

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)

Missione 2 - Componente 4 - Sub-investimento 2.1b

ACCORDO AI SENSI DELL'ART. 15, DELLA LEGGE 241/1990 PER LA REALIZZAZIONE DEL SUB-INVESTIMENTO 2.1b «finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU»

“Misure per la gestione del rischio alluvione e per la riduzione del rischio idrogeologico”

ACCORDO QUADRO LAVORI FINALIZZATI ALLA MANUTENZIONE DEI CORSI D'ACQUA AFFERENTI AL TERRITORIO DI COMPETENZA DELL'UFFICIO TERRITORIALE DI PIACENZA E DELL'UFFICIO TERRITORIALE DI REGGIO EMILIA. ANNUALITÀ 2023-2025

LOTTO 1 PIACENZA (BACINI TREBBIA E ARDA) (CIG ACCORDO QUADRO 9492599481)

Codice Intervento: 17751

Titolo: PNRR M2C4 INVESTIMENTO 2.1B Interventi di ripristino, recupero ed integrazione delle opere di difesa idraulica dell'alveo del fiume Trebbia in corrispondenza del nodo idraulico di Perino, a monte e valle della briglia. Loc. Poggio Paione, comuni di Travo e Coli (PC)

Capitolo di spesa: U21301 (2023) **Importo finanziamento:** € 2,500,000.00

CUP: F18H22000530004

PROGETTO ESECUTIVO

relativo al Contratto Attuativo n° 4

Allegato n.
2.4

RELAZIONE IDRAULICA

Gruppo di progettazione:

Dott. Ing. Cristina FRANCA
(Responsabile del progetto e D.L.)

R.T.P.



Studio POLARIS STP S.r.l.
(mandataria-capogruppo)



EOS – INGEGNERIA
(mandante)



ENGEO S.r.l.
www.engeo.it

ENGEO S.r.l.
(mandante)

Visto di validazione
Il Responsabile Unico del Procedimento
Arch. Cristian Ferrarini

1. Premessa

Le principali attività in capo all'Ufficio Sicurezza Territoriale e Protezione Civile di Piacenza sono finalizzate alla gestione e al mantenimento della funzionalità della rete idrografica appartenente al demanio ramo idrico e afferente ai bacini dei corsi d'acqua ricadenti nel territorio della provincia di Piacenza.

Da questo quadro scaturisce, al fine di preservare nel tempo i lavori eseguiti e consentire di mantenere in efficienza le opere realizzate o consolidate, la necessità di programmare periodici interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria (intese come riparazione, rifacimento parziale o totale), di riqualificazione, adeguamento o potenziamento funzionale delle stesse in grado di riparare o prevenire le criticità evitando l'aggravarsi o il generarsi di danneggiamenti che possono mettere in crisi la stabilità o piena funzionalità delle opere stesse e quindi la sicurezza del territorio.

Il progetto riguarda le opere di difesa idraulica dell'alveo del fiume Trebbia in corrispondenza del nodo idraulico di Perino, a monte e valle della briglia. Loc. Poggio Paione, comuni di Travo e Coli, riguarda pertanto tutti gli interventi finalizzati al miglioramento dell'efficienza idraulica del fiume Trebbia, nonché alla manutenzione delle aree del demanio idrico di competenza.

L'intervento sarà realizzato sulla briglia esistente nel fiume Trebbia, in prossimità della spiaggia di Rondanera, a cavallo dei Comuni di Travo e Coli (PC).

Di seguito si riportano le considerazioni di carattere idraulico necessarie al fine di progettare il presente intervento di mitigazione del rischio.

1.1. Intervento

L'intervento è stato finanziato nell'ambito del PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) - Missione 2 - Componente 4 - Sub-investimento 2.1b - Accordo ai sensi dell'art. 15, della legge 241/1990 per la realizzazione del sub-investimento 2.1b (prot. 31/01/2023.0005098.E) «finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU» - «Misure per la gestione del rischio alluvione e per la riduzione del rischio idrogeologico» per un importo totale di € 2.500.000,00.

L'UT di Piacenza ha stipulato un "Accordo quadro" triennale, ai sensi del D.lgs. 50/2016 e s.m.i., per quanto concerne il **Lotto 1 Arda-Trebbia** nel quale vengono ricomprese le opere in oggetto. Il soggetto aggiudicatario dell'accordo è la ditta **Impresa Cogni S.p.a.**, Galleria San Francesco 2, 29121 - Piacenza (PC), Italy – C.F. 00313780199, P.IVA 00397000332, Uff. Reg. 00313780199, REA PC-103841.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

2. Inquadramento territoriale

2.1. Localizzazione dell'area oggetto d'intervento

Gli interventi in progetto saranno eseguiti sulla **briglia esistente** lungo il corso del fiume Trebbia, localizzata in prossimità della Spiaggia di Rondanera, a cavallo tra i comuni di Travo e di Coli, in provincia di Piacenza. In particolare, il tratto di intervento è localizzato alla sezione 46 del PAI.

Nella figura sottostante si riporta un estratto dell'immagine aerea della zona oggetto d'intervento.



Figura 2-1. Immagine satellitare dell'area di intervento

A monte della briglia su cui saranno eseguite le lavorazioni si individua un'altra briglia in massi ciclopici, con funzione di regolarizzazione e limitazione dell'erosione fluviale, mentre a valle è presente un ponte stradale, in corrispondenza del quale è posta la sezione n.44 del PAI.

In destra idraulica è presente l'infrastruttura viaria della SS45. In questo tratto la strada è sopraelevata con fondazioni in c.a. e scogliera di protezione dei piloni, mentre in sinistra idraulica il versante appare mediamente inclinato, nonché soggetto a movimenti di versanti alcune decine di metri a monte della briglia stessa.

Sia a monte che a valle della briglia l'alveo risulta largo e ghiaioso; a monte si trovano numerosi massi lapidei, crollati dal soprastante versante in sinistra, mentre a valle si riscontrano principalmente ghiaie fluviali.

L'area, come espresso in precedenza, ricade a cavallo dei comuni di Travo e Coli (PC):

Codistat	033043	033016
nomcom	Travo	Coli
provincia	Piacenza	Piacenza
area	80.39 km²	72.14 km²

RELAZIONE IDRAULICA



Figura 2-2. Immagine da Geoportale Regione Emilia-Romagna con individuazione limiti amministrativi ed in rosso l'area di intervento

2.2. Caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino del Trebbia

2.2.1. Inquadramento territoriale e morfologico

Il bacino del fiume Trebbia ha una superficie complessiva di circa 1'070 km², di cui gran parte in ambito collinare-montano (86%). È situato in destra Po e dal punto di vista amministrativo è ripartito tra le province di Piacenza (716,2 km²), Genova e Pavia (complessivamente 369.3 km²).

Il fiume Trebbia confluisce nel Po, poco ad ovest di Piacenza, dopo un percorso di circa 116 km. Lungo lo spartiacque a sud si hanno i monti Penna (1735 m s.l.m.) e Maggiorasca (1799 m s.l.m.), a est il monte Cavalmurone (1670 m s.l.m.) e a ovest il monte Crociglia (1578 m s.l.m.).

Il torrente Aveto è il maggior affluente del Trebbia, altri affluenti importanti sono il torrente Bobbio, proveniente dal Monte Penice, confluyente nel Trebbia presso Bobbio, il torrente Perino e il torrente Dorba.

L'asta principale del Trebbia è suddivisibile in due tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico:

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

livelli di qualità delle acque particolarmente elevati. Il Trebbia è morfologicamente caratterizzato da un fondovalle formato da masse calcaree molto dure, all'interno delle quali il fiume si è scavato un percorso tortuoso e suggestivo, che tagliando gli strati depositati ha portato in luce nei secoli significativi fenomeni fossiliferi.

L'esistenza di vaste masse ofiolitiche lungo la dorsale di separazione dalla valle dell'Aveto ha dato origine a un sistema di vette e rilievi particolare, quali il monte Gifarco, il monte Rocca Bruna e il Castello dei Fanti, mentre verso oriente il fiume costeggia la vasta mole calcarea del massiccio dell'Antola.

Le subaree principali individuabili all'interno della valle del Trebbia, contraddistinte da particolari specificità ambientali sono rappresentate da:

- la zona dell'alta collina del Trebbia, area dei monti Pillerone e Dinavoli, con vaste superfici boschive, caratterizzata dalla presenza degli affioramenti ofiolitici (Pietra Parcellara, Pietra Marcia, Pietra Perduca);
- la zona della valle Perino, caratterizzata dalla permanenza delle tracce del modellamento glaciale wurmiano, quali le zone umide (Monte Sant'Agostino e Passo di Santa Barbara) e le emergenze ofiolitiche (presso Monte Amelio, Govi, Materano Tre Sorelle, ecc.);
- la zona della finestra tettonica di Bobbio, importante e unica per la presenza delle formazioni neolitiche dette delle "Arenarie di Bobbio" e delle "Arenarie dell'Aveto", cioè le formazioni più recenti dell'area appenninica piacentina portate in superficie dall'azione erosiva del Trebbia e dell'Aveto;
- la zona dell'alta val Trebbia e val Boreca, caratterizzata, in particolare la seconda, dal profilo a V con assi ravvicinati rappresentati dai rilievi dei monti Cavalmurone, Chiappo, Alfeo, Lesina;
- la zona della valle d'Aveto, caratterizzata dalla dorsale Trebbia-Aveto e Aveto-Nure, morfologia cosiddetta matura, abbandonata a seguito delle profonde incisioni operate dal Trebbia e Aveto e attualmente coperta da grandi aree boschive di latifoglie e cedui misti che ne determinano la prevalente connotazione.

2.2.2. Inquadramento geologico e geomorfologico-litologico

L'assetto geologico del bacino risulta notevolmente articolato; in estrema sintesi la parte montana può essere suddivisa in due fasce subparallele all'asse appenninico:

- alto Appennino dove affiorano i flysch arenacei terziari della Successione Toscana sui quali sono sovrascorse le Unità Liguri con la loro copertura Epiligure;
- medio-basso Appennino costituito per la massima parte da terreni delle Unità Liguri ed Epiliguri; qui, in corrispondenza del margine collinare prospiciente la pianura compaiono i sedimenti trasgressivi plio-pleistocenici che hanno il loro massimo sviluppo nel sottosuolo padano.

La ricostruzione paleoidrografica ha evidenziato come il tracciato del fiume Trebbia nel corso dei secoli abbia subito modificazioni le cui tracce permangono anche in quest'epoca. L'assetto attuale risente invece degli interventi antropici che, soprattutto negli ultimi 50 anni, hanno influenzato la dinamica fluviale.

Di seguito si descrivono le principali caratteristiche geolitologiche del bacino, evidenziando in particolare i litotipi che per le proprie caratteristiche geomeccaniche manifestano alti gradi di erodibilità e/o propensione a dissesti gravitativi; ed indicando fra parentesi si indica la sigla del litotipo stesso.

