anni utilizzato per simulazioni idrodinamiche.

2.2 Deflussi

Per la valutazione dell'efficienza ecologica degli interventi in progetto, rispettivamente per il loro dimensionamento ai fini di migliorare le condizioni per la libera migrazione ittica, risultano determinanti i deflussi caratteristici Q_{347} e Q_{36} (deflussi che sull'arco di 1 anno vengono superati durante 347 rispettivamente 36 giorni non consecutivi). Si considera infatti che la risalita debba essere possibile per ca. 300 giorni all'anno.

Il deflusso Q_{347} rappresenta la portata minima per cui l'efficienza ecologica deve essere garantita, dove l'altezza di deflusso sulla rampa costituisce l'aspetto critico in rapporto alle misure dei pesci più grandi presenti nella tratta considerata. Q_{36} rappresenta invece la portata massima da considerare per questa analisi, dove la velocità di deflusso descrive il parametro determinante in relazione alla velocità critica di nuoto dei pesci più deboli presenti nella tratta considerata.

Sulla base dei dati idrologici della stazione di misura di Soglio (vedi portale Ufficio federale dell'ambiente) sono stati estrapolati i seguenti deflussi caratteristici per la tratta in esame:

- $HQ_{36} = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- $HQ_{347} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$

Oltre ai due deflussi sopra menzionati, nel presente studio sono state pure indagate le condizioni di deflusso per una portata di $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.3 Specie target e criteri per la risalita dei pesci

Il rapporto redatto dallo studio Ecowert gmbh in merito alla percorribilità ittica della tratta di fiume Maira toccata dagli interventi in progetto /2/ indica quale specie target la trota fario.

La possibilità di risalita di un tratto di fiume da parte di un pesce è determinata da una serie di fattori di diversa natura e che tra loro si influenzano in parte vicendevolmente. Accanto alle caratteristiche del pesce e alle condizioni di deflusso quali la velocità e la profondità, risultano importanti aspetti morfologici (ad esempio la presenza di ostacoli naturali o artificiali) oltre a fattori ambientali quali la temperatura dell'acqua e l'ossigeno presente.

La valutazione delle opere in progetto per quanto concerne la percorribilità ittica si basa principalmente sull'analisi delle condizioni di deflusso in termini di velocità e profondità di deflusso, per la definizione delle quali la letteratura presenta una moltitudine di formule. Si tratta evidentemente di approssimazioni, che permettono comunque una valutazione a priori delle opere in progetto.

La velocità accettata per corridoi migratori per rampe "step and pool" e per rampe non strutturate della zonazione ittica della trota è di ca. 2 m/s (vedi /4/ e /5/). In condizioni eccezionali, quali ad esempio la necessità di scappare da un pericolo imminente oppure di superare un breve ostacolo, la trota è in grado di attingere alla cosiddetta velocità esplosiva, un moto anaerobico dove vengono raggiunte velocità di $3-4 \text{ m/s}$.

Per quanto concerne le profondità minime di deflusso la letteratura indica per la trota fario in fiumi alpini un valore di ca. 25 cm /4/.

La valutazione delle opere in progetto non si basa unicamente sulla determinazione dei parametri indicati nei paragrafi precedenti. Gli interventi sono infatti stati ottimizzati tenendo in considerazione altri aspetti, quale la possibilità di disporre di più corridoi di risalita, la necessità di mantenere brevi le tratte a velocità relativamente elevata, rispettivamente l'esigenza di mettere a disposizione dei pesci zone di riposo lungo la tratta in esame.

3 Progetto

Il progetto prevede la strutturazione di un'alternanza tra pozze e salti mediante la formazione di traverse costituite da blocchi di grossa pezzatura e realizzate lungo la tratta in progetto a una distanza di ca. 12-15 m l'una dall'altra (vedi piani allegato 1 e fig. 1). Ogni traversa comporta un salto di ca. un metro ed è costituita da 4-5 massi ciclopici (ca. 8-10 ton ognuno) di forma allungata disposti obliquamente in direzione del deflusso e stabilizzati al piede da una serie di massi. Lo spazio tra i massi ciclopici è completato con massi di dimensioni inferiori (ca. 3-4 ton) disposti in modo da suddividere in più parti il salto (con altezze di ca. 30-40 cm) e facilitare in questo modo la risalita dei pesci. La parte sommitale degli elementi trasversali è fissata ca. 1.5-2 m più alta rispetto all'alveo attuale e l'alveo tra due traverse rialzato in modo da stabilizzare gli argini.

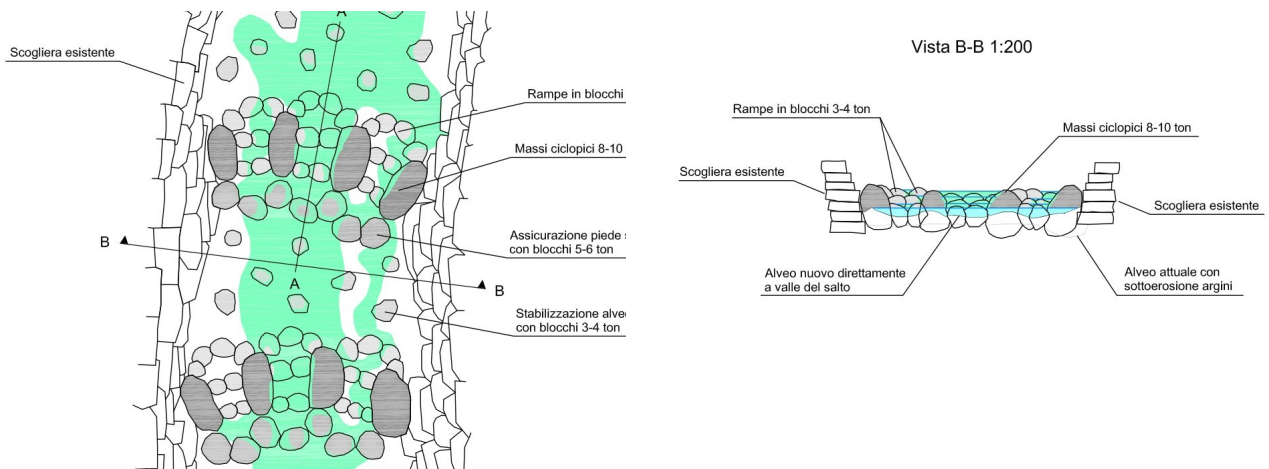


Figura 1: Interventi in progetto (estratto non in scala dei piani annessi).

Le traverse in massi ciclopici presentano una forma arcuata, disposizione che ottimizza la stabilità degli elementi limitando nel contempo le sollecitazioni del piede d'argine. La geometria ad arco favorisce il mantenimento della fossa ai piedi dei salti e la formazione di un alveo di magra maggiormente strutturato. In generale il posizionamento delle traverse va definito in modo da integrarsi al meglio con strutture analoghe già presenti (blocchi ciclopici e roccia affiorante).

Ogni traversa è da strutturare in modo che in caso di magra (per un deflusso di $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ pari indicativamente a Q_{347}) la più parte del deflusso si concentri lungo un solo passaggio attraverso i massi ciclopici. Si vuole infatti evitare che il deflusso si suddivida più o meno uniformemente sull'intera larghezza dell'alveo dando origine a condizioni di deflusso che potrebbero risultare problematiche per la risalita dei pesci, nello specifico in relazione alle ridotte profondità di deflusso che si instaurerebbero in tal caso. In caso di aumentati deflussi (per un deflusso di $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ pari indicativamente a Q_{36}) rimane prevalente il corridoio centrale, con l'obiettivo che lungo i corridoi laterali si presentino condizioni favorevoli alla risalita dei pesci (con velocità non troppo importanti). La quota superiore degli archi di massi in entrata alla traversa va quindi fissata in modo da favorire questa dinamica. Nella figura 2 è illustrato il modello del terreno utilizzato per le simulazioni nella situazione di progetto, nel quale si riconoscono (oltre alle strutture dominanti che caratterizzano la rampa e costituite dai massi di varia pezzatura) pure le principali strutture dell'alveo con le quali è stato completato il modello con l'obiettivo di ricreare una situazione rappresentativa della

morfologia dopo una serie di eventi di piena significativi. Caratteristiche in questo senso sono la pronunciata fossa di erosione al piede delle rampe (cerchio verde) e l'incisione più marcata dell'alveo lungo la fascia centrale (cerchio rosso).

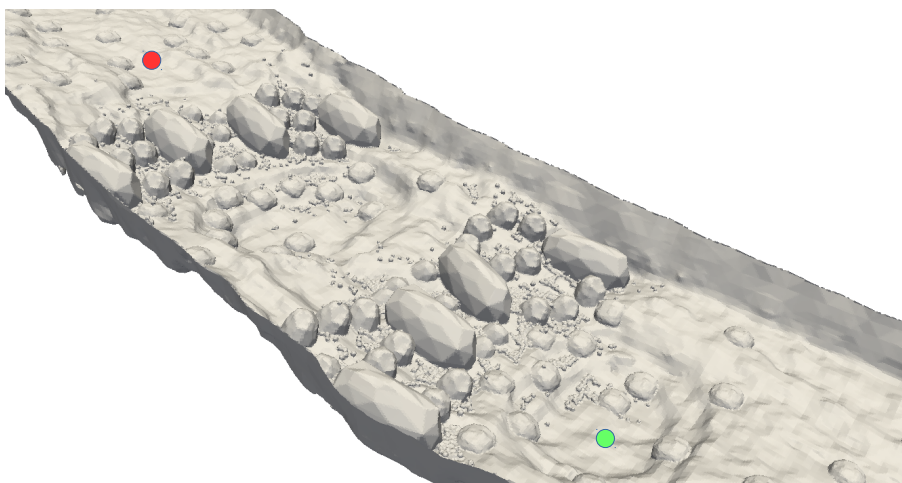


Figura 2: Modello digitale del terreno utilizzato per le simulazioni nella situazione di progetto.