I litotipi maggiormente rappresentati all'interno del bacino del Trebbia, sono suddivisibili in tre fasce distinte

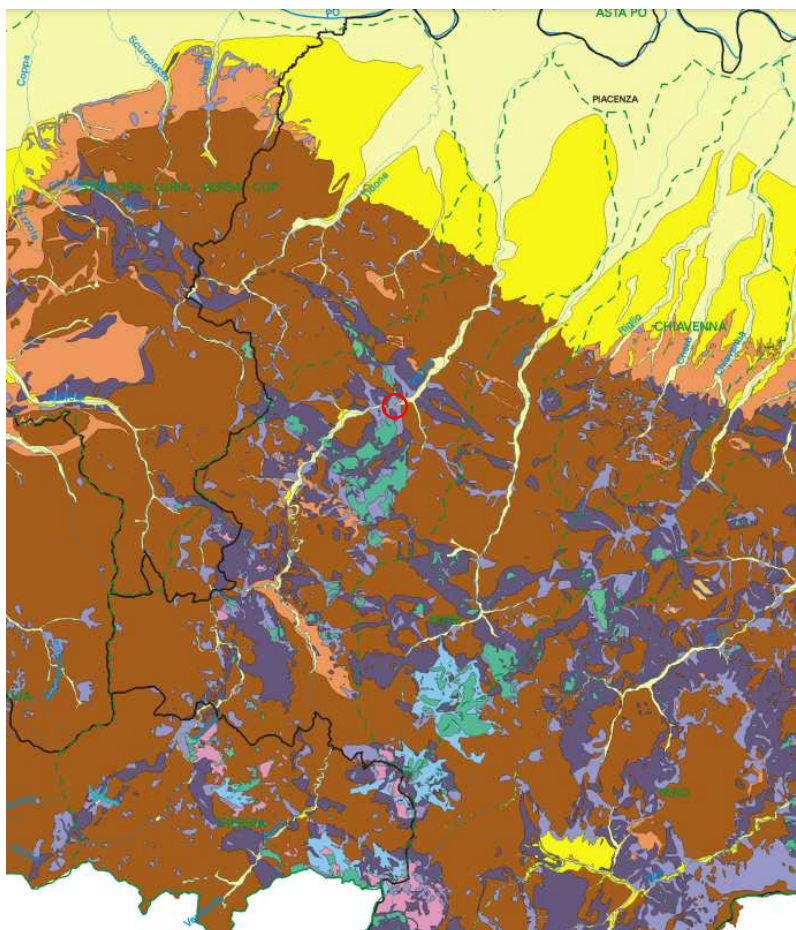
CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

con direzione nord-ovest — sudest.

La prima, dalla sorgente del Trebbia fino a Rivergano, è costituita prevalentemente da litoidi eterogenei a diverso comportamento meccanico (ADM). Nella zona di monte, in prossimità di Rovegno, si incontrano termini ignei (LDI) e in subordine litoidi metamorfici (LMI), con frequenti discontinuità; tale alternanza di litoidi è osservabile anche sul versante destro del torrente Aveto. In prossimità della confluenza tra Trebbia e Aveto e per tutto l'ultimo tratto di quest'ultimo, fino a Salsominore, si incontrano affioramenti di rocce tenere prevalentemente incoerenti (RTE). Sul versante destro, in prossimità di Bobbio, affiorano litoidi metamorfici con frequenti discontinuità (LDM). Inoltre è possibile incontrare, su tutto il territorio della prima fascia, complessi strutturali caotici e tettonizzati (CSC), depositi eterogenei di versante e di trasporto torrentizio (DEV) e depositi glaciali e fluvioglaciali (DGL).

La seconda fascia, a valle di Rivergano, è costituita da depositi derivanti dall'alterazione di rocce e terreni (DCG).

La terza fascia, di pianura, è costituita dai depositi quaternari alluvionali fluviali e fluviolacustri (AFL), che peraltro fiancheggiano tutti i principali corsi d'acqua del bacino.

**RELAZIONE IDRAULICA**

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

LEGENDA

LITOTIPI MASSIVI	
	IGNEI : graniti, sieniti, dioriti, porfidi, ecc. (LMI)
	SEDIMENTARI : dolomie, calcari, conglomerati (LMS)
	METAMORFICI : gneiss, kinziciti, ecc. (LMM)
LITOTIPI CON FREQUENTI DISCONTINUITA' PER STRATIFICAZIONE O SCISTOCITA'	
	IGNEI : diabasi, tufi litoidi stratificati (LDI)
	SEDIMENTARI : arenarie, siltiti, calcari e dolomie stratificate, ecc. (LDS)
	METAMORFICI : gneiss tabulari, micascisti, filladi, calcascisti, quarziti, ecc. (LDM)
	ROCCE TENERE PREVALENTEMENTE INCOERENTI marne, argilliti, arenarie e conglomerati poco cementati, ecc. (RTE)
	ALTERNANZA DI LITOTIPI ETEROGENEI A DIVERSO COMPORTAMENTO MECCANICO calcari/marne, arenarie/argilliti, ecc. (ADM)
	COMPLESSI STRUTTURALI CAOTICI E TETTONIZZATI argille scagliose, cataclasti, ecc. (CSC)
	DEPOSITI DERIVANTI DALL'ALTERAZIONE DI ROCCE E TERRENI sabbioni, limi, argille, lateriti, ecc. (DCG)
	DEPOSITI GLACIALI E FLUVIOGLACIALI coltri e cordoni morenici, ecc. (DGL)
	DEPOSITI ETEROGENEI E DI VERSANTE E DI TRASPORTO TORRENTIZIO detriti di falda, accumoli di frana, conoidi, ecc. (DEV)
	TERRENI A COMPORTAMENTO PLASTICO limi, argille, ecc. (TCP)
	TERRENI AD ABBONDANTE COMPONENTE ORGANICA torbe (TCO)
	ALLUVIONI FLUVIALI E LACUSTRI FIANCHEGGIANTE I PRINCIPALI CORSI D'ACQUA ghiaie, sabbie e limi (AFL)
	GHIACCIAI E VEDRETTE

Figura 2-4. Estratto 6. Cartografia di Piano Tav.4 – III Geolitologia - PAI

2.2.3. Aspetti idrologici

I bacini del massiccio centrale appenninico, di esposizione nord-ovest — sudest, sono caratterizzati da rilievi non molto elevati, in genere a quota tra i 1.000 e 2.000 m s.m.; il regime pluviale è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone prossime al crinale, dovuta alla particolare intensità dei fronti, che per ragioni orografiche e per la vicinanza del mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione; nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece modesta. Eventi meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni anche se il periodo compreso tra settembre e novembre è quello con la massima incidenza di eventi gravosi.

Le caratteristiche morfologiche e litologiche del bacino, la forma, l'acclività media dei versanti, implicano ridotti tempi di corrivazione, con rapida formazione delle piene ed elevati valori delle portate al colmo.

Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno a oltre 2.000 mm/anno.

Nel bacino idrografico del Trebbia le stazioni di misura per le quali sono disponibili valori storici delle portate di piena sono elencate nella seguente tabella.

Tabella 1: Stazioni di misura della portata del SIMI.

Sezione	Superficie	Hmedia	Hmin	Qmax	qmax	Data
	km ²	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s km ²	
Aveto a Cabanne	43.3	1008	810	345	7.97	27/10/1959
Trebbia a Due Ponti	77.0	958	615	1350	17.53	19/09/1953
Trebbia a Valsigara	226.0	593	440	2600	11.50	19/09/1953
Trebbia a S. Salvatore	631.0	945	280	2280	3.61	17/11/1940

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Tra gli eventi di piena verificatisi nel bacino del Trebbia si ricordano quelli dell'ottobre 1889 e del settembre 1953. Quest'ultimo rappresenta l'evento alluvionale più gravoso; fu provocato da un nubifragio di breve durata ma elevata intensità che produsse esondazioni diffuse lungo tutta l'asta. L'evento pluviometrico interessò una ristretta fascia compresa tra Genova e il torrente Aveto, con altezze di pioggia di 40 mm in 1 ora e 112 mm in 3 ore alla stazione di Losso. Per altre stazioni si dispone solo di dati giornalieri con altezze di pioggia sempre superiori a 100 mm e massimi attorno ai 200 mm. Il colmo di piena alla sezione di S. Salvatore (superficie di 631 km²) è stato di 3'430 m³/s (stima dell'Ufficio Idrografico). L'evento produsse un incremento della portata del Po a Piacenza di circa 830 m³/s, abbondantemente laminata, data la non contemporaneità dei colmi. I danni furono rappresentati da processi di erosione di sponda e da oltre 2'000 frane. Non si registrarono inondazioni rilevanti, grazie alle scarse precipitazioni registrate nei tratti medi e bassi del bacino.

La caratterizzazione del bacino in rapporto al trasporto solido nell'asta principale è definita dai seguenti elementi:

- la quantità di sedimenti mediamente prodotta dal bacino montano in funzione delle specifiche caratteristiche geologico-geomorfologiche e climatiche;
- la capacità media di trasporto solido dell'asta principale in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche, granulometriche del materiale d'alveo e idrauliche.

Le seguenti tabelle rappresentano rispettivamente le caratteristiche del trasporto solido del bacino montano e le caratteristiche del trasporto solido dell'asta fluviale.

Sottobacino montano	Superficie	Quota media	Precipitazione media annua	Trasporto solido	Erosione specifica
	km ²	m s.m.	mm	10 ³ m ³ /anno	mm/anno
Trebbia	930	800	1.398	247,2	0,27

Rispetto a un valore totale di produzione del trasporto solido a scala di intero bacino montano del Po (superficie considerata di 28.440 km²) pari a 3.35 milioni di m³/anno, il trasporto solido prodotto rappresenta il 7.4%, a fronte di un 3.3% di estensione territoriale; nel complesso quindi il bacino si colloca su valori molto elevati di erosione, come per altro evidenziato dal valore di erosione specifica rispetto al valore medio a scala di intero bacino che è pari a 0.12 mm/anno.

Asta fluviale	Capacità di trasporto al fondo	Capacità di trasporto in sospensione	Capacità di trasporto totale
	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno
Trebbia	27,0	190,6	217,6

Il confronto tra la capacità di trasporto solido dell'asta e il volume di materiale solido prodotto dal bacino montano permette di valutare, pur nell'approssimazione insita nel metodo, la tendenza al deposito ovvero all'erosione.

RELAZIONE IDRAULICA

2.3. Caratteristiche idro-geomorfologiche del fiume Trebbia nel tratto tra Bobbio e Perino

Per determinare le condizioni idrauliche che si presentano in prossimità dell'area oggetto di intervento, appare necessario approfondire le caratteristiche idro-geomorfologiche del tratto del fiume Trebbia che va da Bobbio a Perino. Tale tratto si estende per circa 15 km e presenta un greto stabilizzato con brughiere e praterie aride, in stadio dinamico e di successione naturale.

L'alveo presenta una considerevole diversificazione della granulometria del sedimento, con ciottoli, ghiaia e sabbia. A valle di Mezzano Scotti l'alveo del Trebbia si allarga ed il fiume assume una morfologia "anastomizzata", caratterizzata da grandi diramazioni del fiume e da una grande variabilità della velocità della corrente.

Dalle informazioni messe a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume Po si rilevano le seguenti peculiarità. Nel tratto di interesse, il tratto Bobbio-Perino, la pendenza del fondo è quasi uniforme lungo tutto il tratto, con un valore medio di 0.475%, come evidenziato nella seguente figura, riportante il profilo longitudinale del livello medio del fondo del Trebbia tra Bobbio e Perino.

profilo longitudinale del fondo

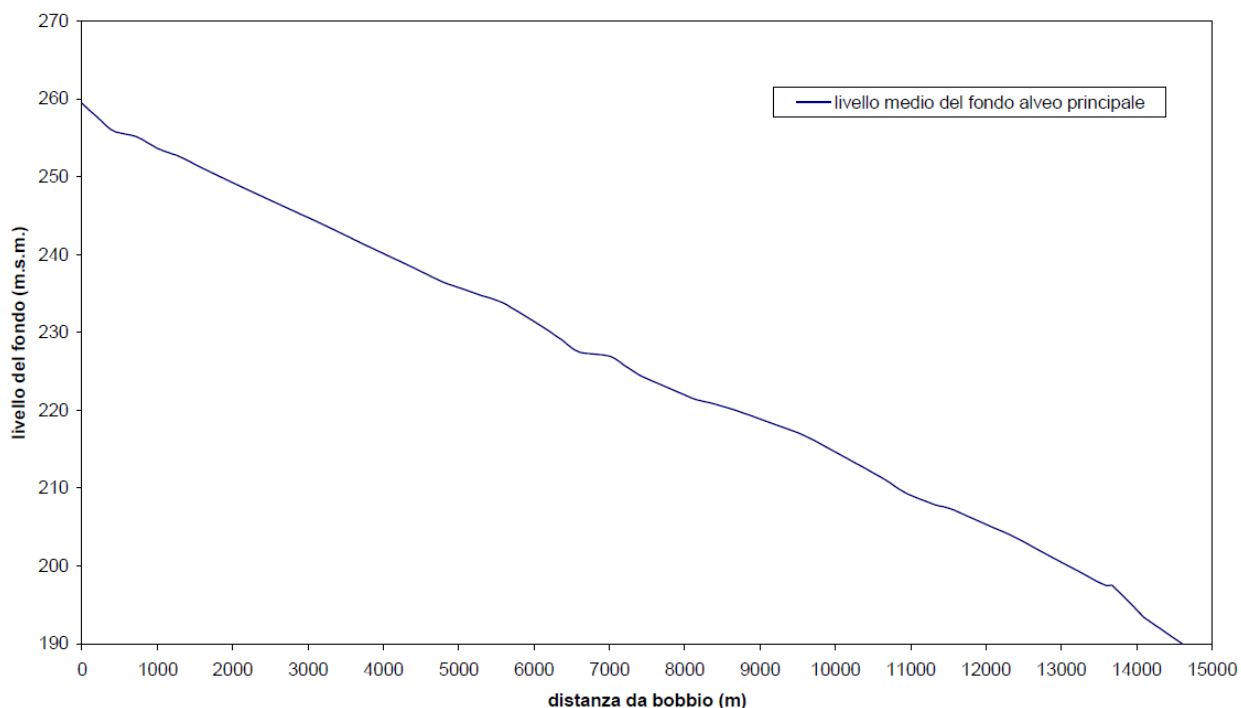


Figura 2-5. Quote medie del fondo anno 2004, tratto Bobbio-Perino dalla sez. 74 di Bobbio S. Martino

La larghezza del fiume varia con la portata, per questo si è scelto di utilizzare il modello idrodinamico per poter paragonare tra loro le sezioni in base alla loro larghezza quando si trovano in condizioni di uguale portata. L'andamento longitudinale della larghezza del fiume quando la portata liquida è pari a 1000 m³/s è rappresentato in Figura 4.3. Nel tratto Bobbio-Perino si presentano due zone del fiume in cui l'alveo si presenta

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

allargato, a 3 km e a 10 km circa a valle della sezione 74 (Bobbio S. Martino).

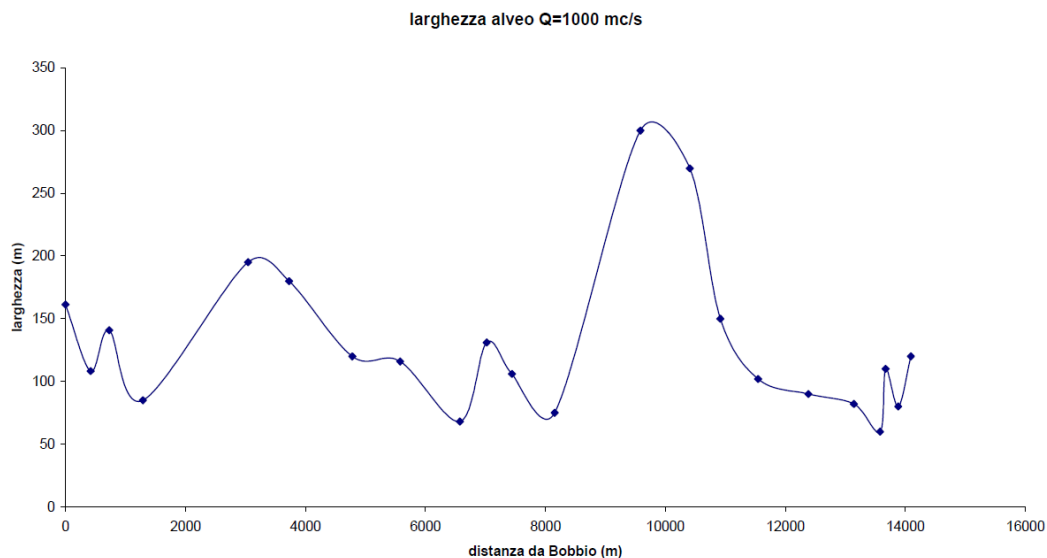


Figura 2-6. Larghezza Trebbia tra Bobbio e Perino per una portata pari a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ dalla sez. 74 di Bobbio S. Martino

Per determinare la composizione del materiale sul fondo sono stati raccolti diversi campioni di sedimento, per ciascun luogo i campioni sono stati prelevati nel punto più profondo, nell'alveo principale, su barre o isole, dalle sponde. La maggior parte dei campioni proviene da zone asciutte dell'alveo, mentre una parte di essi proviene da zone sommerse dall'acqua. Alcuni campioni provengono dal substrato.

Tabella 2: Coordinate longitudinali dei campionamenti di sedimento tra Bobbio e Perino.

nome campione	numero sezione	distanza dalla sezione 74, Bobbio S. Martino (km)
Bobbio Campeggio	76	-0.70
S. Ambrogio Casone	66	3.73
Piancasale	64	4.78
Mezzano Scotti	54	9.58
Cassolo	50	11.78
prossimità di Perino	44	14.38

Tra i campioni prelevati, sono stati considerati più rappresentativi per il trasporto solido in condizioni di piena quelli provenienti dall'alveo principale, pertanto la seguente figura mostra la variazione di composizione del sedimento in direzione longitudinale per il tratto di interesse, in cui vengono illustrate le caratteristiche medie del sedimento superficiale dell'alveo principale.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Granulometria dei depositi dell'alveo

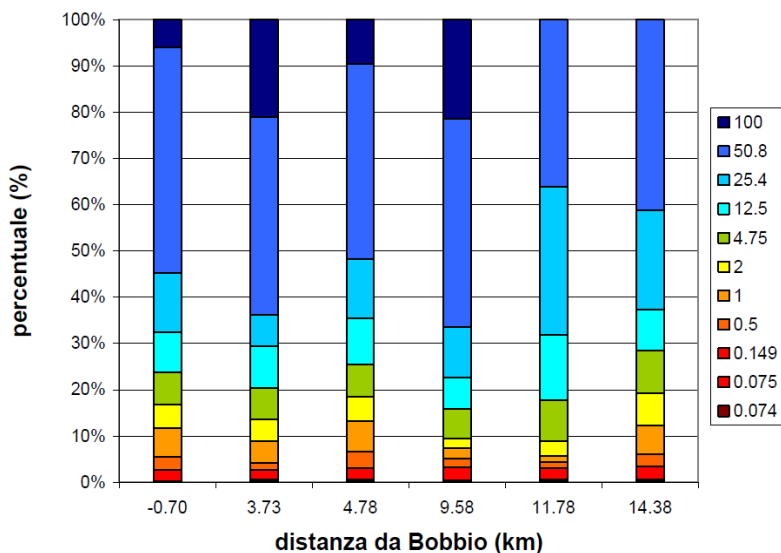


Figura 2-7. Andamento longitudinale della percentuale delle frazioni granulometriche del sedimento dell'alveo principale del fiume Trebbia tra Bobbio e Perino. Nella legenda è dato il diametro dei grani in mm. La distanza è misurata dalla sezione 74, Bobbio S. Martino.

Si evince che il sedimento, costituito da un misto di sabbia, ghiaia e ciottoli, mostra uno spettro granulometrico estremamente ampio, con diametro dei grani compreso tra i 60 μm e i 34 cm (il diametro massimo è stato misurato alla sezione 64, Piancasale). Il sedimento più fine di 60 μm è presente quasi ovunque in percentuali inferiori all'1%, solo sulle sponde si sono trovate percentuali di sedimento fine appena più alte.

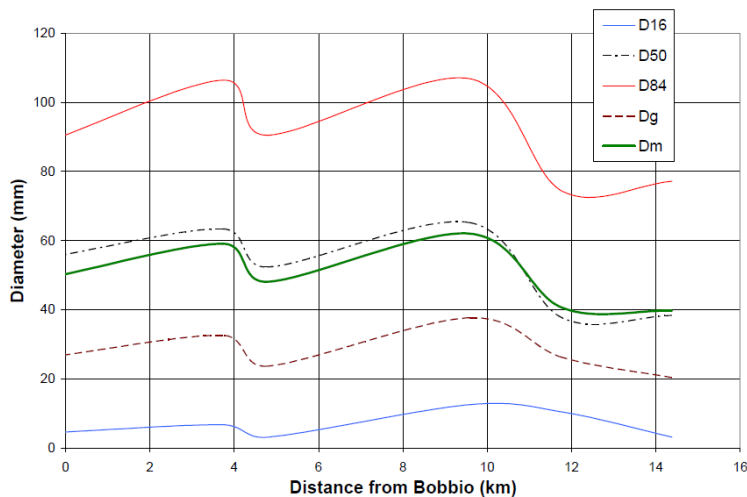


Figura 2-8. Distribuzione granulometrica media del Trebbia nel tratto Bobbio-Perino. La distanza è misurata dalla sezione 74, Bobbio S. Martino

RELAZIONE IDRAULICA

3. Stato di fatto

L'intervento riguarda la briglia fluviale a monte dell'abitato di Perino (PC), situata a cavallo tra i comuni di Travo (PC) e Coli (PC).

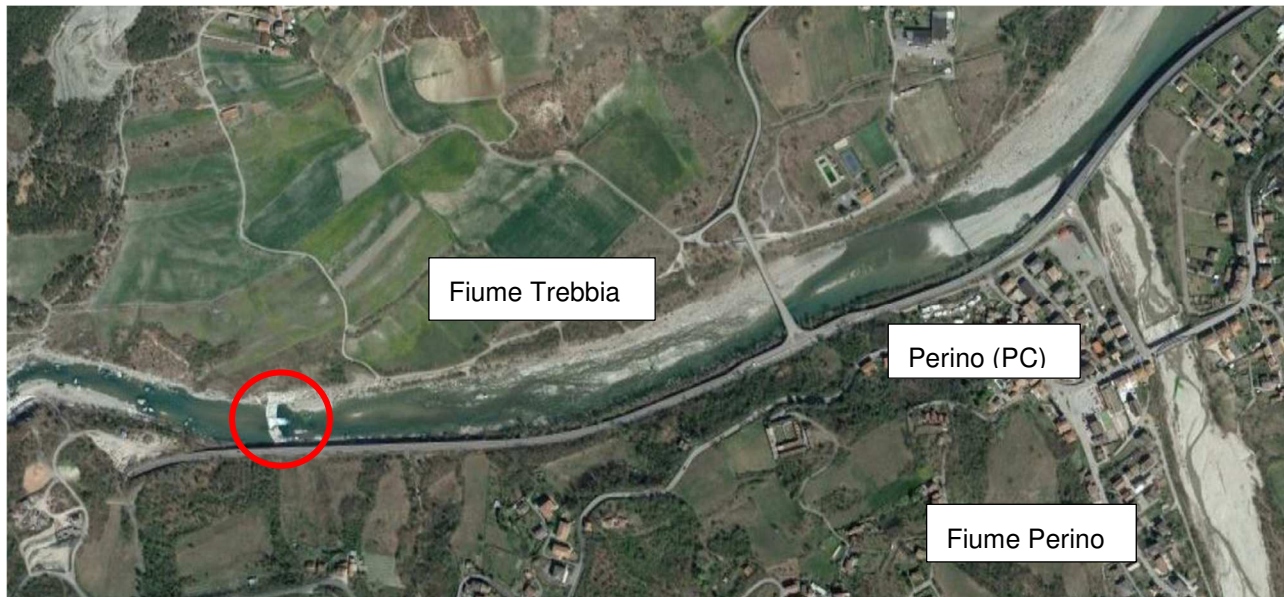


Figura 3-1. Individuazione della briglia fluviale sul fiume Trebbia.