4 Risultati

I risultati delle simulazioni 3D sono riassunti nell'allegato 2 (situazione attuale) e nell'allegato 3 (situazione di progetto). Per ogni deflusso caratteristico simulato (pari a 0.5, 2 e 4 m³/s) sono stati rappresentati su un unico foglio la visione prospettica delle velocità di deflusso in superficie e delle profondità di deflusso, unitamente al profilo longitudinale delle velocità. Per quanto concerne quest'ultimo, per la situazione attuale è rappresentato unicamente il profilo corrispondente all'asse centrale, mentre per la situazione di progetto l'integrazione dei profili laterali permette (a complemento della rappresentazione prospettica) di valutare la ripartizione del deflusso sulla larghezza dell'alveo. Nella figura seguente sono illustrate le carte delle velocità massime per un deflusso di 4 m³/s nella situazione attuale e in quella di progetto.

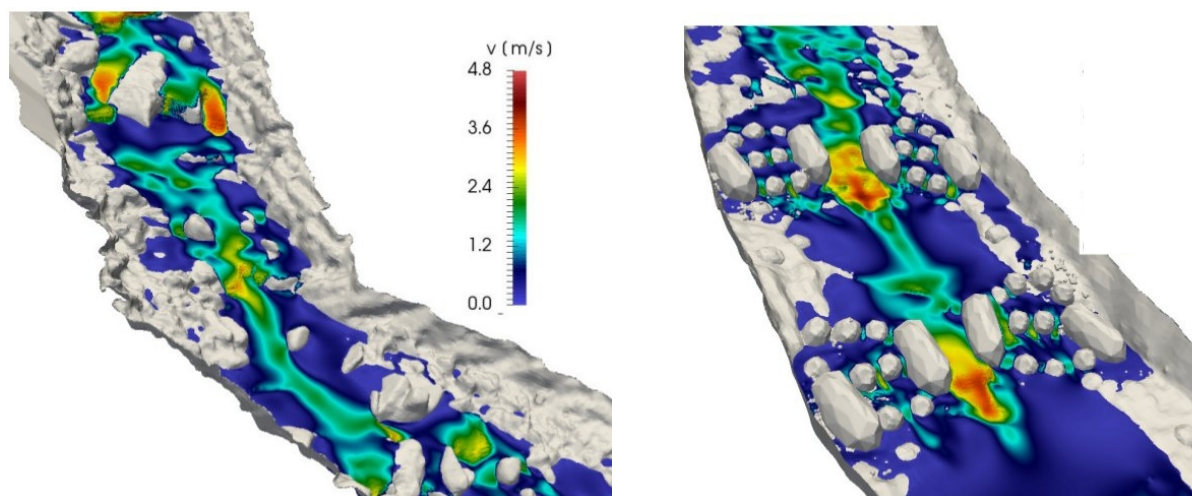


Figura 3: Visione prospettica delle velocità di deflusso per $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$ nella situazione attuale (sinistra) e in quella di progetto (destra).

Dai risultati riportati negli allegati 2 e 3 è possibile trarre le seguenti considerazioni generali:

- La geometria delle rampe e in modo particolare il posizionamento a quote diverse dei blocchi che delimitano l'entrata della rampa permettono di convogliare la parte principale del deflusso lungo il corridoio centrale ;
- La suddivisione dei salti in diversi corridoi garantisce il presupposto ideale per offrire ai pesci almeno una possibilità di risalita per gli eventi considerati ;
- La successione relativamente rapida delle rampe permette di contenere in modo significativo l'altezza e la lunghezza delle stesse. Rispetto alla situazione attuale, nella situazione di progetto la tratta di Maira in oggetto non presenta salti importanti rispettivamente tratte prolungate a elevata pendenza, entrambe situazioni evidenziate nel rapporto Ecowert gmbh /2/ e che costituiscono al momento importanti ostacoli alla risalita dei pesci ;
- La successione dei salti in progetto induce la formazione di pozze a valle degli stessi in ragione dell'importante carico idraulico risultante dall'accelerazione del deflusso lungo la rampa. Le pozze costituiscono elementi fondamentali per la connettività ittica, garantendo la necessaria zona di riposo prima della risalita della rampa .

Più nel dettaglio, per quanto concerne le condizioni di risalita nella situazione di progetto e in relazione ai criteri di risalita indicati nel capitolo 2.3, evidenziamo quanto segue:

- Per un deflusso di $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ la concentrazione lungo il corridoio centrale garantisce le condizioni necessarie alla risalita, con velocità massime al di sotto dei 2 m/s e profondità di deflusso nell'ordine di $20\text{-}40 \text{ cm}$. I due corridoi laterali non presentano invece a priori le condizioni di deflusso ideali, anche se non può essere esclusa localmente la possibilità di risalita.
- Per deflussi di $2 \text{ m}^3/\text{s}$ sono date le condizioni idrauliche per la risalita lungo entrambi i corridoi laterali, con velocità massime inferiori ai 2 m/s e profondità di deflusso di ca. $30\text{-}50 \text{ cm}$. La possibilità di risalita lungo il corridoio centrale può essere ritenuta data per pesci adulti, considerato come le velocità massime si situino nell'ordine di ca. 3 m/s e si sviluppino su brevi tratte. Questa considerazione trova conferma confrontando i risultati delle simulazioni per un deflusso di $2 \text{ m}^3/\text{s}$ nella situazione attuale con quanto riportato nel rapporto Ecowert gmbh /2/. La parte alta del modello include infatti la breve tratta indicata come "Hindernis 5", classificata come percorribile per pesci adulti per deflussi quantificati da Ecowert gmbh in ca. $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, e per la quale il modello indica velocità di ca. 3 m/s .
- Con una portata di $4 \text{ m}^3/\text{s}$ le condizioni di deflusso lungo il corridoio centrale non sono date in considerazione delle importanti velocità che raggiungono i $4\text{-}5 \text{ m/s}$. La risalita è invece possibile lungo i corridoi laterali dove le velocità massime si situano nell'ordine di $2\text{-}2,5 \text{ m/s}$ con profondità di ca. $30\text{-}70 \text{ cm}$.

5 Preventivo di spesa

Il preventivo di spesa per la realizzazione delle opere in progetto è strutturato in modo da potere distinguere i costi destinati alla stabilizzazione dell'alveo dagli investimenti volti al ripristino della percorribilità ittica. Non potendo suddividere in termini assoluti gli uni dagli altri, è stato scelto un approccio semplificato, dove le interessenze variano in funzione della tipologia di lavoro secondo i seguenti criteri:

- gli oneri per le opere a regia e per l'impianto di cantiere sono stati suddivisi equamente ;
- i costi per l'innalzamento dell'alveo sono stati attribuiti in misura dell'80% alla stabilizzazione dell'alveo e delle sponde e in misura del 20% alla percorribilità ittica. L'ampiezza degli interventi di adeguamento della quota d'alveo al solo scopo di ripristino della percorribilità ittica sarebbe infatti inferiore rispetto a quanto previsto dal progetto ;
- gli oneri per la formazione delle rampe in blocchi sono stati equamente suddivisi .

Le opere in progetto prevedono un costo complessivo di CHF 716'100.-- (comprensivo di imprevisti, onorari e IVA), suddivisi in CHF 449'360.-- per la stabilizzazione dell'alveo e in CHF 266'740.-- per la percorribilità ittica. Il preventivo dettagliato è illustrato nell'allegato 4, mentre la tabella seguente riporta i dati principali.

Descrizione	Interessenza				Totale
	Stabilizzazione alveo		Percorribilità ittica		
	%	CHF	%	CHF	CHF
Opere a regia	50	18'000.--	50	18'000.--	36'000.--
Impianto di cantiere	50	30'000.--	50	30'000.--	60'000.--
Innalzamento alveo	80	155'720.--	20	38'930.--	194'650.--
Formazione rampe	50	83'655.--	50	83'655.--	167'310.--
Totale		287'375.--		170'585.--	457'960.--
Imprevisti 20%		57'475.--		34'115.--	91'590.--
Totale opere costruttive		344'850.--		204'700.--	549'550.--
Onorario (SIA103)		71'223.--		42'277.--	113'500.--
Totale incluso onorario		416'073.--		246'977.--	663'050.--
IVA (8%) e arrotondamenti		33'287.--		19'763.--	53'050.--
Totale complessivo		449'360.--		266'740.--	716'100.--

Tabella 5.1: Preventivo di spesa.

6 Conclusioni e raccomandazioni

Lo studio delle varianti allestito dal nostro ufficio nel novembre 2016 per valutare le possibili soluzioni per stabilizzare l'alveo e le sponde della Maira in zona Cava Böcc indica nell'arricchimento strutturato dell'alveo con la formazione di una struttura di salti e pozze ("step and pool") la soluzione ottimale. Oltre a garantire la sicurezza idraulica del sistema, le opere in progetto rispettano i criteri dell'ecologia delle acque per quanto riguarda l'eterogeneità dell'alveo e l'inserimento paesaggistico e permettono in prima analisi il ripristino della connettività ittica attualmente non data come indicato da uno studio specifico allestito da Ecowert gmbh nel 2015.

Con il presente studio si intende valutare in modo più dettagliato e con l'ausilio di strumenti adeguati l'effettiva possibilità di risalita dei pesci nella situazione di progetto. Si vuole inoltre determinare i costi legati agli interventi prevalentemente destinati alla stabilizzazione dell'alveo, rispettivamente i costi delle misure finalizzate al ripristino della percorribilità ittica. Il Municipio avrà così a disposizione tutte le informazioni necessarie nella ricerca di cofinanziamenti delle opere da parte di terzi, in particolare del fondo Naturmade star.

Le simulazioni tridimensionali eseguite nell'ambito del presente studio con l'ausilio del programma di calcolo OpenFOAM sulla base di una geometria di progetto ottimizzata permettono di concludere come grazie alle misure in progetto sia possibile porre le condizioni per il ripristino della connettività ittica. Partendo dalla necessità di garantire la risalita per un periodo di ca. 300 giorni l'anno, sono state analizzate le condizioni idrauliche per deflussi pari a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (pari indicativamente a Q_{347}) e di $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (equivalenti a ca. Q_{36}), oltre a un deflusso intermedio di $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

I risultati evidenziano come la scelta progettuale di suddividere ogni salto in diversi corridoi, posizionando la serie di blocchi in entrata a ognuno di questi a differenti quote, permette di disporre per i deflussi modellizzati di almeno una possibilità di risalita. In caso di magra il corridoio centrale (quello posizionato a quota inferiore e quindi lungo il quale fluisce la maggior parte del deflusso) presenta le condizioni necessarie alla risalita. Le velocità di deflusso inferiori ai 2 m/s e le profondità superiori ai $25\text{-}40 \text{ cm}$ rispettano infatti le condizioni necessarie indicate dalla letteratura specialistica per la risalita della trota fario, specie target della Maira. Nel caso di deflussi superiori e pari a 2 rispettivamente $4 \text{ m}^3/\text{s}$ si attivano in modo significativo pure i corridoi laterali (posti a una quota superiore rispetto a quello centrale), offrendo i requisiti necessari per la risalita.

In generale le opere in progetto permettono di eliminare le situazioni che attualmente impediscono la connettività ittica lungo la tratta in oggetto ed evidenziate nel rapporto di Ecowert gmbh. In particolare vengono eliminate le lunghe tratte a pendenza elevata (la brevità delle rampe in progetto e la loro suddivisione in salti di ca. $30\text{-}40 \text{ cm}$ permette ai pesci di superarle attingendo alla forza esplosiva), mentre sotto ogni rampa è presente una pozza che migliora in modo significativo le condizioni per la risalita. Vengono inoltre rimossi i salti che nella situazione odierna rendono difficile e in parte impediscono totalmente il passaggio.

Le opere in progetto prevedono un costo complessivo di CHF 716'100.-- (comprensivo di imprevisti, onorari e IVA), suddivisi in CHF 449'360.-- per la stabilizzazione dell'alveo e in CHF 266'740.-- per la percorribilità ittica.

L'efficacia degli interventi in progetto in relazione al ripristino della connettività idrica presuppone una realizzazione attenta e accurata delle opere, nella quale dovranno confluire tutti gli aspetti significativi emersi nel presente studio e che andranno affinati nelle prossime fasi progettuali.

7 Documentazione utilizzata

- /1/ Comune di Bregaglia, Fiume Maira a Promontogno, Sistemazione fluviale in zona Cava Böcc, Progetto di massima, Studio Beffa Tognacca sagl, Grono, novembre 2016.
- /2/ Scartazzini & Co, Kleinwasserkraftwerk Molino, Promontogno, Konzession- und Bauprojekt Juni 2015, Ergänzungsbericht Fischgängigkeit, Ecowert gmbh, Domat / Ems, November 2015.
- /3/ Tamagni S. (2013). Unstructured block ramps. Mitteilungen 223, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), R. M. Boes, Hrsg., ETH Zürich.
- /4/ DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e V. (2009). Naturnahe Sohlgleiten (Natural block ramps). DWA-Themen WW-1.2-9, DWA, Hennef, D [in German]
- /5/ DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e V. (2010). Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Entwurf. (Fish passage facilities and fish passable constructions – Configuration, design, quality check. Draft). Merkblatt DWA M 509, DWA, Hennef, D [in German].

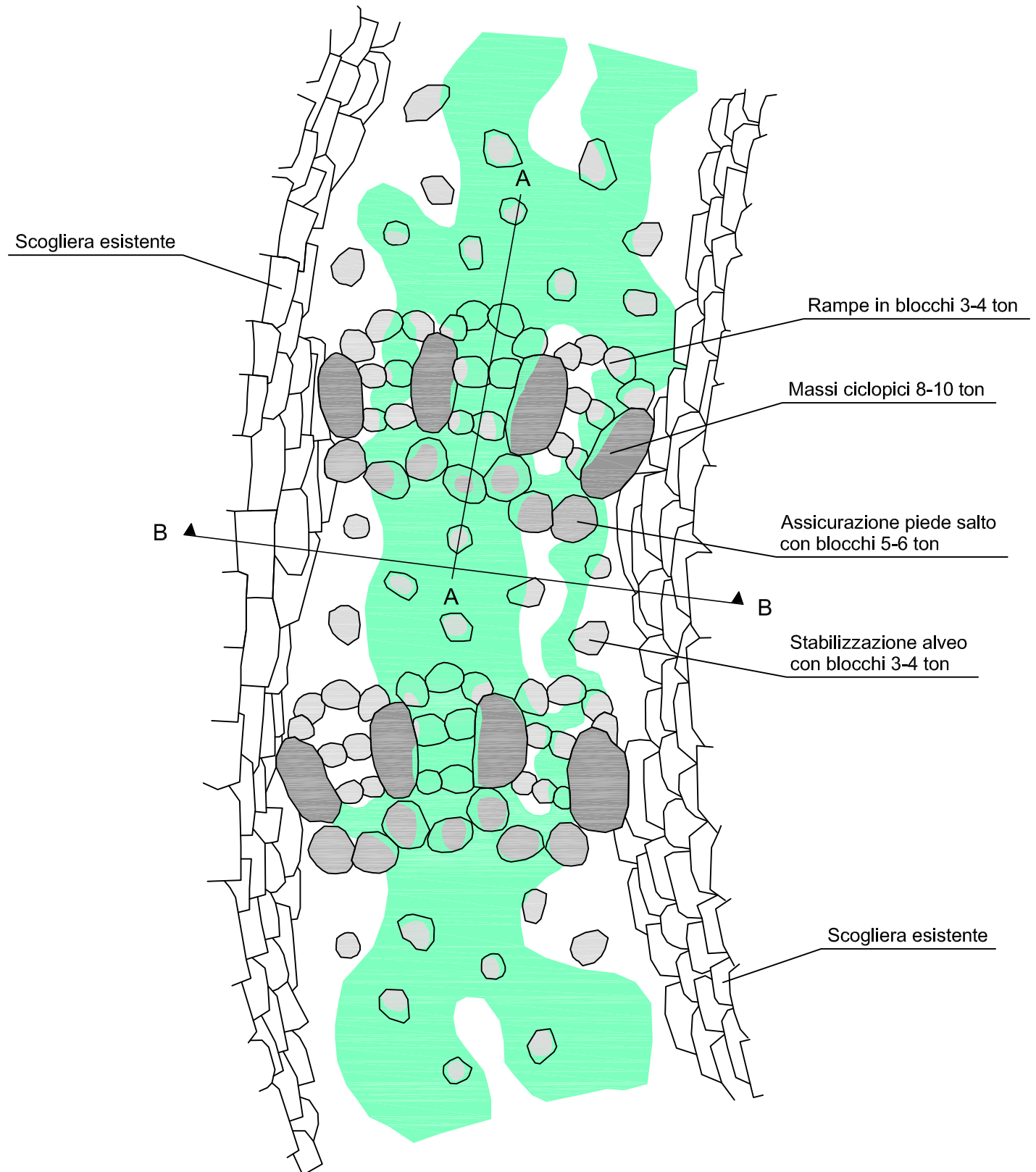
Allegati

Allegato 1: Piani di progetto

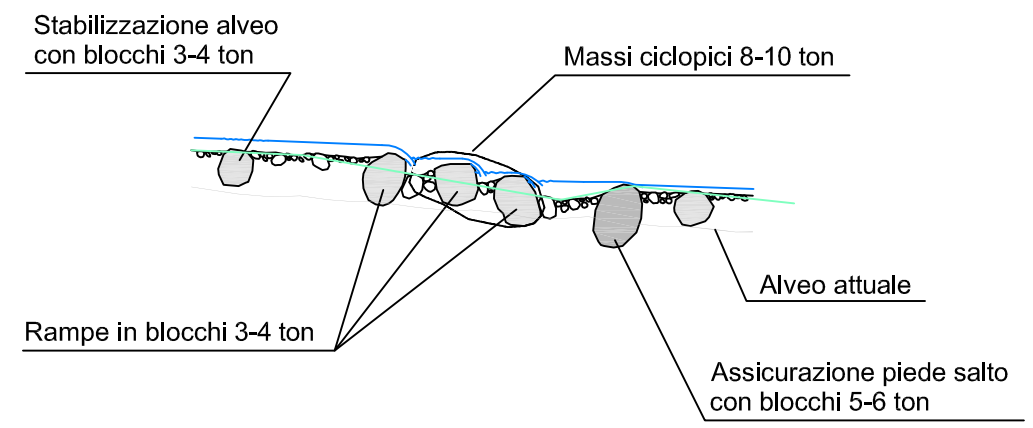
Comune di Bregaglia, Località Promontogno
 Fiume Maira, Sistemazione fluviale in zona Cava Böcc
 Progetto preliminare