La briglia, realizzata in c.a., ha lo scopo di protezione idraulica e di riduzione della pendenza dell'alveo, quindi di ridurre la capacità erosiva della corrente.

La briglia risulta di forma convessa ed è caratterizzata da una larghezza di circa 80 m. La gaveta della briglia, della larghezza di circa 17 m è ribassata di circa 50 cm rispetto alla quota di sfioro massima laterale. La briglia è completata dalle seguenti parti:

- Pennello in massi intasato con calcestruzzo circa 10 m a monte della briglia, in sinistra idraulica, per ridurre l'erosione della sponda.
- Ala in pietrame che parte dal pennello e termina circa 10 m a valle della briglia, a protezione della sponda sinistra.
- Platea anti-erosiva a valle della briglia, realizzata in massi ciclopici. La platea risulta gravemente compromessa e non più in grado di assolvere al proprio scopo.
- Pali di rinforzo della platea con testa rivestita in metallo con funzione di dissipazione dell'energia cinetica della corrente fluviale.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO



Figura 3-4. Vista della briglia da valle della stessa con individuazione di scogliera di protezione in sinistra idraulica e pile di dissipazione.

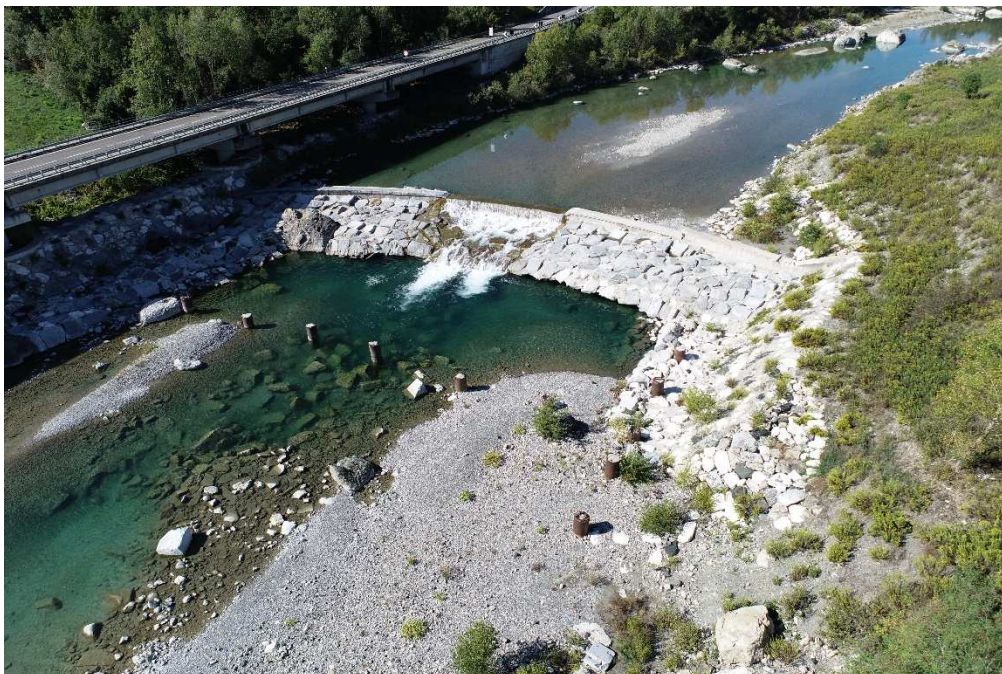


Figura 3-5. Vista della briglia da drone

RELAZIONE IDRAULICA

4. Inquadramento del progetto nei piani di bacino

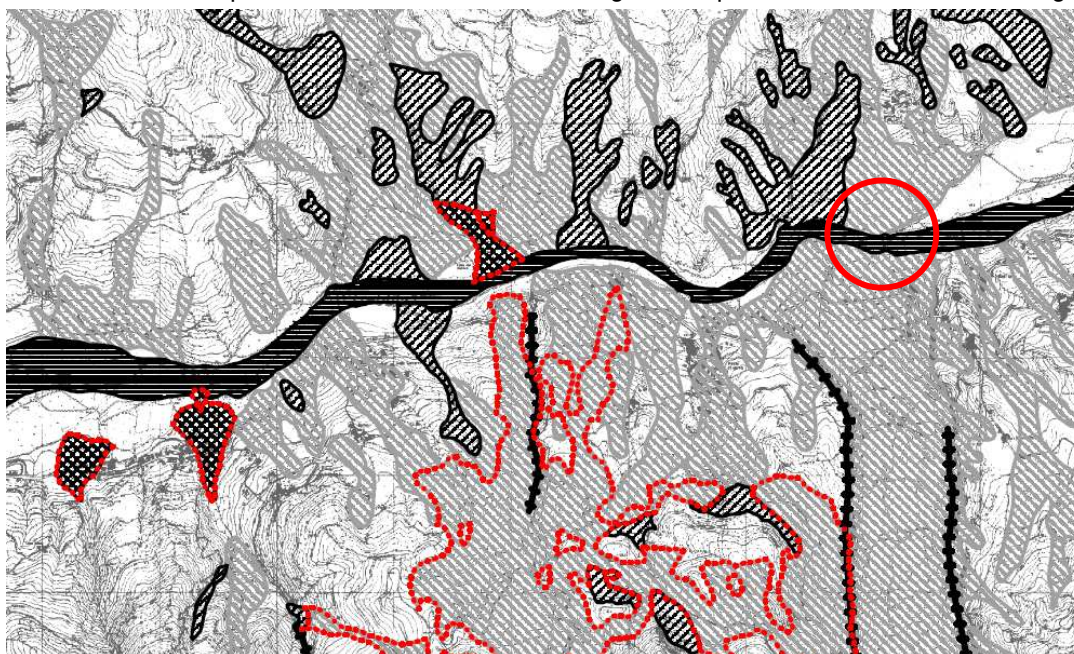
Nei paragrafi seguenti si riportano le caratteristiche idrauliche dell'area in esame, in particolare rispetto al PAI Delta e al PGRA.

4.1. Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po – Delta

Il PAI estende la pianificazione di bacino del PAI del fiume Po nell'ambito territoriale del bacino del Trebbia.

L'area in esame si trova su confine tra i Comuni di Travo e Coli, provincia di Piacenza, a monte rispetto al Comune di Rivergaro; pertanto, non è coperta dallo studio di delimitazione delle fasce fluviali secondo quanto definito dal PAI dell'Autorità Distrettuale del Bacino del Po.

Tuttavia, l'Atlante dei Rischi Idraulici e Idrogeologici allegato al PAI – Allegato 4 Delimitazione delle aree di dissesto scala 25'000 ricomprende l'area di intervento, di seguito si riporta uno stralcio della cartografia.



CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

LEGENDA

Delimitazione delle aree in dissesto

FRANE			
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di frana attiva (Fa)			
Area di frana quiescente (Fq)			
Area di frana stabilizzata (Fs)			
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)	●	●	●
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)	●	●	
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)	□	□	
ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO			
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area a pericolosità molto elevata (Ee)			
Area a pericolosità elevata (Eb)			
Area a pericolosità media o moderata (Em)			
Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee)			
Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)			
Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)			
TRASPORTO DI MASSA SUI CONOIDI			
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di conoide attivo non protetta (Ca)			
Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)			
Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)			
VALANGHE			
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area a pericolosità molto elevata o elevata (Va)			
Area a pericolosità media o moderata (Vm)			
Area a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata (Va)			
Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Vm)			
		Aree declassificate 	
	Areae perimetrate per applicazione salvaguardia (Art. 9 Norme PAI)	All. 4.2: Perimetrazione delle aree in dissesto 1:10.000 - 1:5.000 	All. 4.1: Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato 1:10.000 - 1:5.000
		Tavole applicazione salvaguardia (Art. 9 Norme PAI) 	Tavola PS267 Tavola integrazioni 2001
Area interessata dalla delimitazione delle fasce fluviali Limite tra la fascia B e la Fascia C Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C Limite di bacino idrografico del fiume Po			

Figura 4-1. Estratto 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici, Allegato 4 Delimitazione delle aree di dissesto scala 25000 – Foglio 179 Sez. III - Pecorara.

Analizzando la cartografia è evidente che l'area in esame si trova in area a pericolosità molto elevata (Ee) ed è circondata da aree di frana quiescente (Fq) e da un'area di frana attiva (Fa).

Di seguito si riporta un estratto delle Norme Tecniche allegate al PAI – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po, in quanto elemento che disciplina:

a) con le norme contenute nel Titolo I, le azioni riguardanti la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del Po, nei limiti territoriali di seguito specificati, con contenuti interrelati con quelli del primo e secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali di cui al successivo punto b);

b) con le norme contenute nel Titolo II – considerato che con D.P.C.M. 24 luglio 1998 è stato approvato il primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali che ha delimitato e normato le fasce relative ai corsi d'acqua del

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

sottobacino del Po chiuso alla confluenza del fiume Tanaro, dall'asta del Po, sino al Delta, e degli affluenti emiliani e lombardi limitatamente ai tratti arginati – l'estensione della delimitazione e della normazione ora detta ai corsi d'acqua della restante parte del bacino, assumendo in tal modo i caratteri e i contenuti di secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali;

c) con le norme contenute nel Titolo III, in attuazione dell'art. 8, comma 3, della L. 2 maggio 1990 n. 102, il bilancio idrico per il Sottobacino Adda Sopralacuale e le azioni riguardanti nuove concessioni di utilizzazione per grandi derivazioni d'acqua;

d) con le norme contenute nel Titolo IV, le azioni riguardanti le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Art. 14. Interventi di manutenzione idraulica e idrogeologica

1. Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del territorio e delle opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale e paesaggistica del territorio; in particolare di mantenere:

- in buono stato idraulico e ambientale il reticolo idrografico, eliminando gli ostacoli al deflusso delle piene in alveo e in golena;

- in buone condizioni idrogeologiche e ambientali i versanti;

- in piena funzionalità le opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e idrogeologica.

e inoltre di garantire:

- la funzionalità degli ecosistemi;

- la tutela della continuità ecologica;

- la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone.

2. Gli interventi di manutenzione del territorio fluviale e delle opere devono tutelare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardare e ricostituire la varietà e la molteplicità delle biocenosi riparie autoctone e la qualità ambientale e paesaggistica del territorio, tenendo conto anche delle risultanze della Carta della natura di cui all'art. 3, comma 3, della L. 16 dicembre 1991, n. 394: "Legge quadro sulle aree protette". Gli interventi devono essere effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni biologiche del corso d'acqua e degli ecosistemi ripariali, fatto salvo il rispetto delle esigenze di officiosità idraulica.

3. Gli interventi di manutenzione idraulica che comportano l'asportazione di materiale litoide dagli alvei devono essere conformi alla "Direttiva in materia di attività estrattive nelle aree fluviali del bacino del fiume Po" approvata con D.P.C.M. 24 luglio 1998 e allegata alle presenti Norme.

4. Gli interventi di manutenzione dei versanti e delle opere di consolidamento o protezione dai fenomeni di dissesto devono tendere al mantenimento di condizioni di stabilità, alla protezione del suolo da fenomeni di erosione accelerata e instabilità, al trattenimento idrico ai fini della riduzione del deflusso superficiale e dell'aumento dei tempi di corrivazione. In particolare privilegiano il ripristino di boschi, la ricostituzione di boschi degradati e di zone umide, i reimpianti, il cespugliamento, la semina di prati e altre opere a verde. Sono inoltre effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni e le caratteristiche naturali degli ecosistemi e quelle paesisticoambientali proprie dell'ambito di intervento.