Arricchimento strutturato alveo "step-pool system" (variante 3)

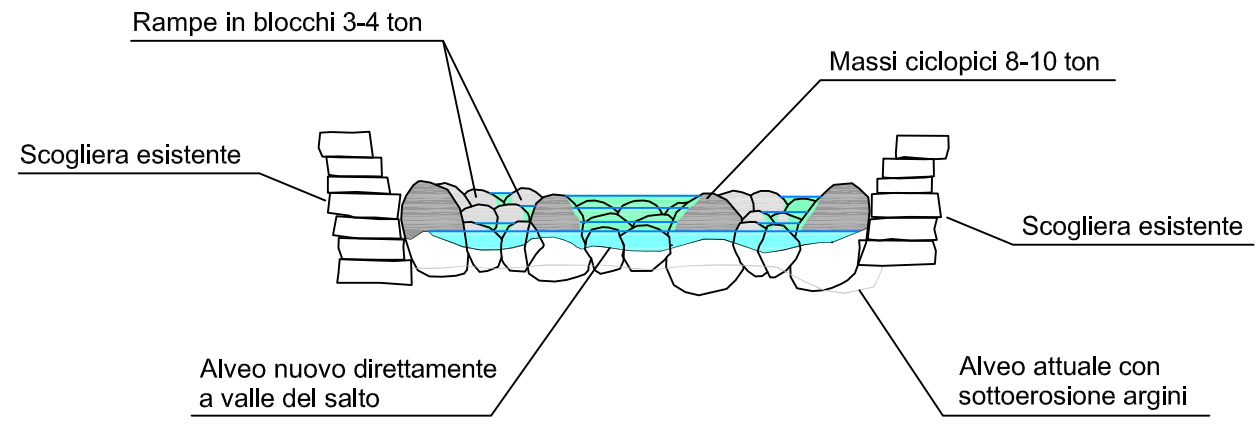
Planimetria 1:200



Sezione A-A 1:200



Vista B-B 1:200

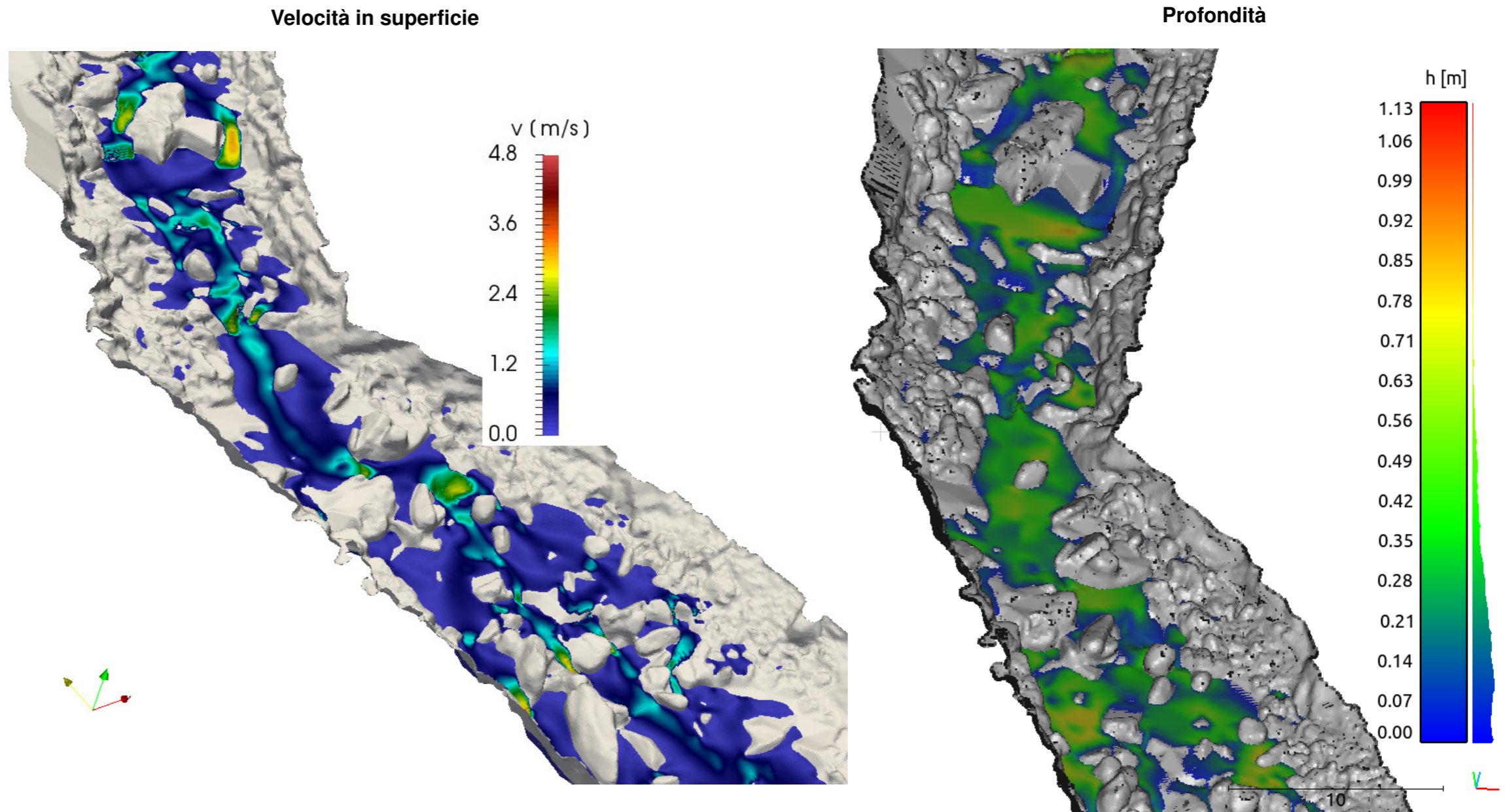


Allegato 2:

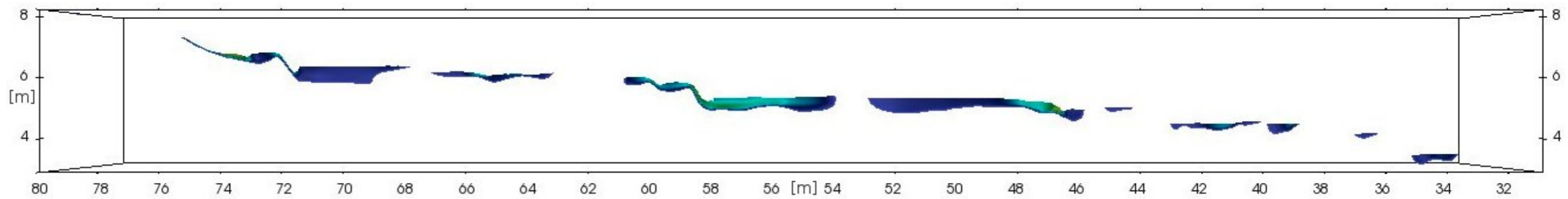
Risultati simulazioni numeriche 3D con OpenFOAM

Situazione attuale

Situazione attuale
Deflusso: 0.5 m³/s



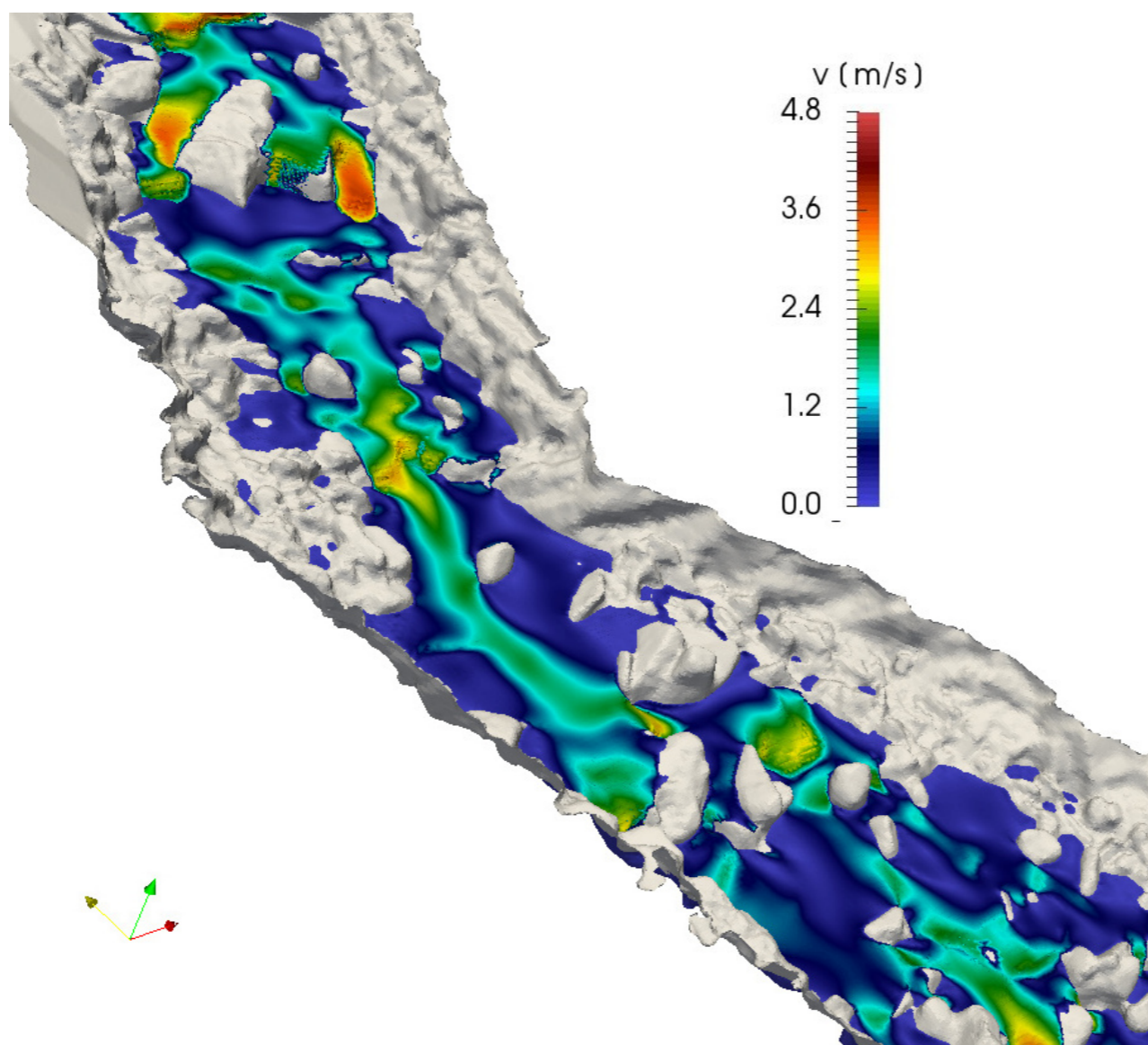
Profilo longitudinale delle velocità [m/s]



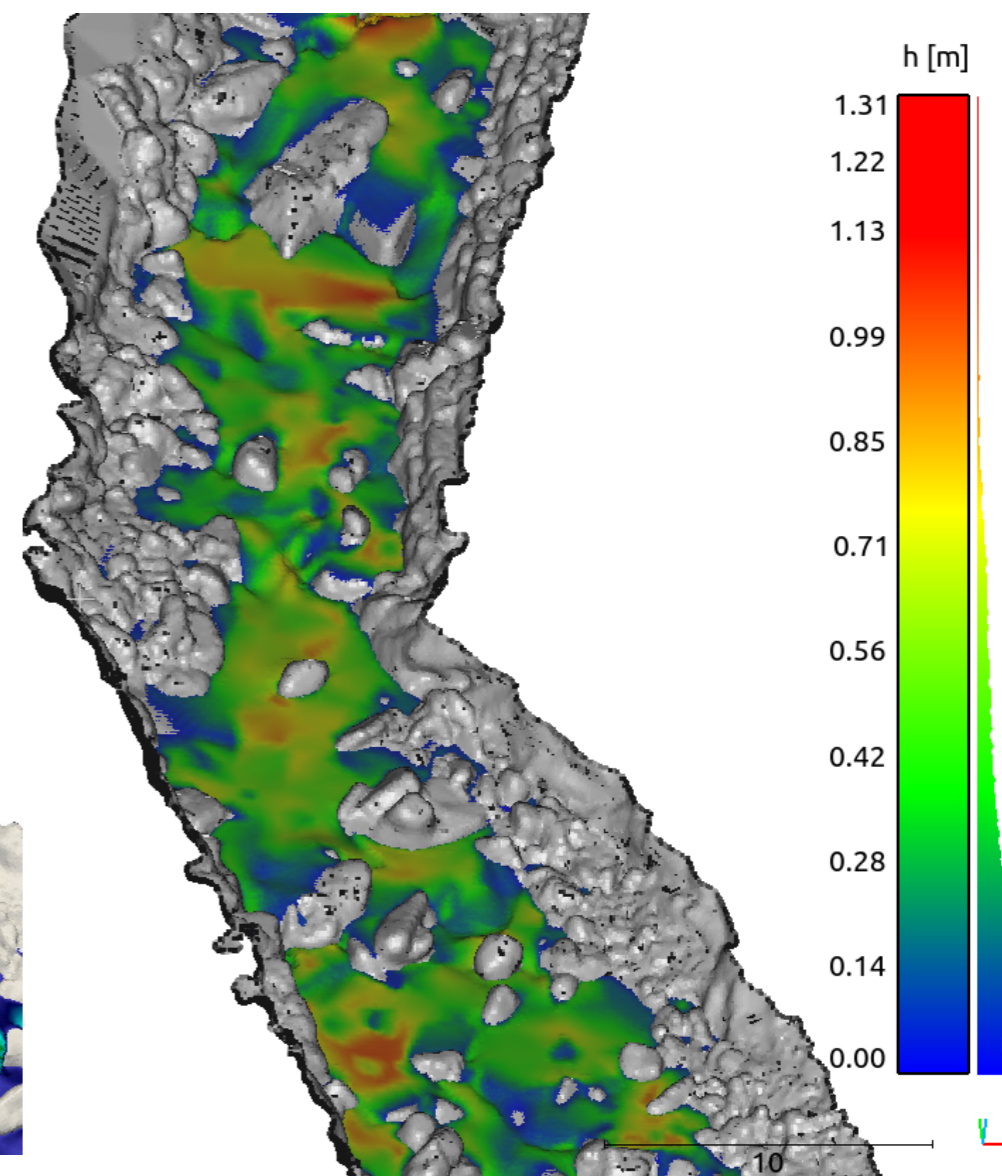
Situazione attuale

Deflusso: 2 m³/s

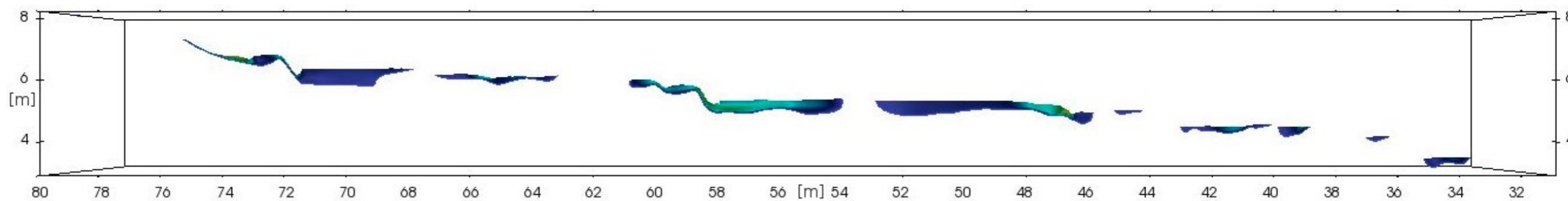
Velocità in superficie



Profondità

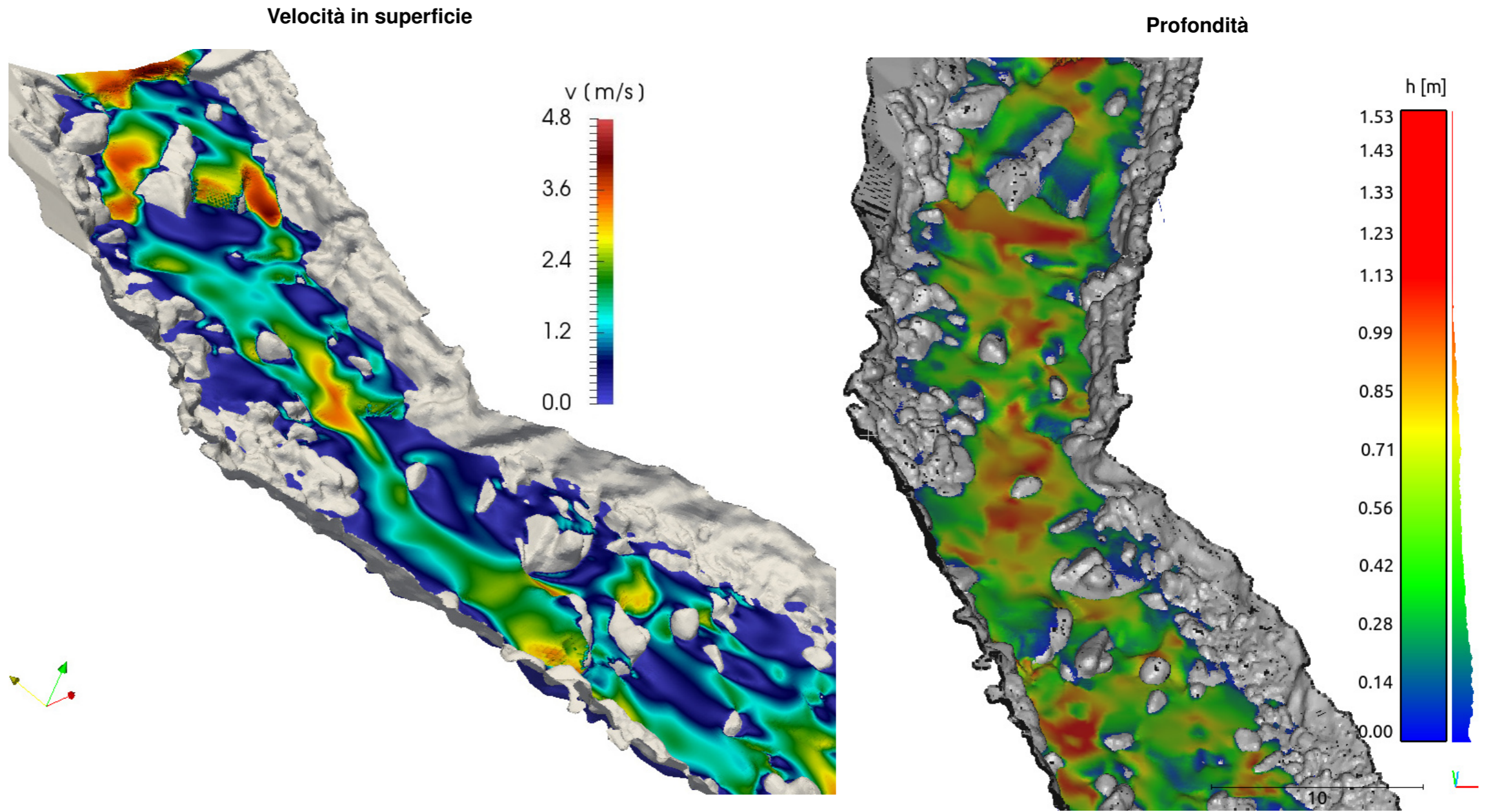


Profilo longitudinale delle velocità [m/s]