5. Le Amministrazioni competenti costituiscono e aggiornano, secondo modalità coordinate con l'Autorità di

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

bacino, un catasto delle opere di difesa idraulica, di consolidamento dei versanti e delle opere per la navigazione e/o con funzioni miste ai fini della programmazione degli interventi di manutenzione. Il catasto e i relativi aggiornamenti periodici vengono trasmessi da parte delle Amministrazioni competenti all'Autorità di bacino.

6. L'Autorità di bacino aggiorna la "Direttiva per la progettazione degli interventi e la formulazione dei programmi di manutenzione" approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 15 aprile 1998, come Allegato 3 al "Programma di rilancio degli interventi di manutenzione".

7. Al fine di consentire interventi di manutenzione con mezzi meccanici nelle reti di scolo artificiali, le aree di rispetto lungo i canali consortili sono estese, rispetto all'art. 140, lett. e) del Regolamento di cui al Regio Decreto 8 maggio 1904, n. 368, fino a 5 metri.

Art. 16. Interventi di sistemazione e difesa del suolo

1. Il complesso delle opere di sistemazione e difesa del suolo necessarie al conseguimento degli obiettivi di Piano è definito sulla base delle indicazioni contenute nell'Elaborato n. 3 "Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico".

2. Gli interventi di cui al precedente comma 1 sono oggetto di una attività di verifica e monitoraggio di attuazione da svolgere a cura dell'Autorità di bacino, in collaborazione con le Amministrazioni competenti, con le seguenti finalità:

- la verifica dello stato di avanzamento dell'attuazione degli interventi finanziati;*
- l'individuazione di azioni correttive che dovessero risultare utili o necessarie, sulla base delle risultanze circa lo stato di avanzamento degli interventi;*
- la predisposizione degli aggiornamenti della programmazione;*
- la rilevazione dello stato di attuazione della programmazione dal punto di vista dei finanziamenti impegnati;*
- l'analisi critica e la valutazione dei risultati raggiunti per ciascun intervento e nel complesso;*
- la verifica dell'efficacia e dello stato di conservazione degli interventi.*

Art. 34. Interventi di manutenzione idraulica

1. Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e di modificazione delle opere idrauliche allo scopo di mantenere la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e a garantire la funzionalità ecologica degli ecosistemi, la tutela della continuità ecologica, la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone; di migliorare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardando la vegetazione di ripa, con particolare riguardo alla varietà, alla tutela degli habitat caratteristici; di eliminare gli ostacoli al deflusso della piena in alveo e in goleni.

2. Nell'ambito delle finalità di cui al precedente comma, l'Autorità di bacino del fiume Po, anche su proposta delle Amministrazioni competenti, delibera Programmi triennali di intervento ai sensi degli artt. 21 e seguenti della L. 18 maggio 1989, n. 183.

3. Gli interventi di manutenzione idraulica possono prevedere l'asportazione di materiale litoide dagli alvei, in accordo con quanto disposto all'art. 97, lettera m) del R.D. 25 luglio 1904, n. 523, se finalizzata esclusivamente

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture, nonché alla tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni interessati e alla tutela e al recupero ambientale.

4. L'Autorità di bacino aggiorna le direttive tecniche concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni di progettazione degli interventi di manutenzione e di formulazione dei programmi triennali. Nell'ambito della direttiva sono definite in particolare le specifiche di progettazione degli interventi di manutenzione che comportino asportazione di materiali inerti dall'alveo e i criteri di inserimento degli stessi nei programmi triennali.

Art. 35. Interventi di regimazione e di difesa idraulica

1. Il complesso delle opere di regimazione e di difesa idraulica per i corsi d'acqua oggetto del presente Piano è definito nell'ambito delle Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti di cui al precedente Titolo I.

2. Nel caso in cui gli interventi di sistemazione dell'alveo prevedano, unitamente o meno alla realizzazione di opere, l'asportazione di materiali inerti dall'alveo inciso o di piena, il progetto deve contenere anche la quantificazione dei volumi di materiale da estrarre, che dovranno comunque essere commisurate alle effettive condizioni di rischio. Qualora gli interventi non siano a carattere locale ma estesi a un tratto di dimensioni significative e comportino l'asportazione di quantità rilevanti di materiali inerti, il progetto di intervento deve valutare le condizioni di assetto morfologico, idraulico, naturalistico e paesaggistico dell'intero tronco interessato, con particolare

riferimento al bilancio del trasporto solido interessante il tronco stesso.

Di seguito si fa invece riferimento all'allegato 6 Cartografia di Piano Tav.6 III – Rischio idraulico e idrogeologico, di cui si riporta un estratto.

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

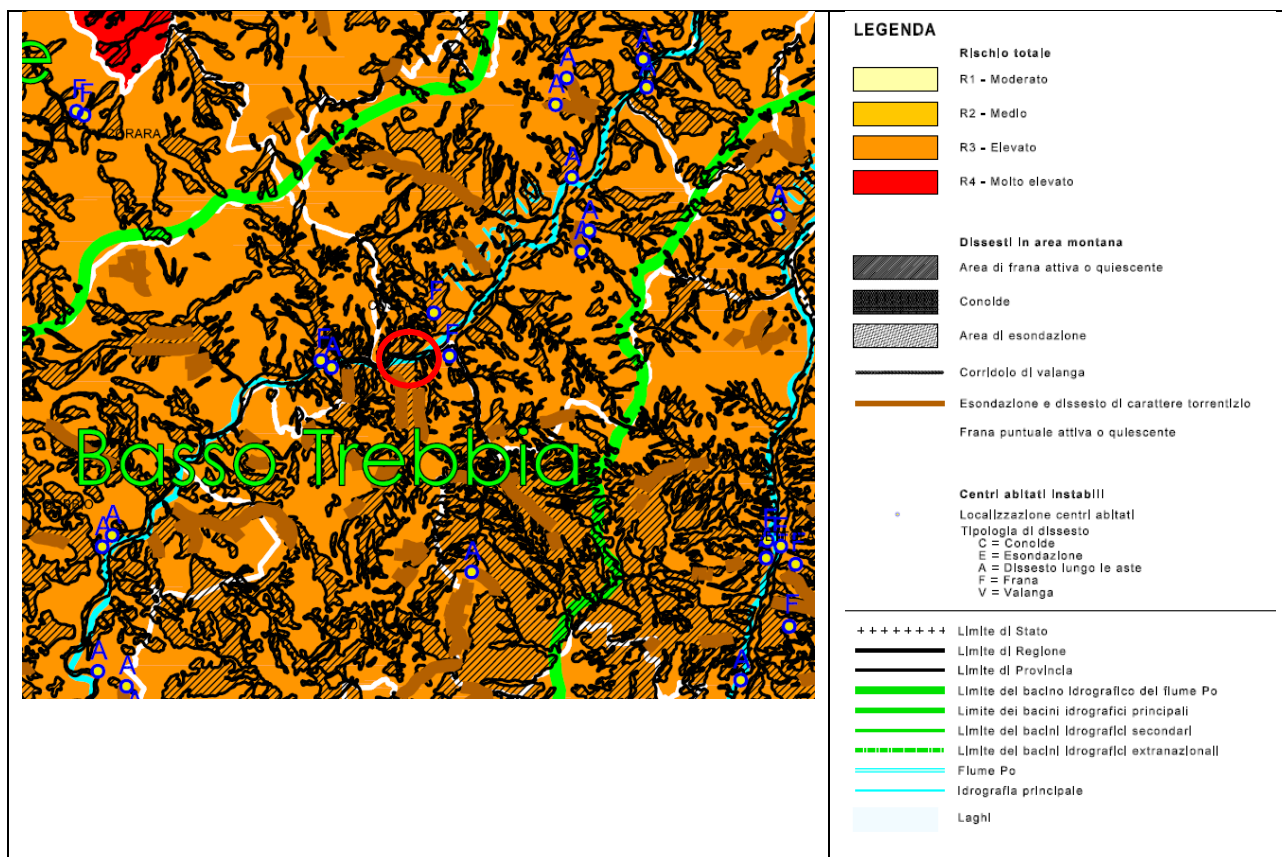


Figura 4-2. Estratto 6. Cartografia di piano, Tav.6 III 6 Rischio idraulico e idrogeologico

Dall'immagine sopra riportata è evidente che l'area di interesse ricade tra le zone catalogate con Rischio totale R3 – Elevato.

Infatti, nell'Elaborato "Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nel bacino del Trebbia" si evidenzia che: "circa il 57% dei Comuni di questo bacino risultano a rischio da elevato a molto elevato. Ciò trova conferma dalle diffuse e marcate interferenze fra il quadro di alta pericolosità e medio-alta vulnerabilità che genera valori di danno e quindi di rischio totale significativi. Ciò è particolarmente evidente nel sottobacino del Basso Trebbia, dove la percentuale dei comuni a rischio elevato e molto elevato supera l'80%."

In base a quanto riportato nel Cap.4 della relazione generale del PAI, il rischio che è riferito ad unità elementari definite dai confini amministrativi comunali è determinato attraverso la valutazione della pericolosità connessa alle diverse tipologie di dissesto, della vulnerabilità propria delle componenti territoriali potenzialmente soggetti a danni in dipendenza del manifestarsi di fenomeni di dissesto e del valore delle componenti stesse.

L'area oggetto di intervento è caratterizzata da Rischio R3 – Elevato, definito come rischio "per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale".

L'elaborato 3. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico allegato al PAI, in particolare all'Elaborato 3.4

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO**

Capitolo 25 *“Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nel bacino del Trebbia”* specifica che la distribuzione dei fenomeni di dissesto presenta i seguenti caratteri:

- tutto il bacino montano del Trebbia ha un'elevata franosità, che diventa molto importante nei territori di alcuni comuni dell'alto bacino e tra la confluenza dell'Aveto e lo sbocco in pianura;
- l'erosione di sponda (circa il 50% dei casi) è il fenomeno di dissesto lungo i corsi d'acqua maggiormente presente, con particolare incidenza nell'alto Trebbia e nell'Aveto nella porzione inferiore;
- il basso Trebbia presenta un grado di dissesto molto elevato fino all'altezza di Pietra Parcellara; successivamente verso lo sbocco in pianura decresce; in quest'ultimo tratto si ha d'altro canto un'elevata incidenza dei fenomeni di esondazione;
- i dissesti relativi alle conoidi toccano solo marginalmente la porzione centrale del corso Trebbia.

Inoltre, si riporta che *“le principali condizioni di squilibrio, connesse ai fenomeni di dissesto che interessano il reticolo idrografico minore nella parte montana del bacino, sono da mettere in relazione a fenomeni di erosione di sponda e di fondo nonché al trasporto solido. Ciò è particolarmente evidente nell'alto Trebbia e nella porzione inferiore dell'Aveto. In taluni casi tali fenomeni innescano processi di instabilità di versante per erosione al piede, e locali fenomeni di sovralluvionamento che provocano condizioni di scarsa officiosità dell'alveo in corrispondenza delle infrastrutture di attraversamento.*

Nella porzione centrale del bacino, in particolare, vi sono condizioni di criticità provocate da fenomeni di trasporto di massa sulle conoidi. I corsi d'acqua che determinano condizioni critiche per abitati e infrastrutture, sono i torrenti Aveto, Rezzoaglio, Perino e Curiasca e i rii Rondinera, Ottone, Ventra, Bobbio, Ghiaia, Armelio, Dorba. [...]

Sono infine da considerare gli elevati apporti di materiale ai corsi d'acqua generati da dissesti di versante. I territori maggiormente interessati ricadono nei comuni di Fascia, Rovigno, S. Stefano d'Aveto, Corte Brugatella, Ferriere, Bobbio, Coli, Travo.”