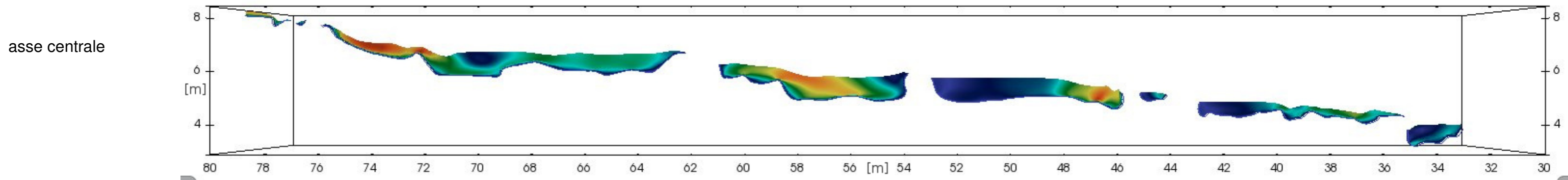


Situazione attuale

Deflusso: 4 m³/s



Profilo longitudinale delle velocità [m/s]



Allegato 3:

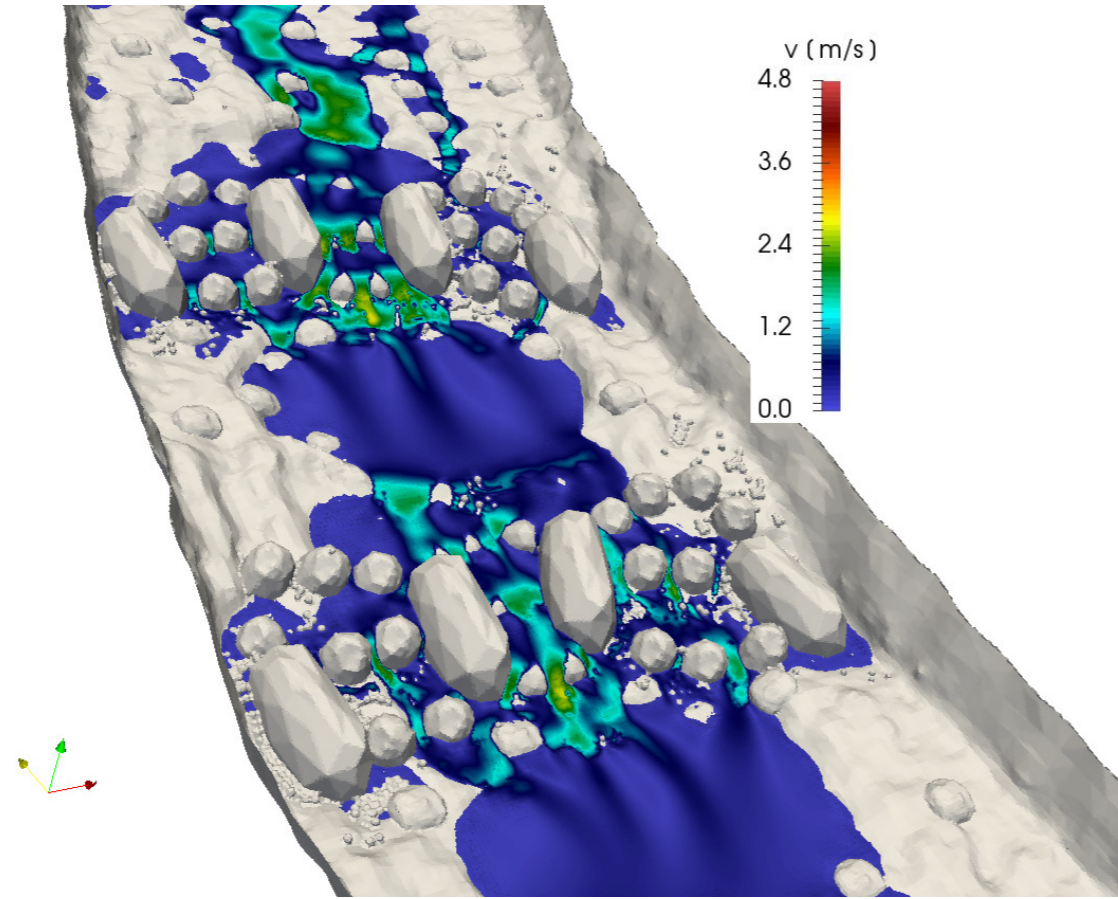
Risultati simulazioni numeriche 3D con OpenFOAM