Nello stesso elaborato si specificano anche le linee di intervento da effettuare sull'asta del Trebbia, nel caso in esame ci si riferisce agli interventi strutturali. L'assetto di progetto del corso d'acqua prevede i seguenti obiettivi:

- mantenimento della funzionalità in condizioni di piena delle aree inondabili adiacenti all'alveo inciso;
- mantenimento delle caratteristiche di divagazione dell'alveo, con controllo delle variazioni planimetriche e altimetriche limitate ai punti in cui è indispensabile, per la presenza di vincoli esterni (centri abitati, insediamenti, ecc.).

In conclusione, **gli interventi strutturali da realizzare sono limitati e costituiti da opere di difesa spondale di integrazione e completamento di quelle esistenti e di nuova realizzazione, che hanno carattere puntuale e sporadico e poiché l'intervento è realizzato con la finalità di difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico, si ritiene che il progetto sia conforme a quanto previsto dal PAI, che prevede tali tipologie di intervento anche all'interno di aree a rischio idrogeologico molto elevato.**

RELAZIONE IDRAULICA

4.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il piano attualmente vigente è quello del II ciclo (2021-2027), adottato con Delibera della Conferenza Istituzionale n. 5/2021_PGRAPo.

In attuazione di quanto previsto dalla Direttiva 2007/60/CE, la mappatura della pericolosità è stata predisposta secondo la seguente classificazione, in funzione della quale sono state perimetrate le aree inondabili:

- alluvioni frequenti (H), rappresentate da eventi di piena con tempo di ritorno di 30 ÷ 50 anni; a questa condizione corrisponde un'elevata pericolosità (H);
- alluvioni poco frequenti (M), rappresentate da eventi di piena con tempo di ritorno di 100 ÷ 200 anni; a questa condizione corrisponde una pericolosità moderata (M);
- alluvioni rare (L), rappresentate da eventi di piena con tempo di ritorno fino a 500 anni; a questa condizione corrisponde una pericolosità bassa (L).

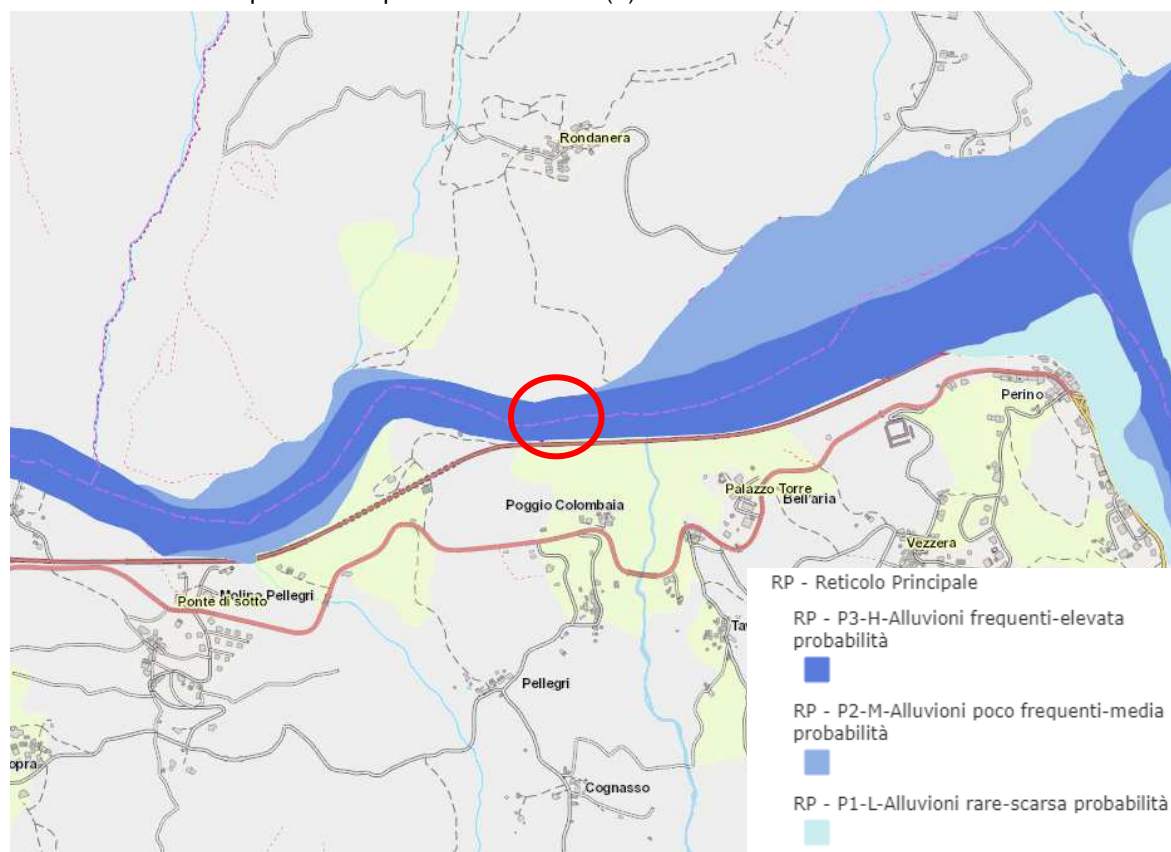


Figura 4-3. Estratto cartografico da VINGis – Categoria AMB 02 – Rischio idraulico PGRA

L'area risulta ricadere tra le aree classificate come **P3-H Alluvioni frequenti (Tr: 20-50 anni) – elevata probabilità**.

5. Analisi idraulica

L'analisi idraulica effettuata è finalizzata al dimensionamento della platea di dissipazione e della scala di risalita della fauna ittica a valle della briglia in esame e all'analisi delle dinamiche di deflusso delle piene nel tratto di fiume Trebbia a monte e a valle della briglia stessa. Ciò è stato realizzato tramite l'implementazione di un modello numerico bidimensionale derivante da rilievo LiDAR incrociato con informazioni geometriche e geomorfologiche derivanti dalle analisi dell'Autorità di Bacino sull'asta del Trebbia.

Il modello è geograficamente individuato nelle coordinate spaziali WGS 84 UTM 32N.

5.1. Parametri del modello

5.1.1. Idrogrammi

Per l'analisi idraulica del tratto in esame sono stati utilizzati gli idrogrammi derivanti dall'analisi del fiume Trebbia realizzata dall'Autorità di Bacino del fiume Po denominata *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei fiumi Trebbia nel tratto da Bobbio alla confluenza in Po – Estensione relativa al tratto di fiume Trebbia da Bobbio a Perino”*. All'interno di questo studio sono stati calcolati gli idrogrammi a scala di bacino con tempi di ritorno T_R da 2 a 500 anni. Nella presente relazione gli idrogrammi utilizzati sono stati quelli con T_R 20, 200 e 500 anni.

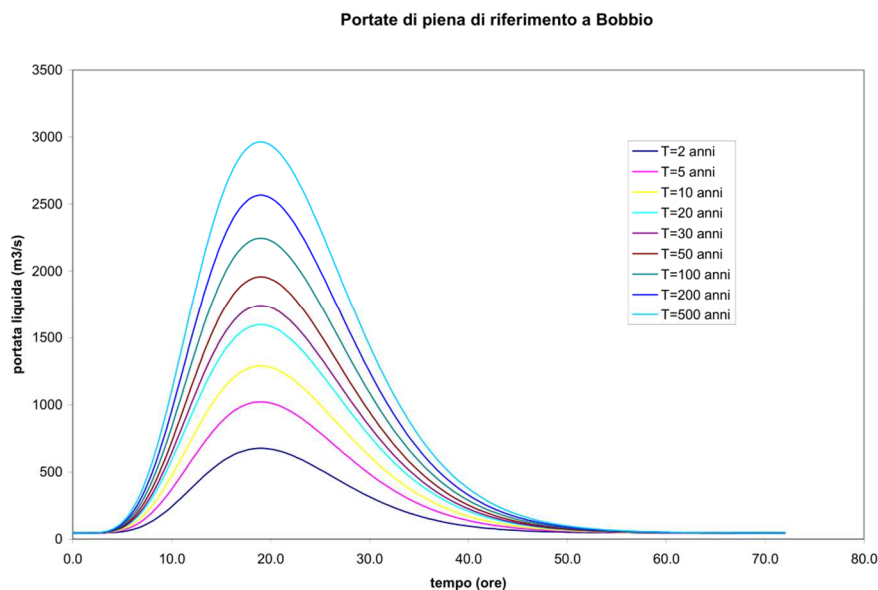


Figura 5-1. Idrogrammi con le portate di piena da Bobbio (PC)

Tali idrogrammi hanno come portate di picco le portate del Trebbia a Bobbio fornite dal PGRA nel documento *“Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale”*:

CUP: F18H22000530004
PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie	Q20	Q200	Q500	Idrometro
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Denominazione
Trebbia	Trebbia	66.856	73	Bobbio	683	1600	2570	2960	Trebbia a Bobbio
Trebbia	Trebbia	82.612	43	Perino (valle confl. Perino)	840	1670	2700	3120	
Trebbia	Trebbia	93.902	31	Rivergaro (Ponte di Statto)	912	1670	2700	3120	Trebbia a Rivergaro
Trebbia	Trebbia	115.631	5	Piacenza (Ponte SS9)	964	1670	2690	3110	

5.1.2. Taratura del modello

Per il presente modello idraulico non è stato possibile effettuare una taratura diretta, in quanto non esiste una piena di riferimento con i livelli idraulici per il tratto di interesse. Inoltre, il modello dell'Autorità di Bacino, realizzato nel 2001, è stato effettuato prima della realizzazione del ponte stradale a valle della briglia, il quale, essendo una causa di perturbazione del moto della corrente, può far variare anche sensibilmente i livelli idrici.

Di conseguenza, nella presente modellazione si è proceduto ad effettuare una taratura indiretta, ovvero sono stati utilizzati i coefficienti di scabrezza di Manning del modello redatto dall'Autorità di Bacino, pari a 0.03 m^{1/3}/s per l'alveo e 0.04 m^{1/3}/s per le sponde, e si è verificata la congruenza dei livelli idrici ottenuti nelle prossimità della briglia oggetto di analisi con quelli ottenuti dallo studio dell'AdBPo.

5.1.3. Condizioni al contorno

La risoluzione delle equazioni idrauliche necessita dell'imposizione di condizioni al contorno a monte e a valle del tratto oggetto di studio.

Per le condizioni di stato di fatto e di progetto sono state utilizzate le seguenti condizioni al contorno:

Tabella 3: Condizioni al contorno del modello idraulico.

Condizione al contorno		Stato di fatto	Stato di progetto
Monte	<i>Idrogramma</i>	Idrogramma con T _R 20, 200, 500 anni	Idrogramma con T _R 20, 200, 500 anni
Valle	<i>Normal Depth</i>	0.3%	0.3%

La "Normal Depth" corrisponde alla profondità idrica alla quale il profilo idrico, quindi la sua pendenza, risulta in moto uniforme in un canale aperto. Nel modello idraulico il valore corrispondente alla *Normal Depth* viene posto pari al valore assoluto di pendenza media del fondo alveo del tratto di valle.

5.2. Modellazione idraulica

L'analisi idraulica è stata svolta implementando un modello numerico bidimensionale nel software di calcolo HEC-RAS 6.2 sviluppato dallo Hydrologic Engineering Center della U.S. Army. Tale software permette di calcolare l'andamento dei profili della corrente, sia in moto stazionario che in moto vario, di alvei naturali o artificiali e di valutare gli effetti di singolarità idrauliche, quali ponti e briglie, sulla corrente.

Il tratto oggetto di modellazione è ricompreso tra le sezioni PAI n.47 (briglia esistente a monte della briglia oggetto del presente progetto) e n.44 (Ponte stradale). Il tratto analizzato ha una lunghezza complessiva di circa 1900 m.