Situazione di progetto

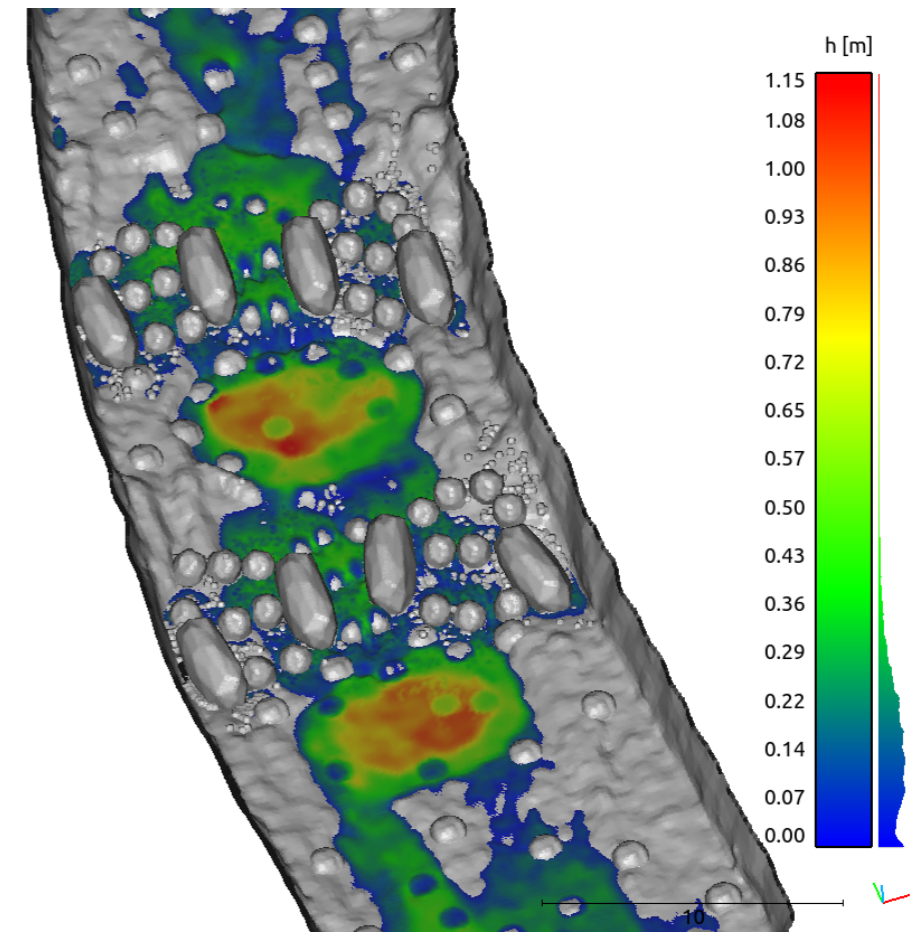
Situazione di progetto

Deflusso: $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$

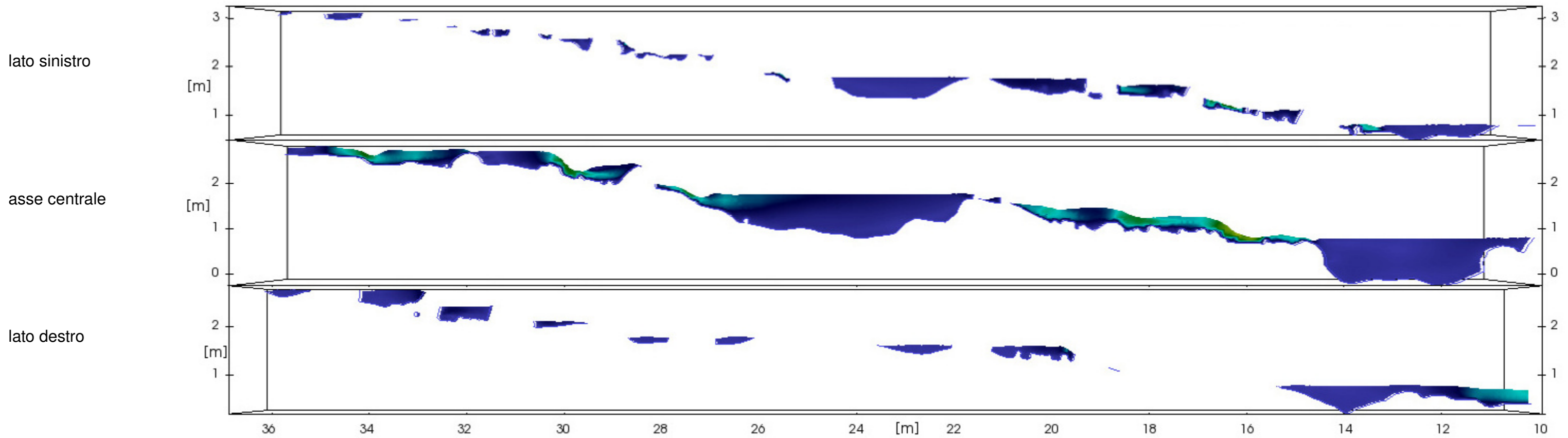
Velocità in superficie



Profondità



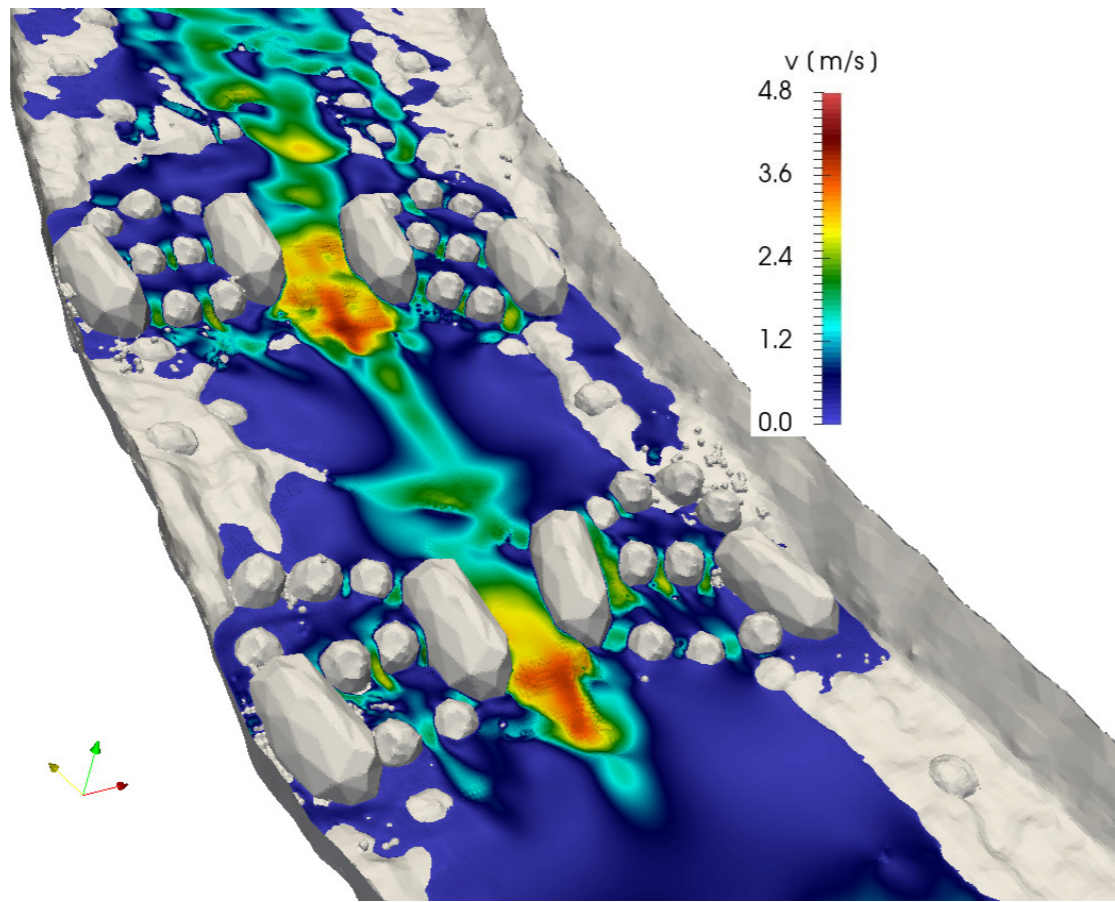
Profilo longitudinale delle velocità [m/s]