Il modello idraulico è stato sviluppato partendo da una condizione di stato di fatto, a cui è seguita l'analisi dello stato di progetto e la verifica delle condizioni progettuali, quali il calcolo della lunghezza del risalto e l'energia dissipata dallo stesso. Tali verifiche si rendono necessarie per il corretto dimensionamento della platea di dissipazione a valle della briglia stessa.

5.2.1. Modellazione Idraulica: Stato di fatto

Lo sviluppo del modello idraulico bidimensionale in stato di fatto del tratto oggetto di analisi è consistito nei seguenti passaggi:

1. Creazione di un Digital Terrain Model (DTM) derivante da rilievo LiDAR
2. Rilievo 3D di dettaglio della briglia e implementazione dello stesso nella superficie del DTM.

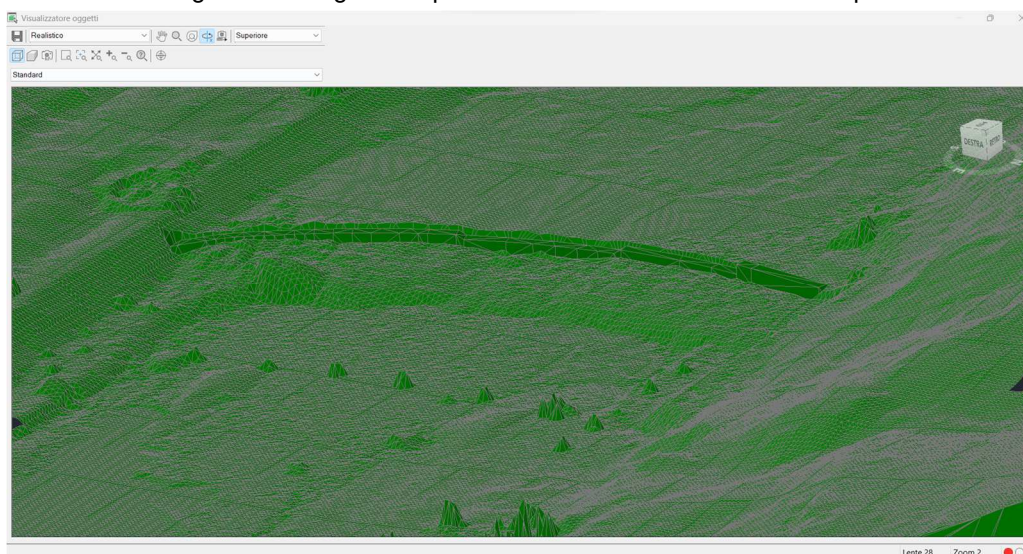


Figura 5-2. Superficie DTM ottenuta da triangolazione dei punti rilevati da LiDAR con implementazione della briglia in stato di fatto derivante da rilievo di dettaglio.

3. Abbassamento del fondo dell'alveo: il rilievo LiDAR nell'ambito della modellistica idraulica ha come limite quello di non poter "trapassare" l'acqua: infatti la superficie dell'acqua viene vista dallo strumento come superficie. In questo modo, i livelli del fondo dell'alveo risultano falsati rispetto allo stato reale. La restituzione di una corretta batimetria dell'alveo viene realizzata tramite HEC-RAS secondo i seguenti passaggi:

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

- i. Inserimento di una geometria 1D derivante da sezioni trasversali rilevate nell'ambito dell'analisi idraulica del fiume Trebbia realizzata dall'Autorità di Bacino del fiume Po;
- ii. Creazione di un DTM del solo alveo derivante dall'interpolazione spaziale delle diverse sezioni trasversali implementate nel software;
- iii. "Incroccio" delle informazioni geospaziali dei due DTM e correzione dell'informazione batimetrica.

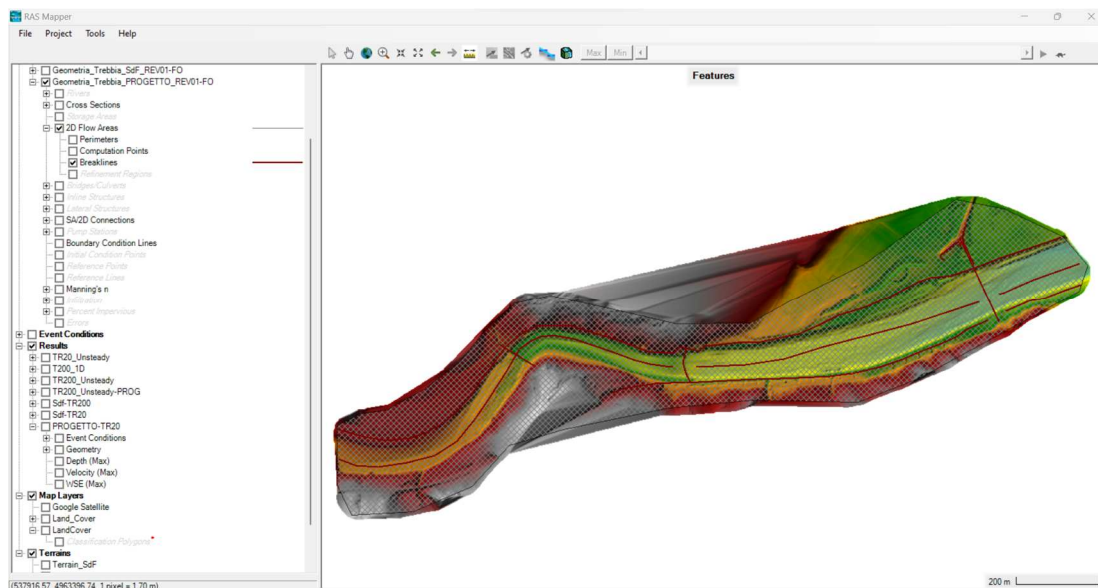


Figura 5-3. Modello bidimensionale in HEC-RAS Ras Mapper

4. Realizzazione di una griglia di calcolo 10x10m per il calcolo bidimensionale, perfezionata e infittita tramite "breaklines" laddove necessario e in particolare nei seguenti punti:
 - i. Singolarità idrauliche, quali ponti e briglie;

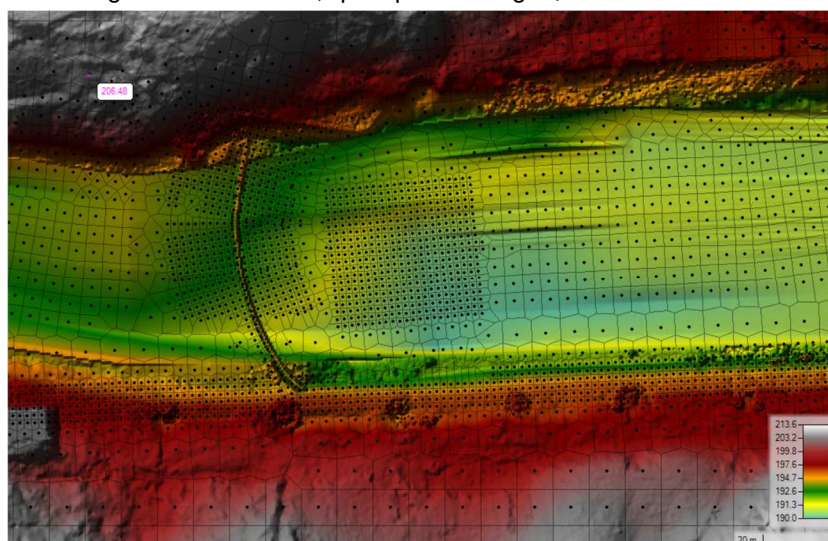


Figura 5-4. Infittimento della griglia di calcolo nell'alveo del fiume e nei pressi della briglia oggetto del presente studio tramite l'utilizzo di "breaklines"

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

- ii. Sponde fluviali in destra e sinistra idraulica;
- iii. Rilevati stradali potenzialmente oggetto di esondazione.

5. Inserimento delle singolarità idrauliche, in particolare del ponte stradale

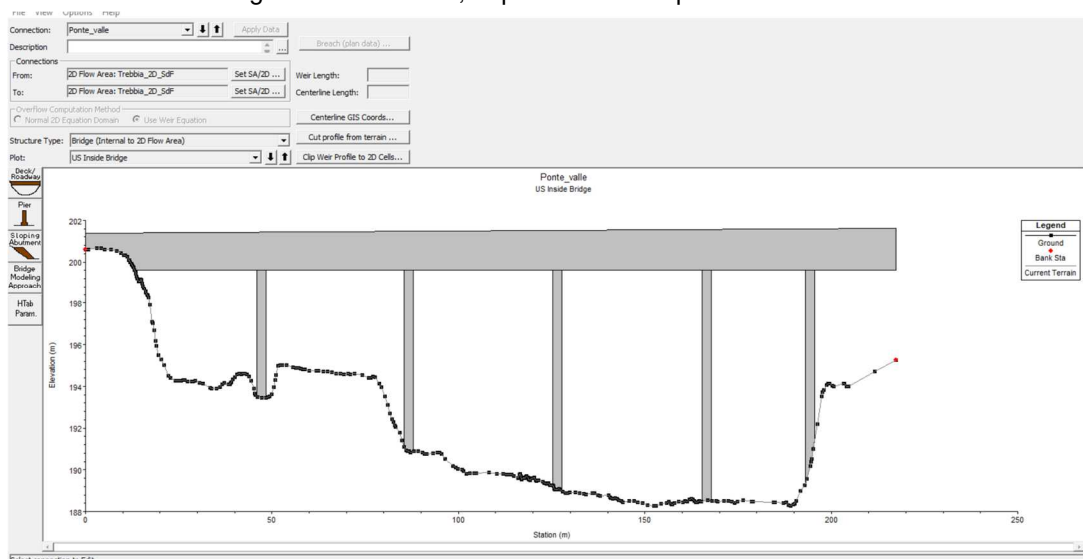


Figura 5-5. Inserimento del ponte stradale nel modello

5.2.1.1. Risultati modello: stato di fatto

Lo stato di fatto è stato analizzato per piene con T_R di 20, 200 e 500 anni. Di seguito si presentano le condizioni maggiormente gravose rilevate durante la piena di progetto, corrispondenti ai picchi di portata degli idrogrammi.

Scenario T_R 20 anni – stato di fatto

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

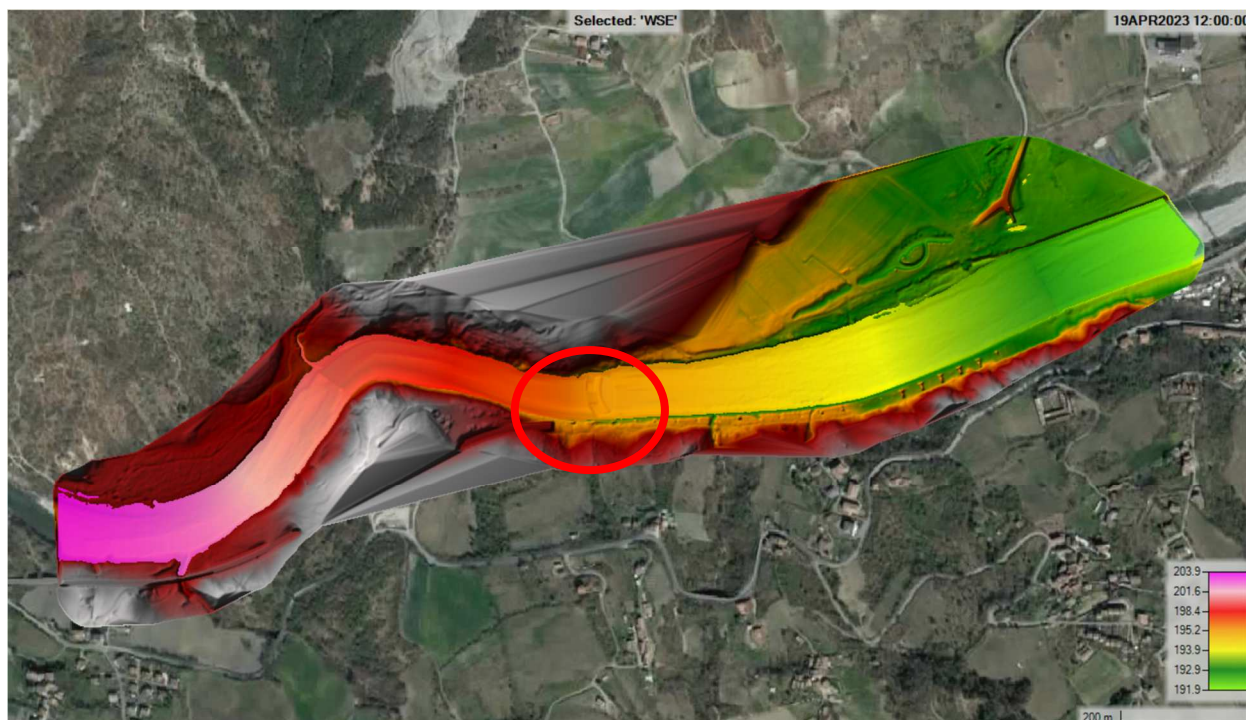


Figura 5-6. Risultato modello T_R 20 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.)