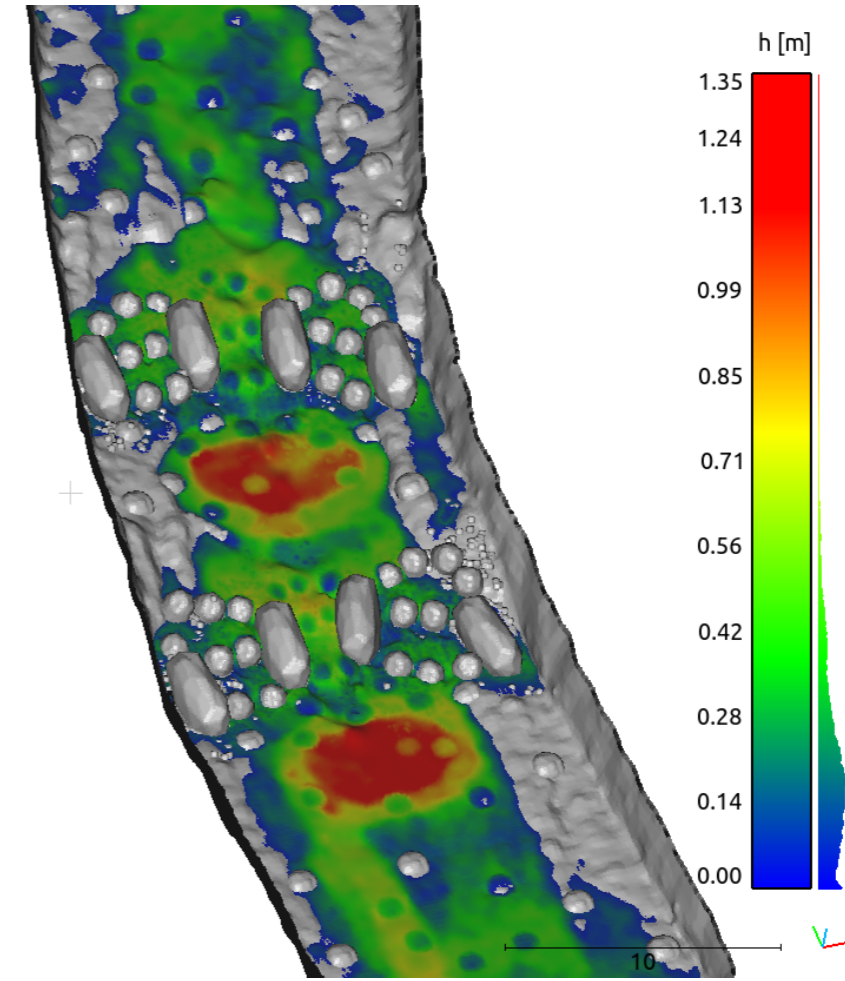
Situazione di progetto

Deflusso: 2 m³/s

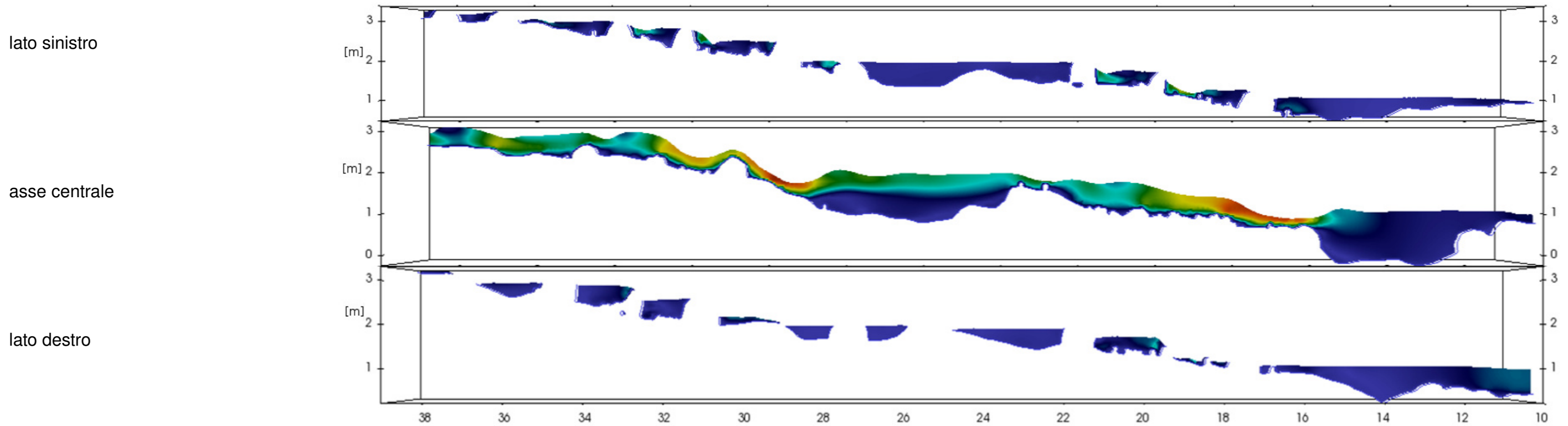
Velocità in superficie



Profondità

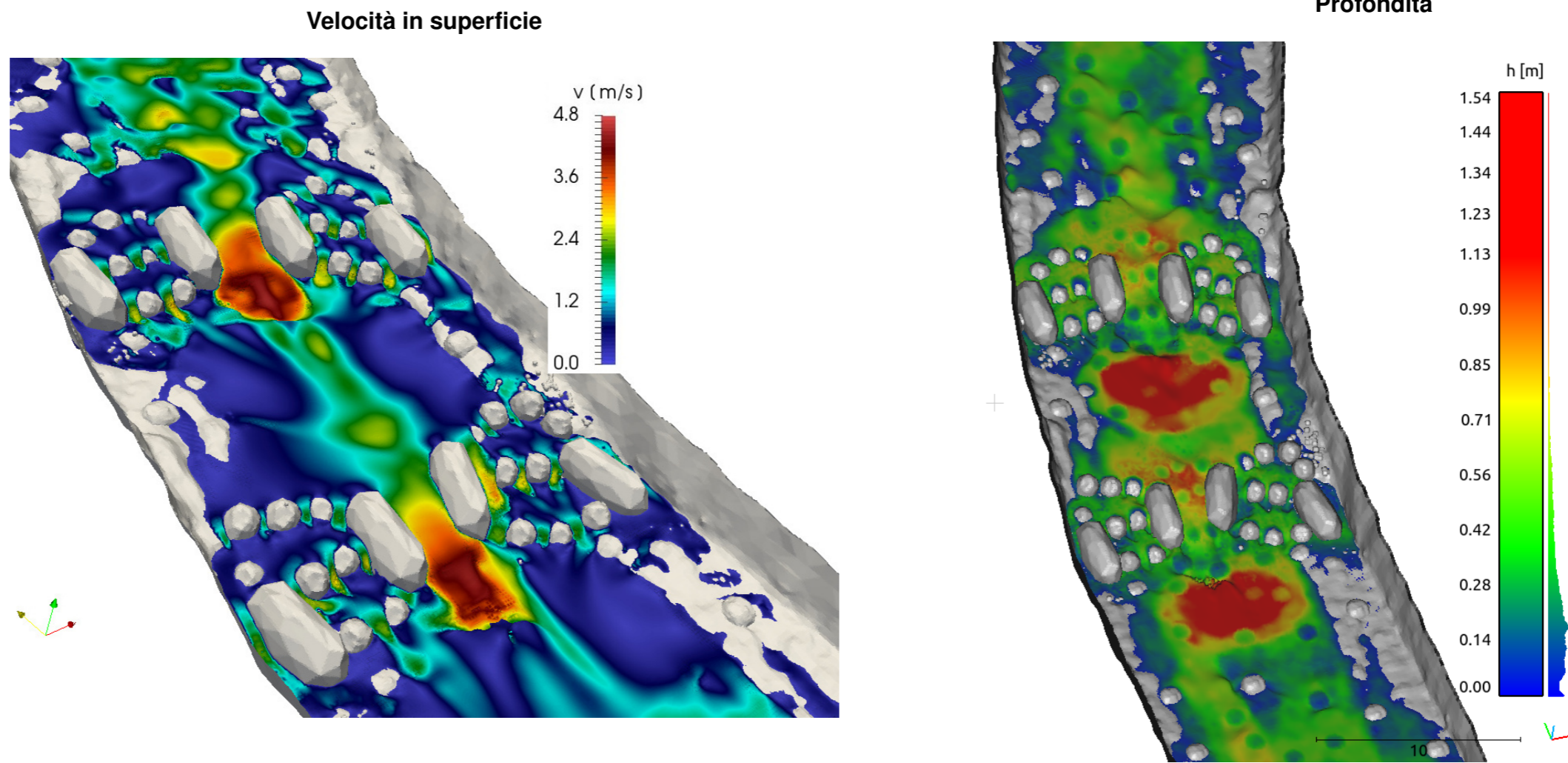


Profilo longitudinale delle velocità [m/s]

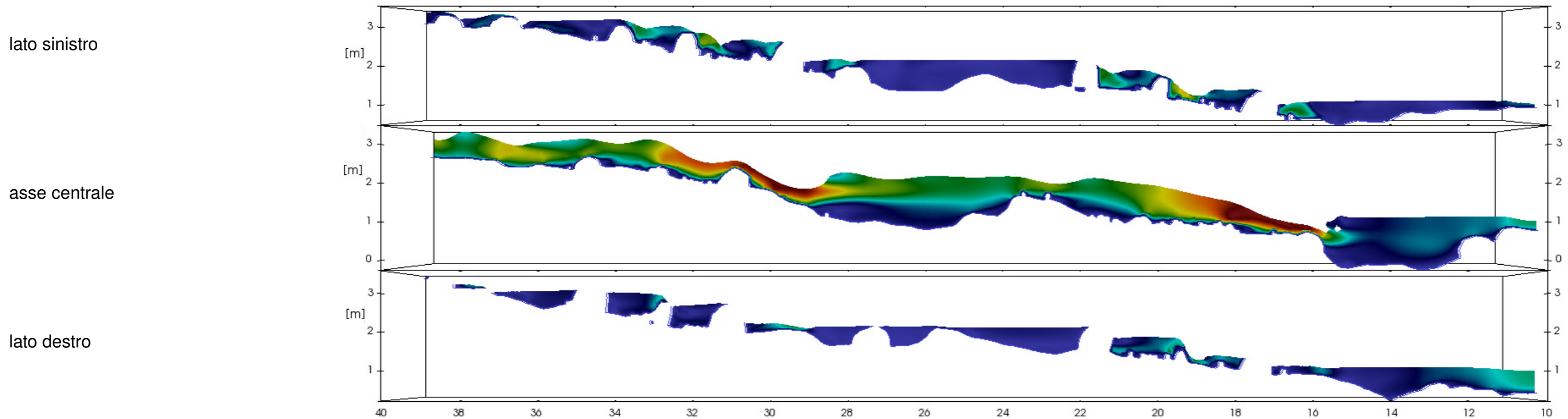


Situazione di progetto

Deflusso: 4 m³/s



Profilo longitudinale delle velocità [m/s]



Allegato 4: Preventivo di spesa

Comune di Bregaglia
Fiume Maira, Promontogno
Sistemazione fluviale in zona Cava Böcc
Progetto preliminare

Preventivo

Stabilizzazione mediante arricchimento struttura dell'alveo ("step and pool")

DESCRIZIONE	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Interessenza				Totale
				stabilizzazione alveo		percorribilità ittica		
				%	CHF	%	CHF	
1. Opere a regia					18'000.--		18'000.--	36'000.--
Opere a regia, ca. 10% pos. 3	gl	1	36'000.--	50	18'000.--	50	18'000.--	36'000.--
2. Impianto di cantiere					30'000.--		30'000.--	60'000.--
Impianto di cantiere, ca. 15% pos. 1+3	gl	1	60'000.--	50	30'000.--	50	30'000.--	60'000.--
3. Lavori in alveo					239'375.--		122'585.--	361'960.--
3.1 Innalzamento alveo tra singole rampe					155'720.--		38'930.--	194'650.--
Fornitura e trasporto materiale di sottofondo	m3	2800	55.--	80	123'200.--	20	30'800.--	154'000.--
Messa in opera materiale di sottofondo	m3	2800	10.--	80	22'400.--	20	5'600.--	28'000.--
Fornitura e trasporto massi 3-4 ton	t	230	30.--	80	5'520.--	20	1'380.--	6'900.--
Posa ordinata massi 3-4 ton	t	230	25.--	80	4'600.--	20	1'150.--	5'750.--
3.2 Formazione rampe in blocchi					83'655.--		83'655.--	167'310.--
Fornitura e trasporto massi 3-4 ton	pz	325	100.--	50	16'250.--	50	16'250.--	32'500.--
Posa ordinata massi 3-4 ton	pz	325	250.--	50	40'625.--	50	40'625.--	81'250.--
Fornitura e trasporto massi 5-6 ton	pz	104	100.--	50	5'200.--	50	5'200.--	10'400.--
Posa ordinata massi 5-6 ton	pz	104	200.--	50	10'400.--	50	10'400.--	20'800.--
Fornitura e trasporto massi 8-10 ton	pz	52	190.--	50	4'940.--	50	4'940.--	9'880.--
Posa ordinata massi 8-10 ton	pz	52	240.--	50	6'240.--	50	6'240.--	12'480.--

1. Opere a regia		Fr.	18'000.--	18'000.--	36'000.--
2. Impianto di cantiere		Fr.	30'000.--	30'000.--	60'000.--
3. Lavori in alveo		Fr.	239'375.--	122'585.--	361'960.--
Totale parziale		Fr.	287'375.--	170'585.--	457'960.--
Imprevisti	20%	Fr.	57'475.--	34'115.--	91'590.--
Totale opere costruttive		Fr.	344'850.--	204'700.--	549'550.--
Progettazione e direzione lavori (secondo norma SIA103)		Fr.	71'223.--	42'277.--	113'500.--
Totale incluso onorario		Fr.	416'073.--	246'977.--	663'050.--
IVA	8%	Fr.	33'286.--	19'758.--	53'044.--
Arrotondamenti		Fr.	1.--	5.--	6.--
Totale complessivo		Fr.	449'360.--	266'740.--	716'100.--