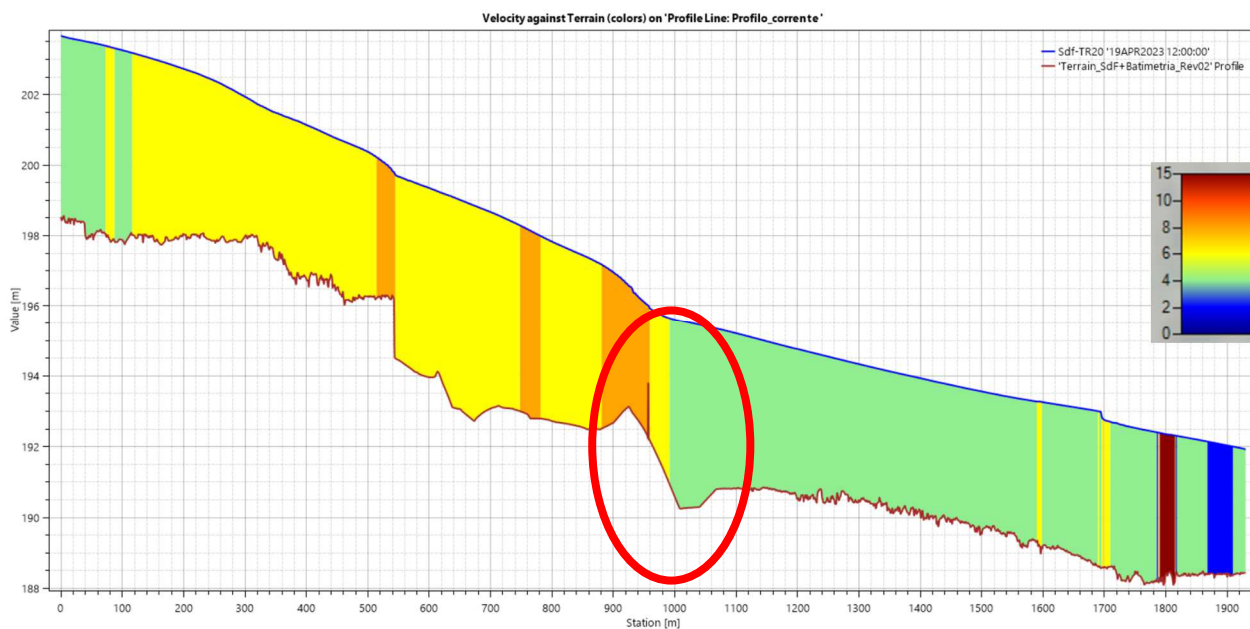


Figura 5-7. Risultato modello T_R 20 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

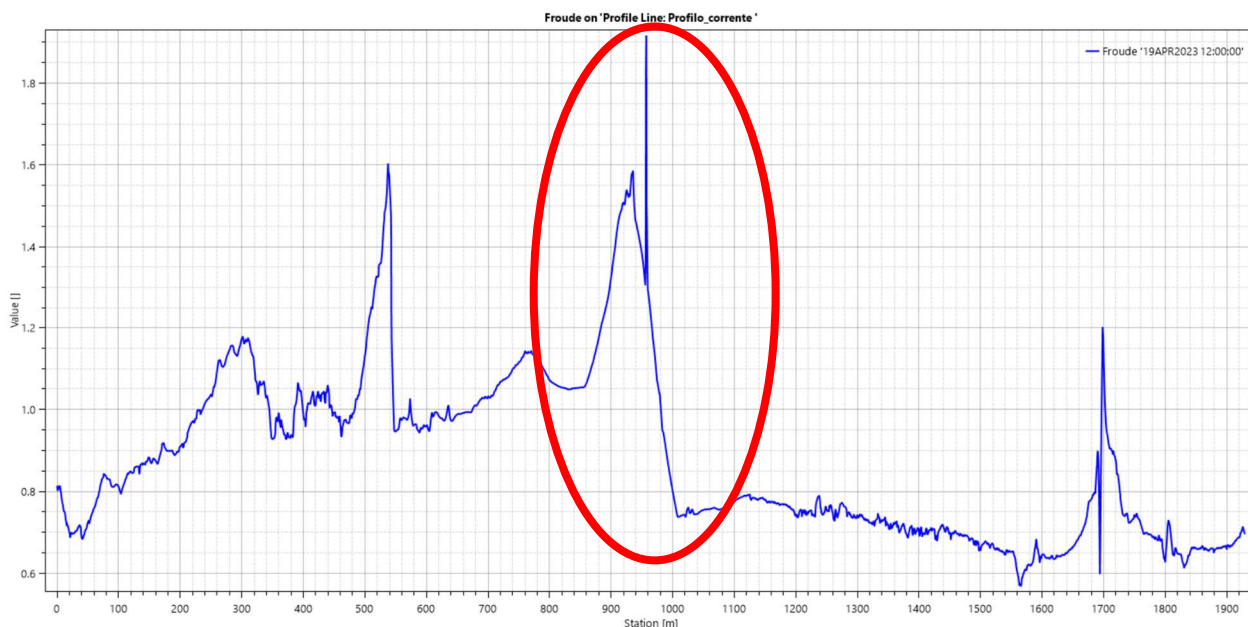


Figura 5-8. Risultato modello T_R 20 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

Scenario T_R 200 anni – stato di fatto

Lo scenario con tempo di ritorno duecentennale è quello che, secondo le NTA del PAI Po, deve essere utilizzato per il dimensionamento delle opere insistenti sull'alveo.

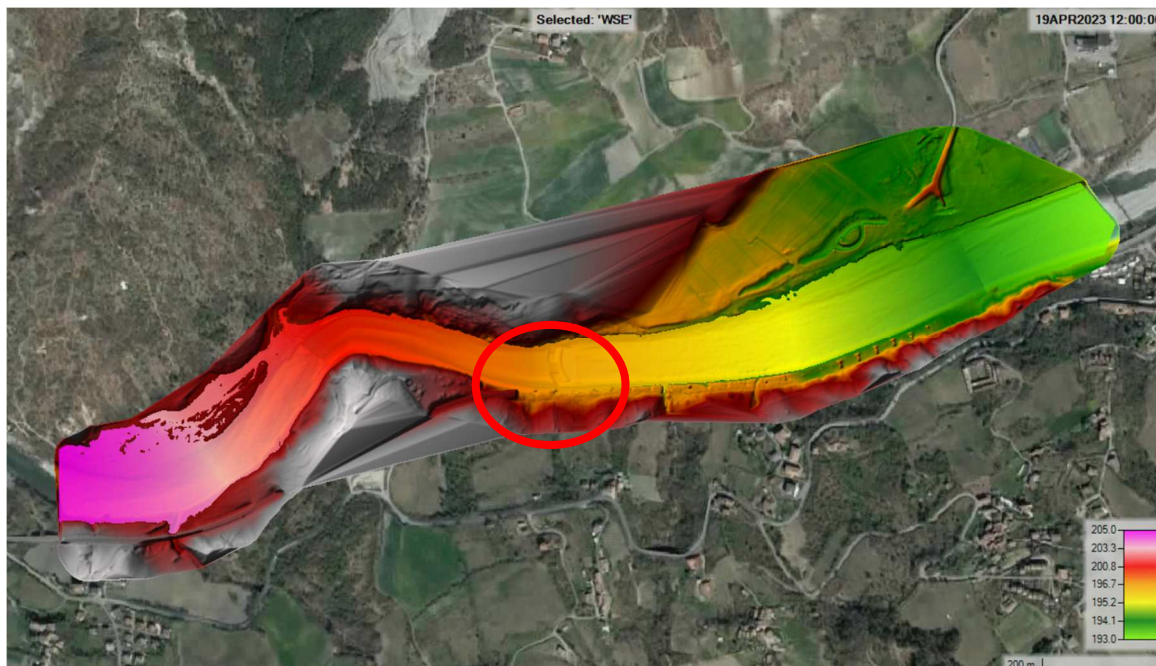


Figura 5-9. Risultato modello T_R 200 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.)

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

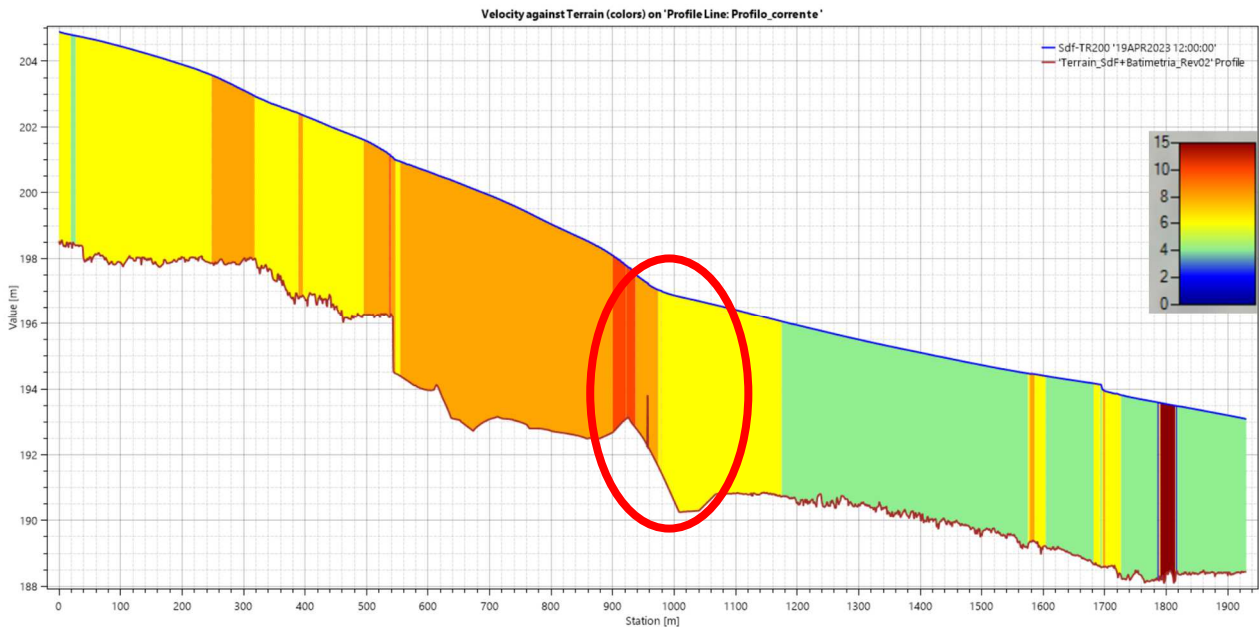


Figura 5-10. Risultato modello T_R 200 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

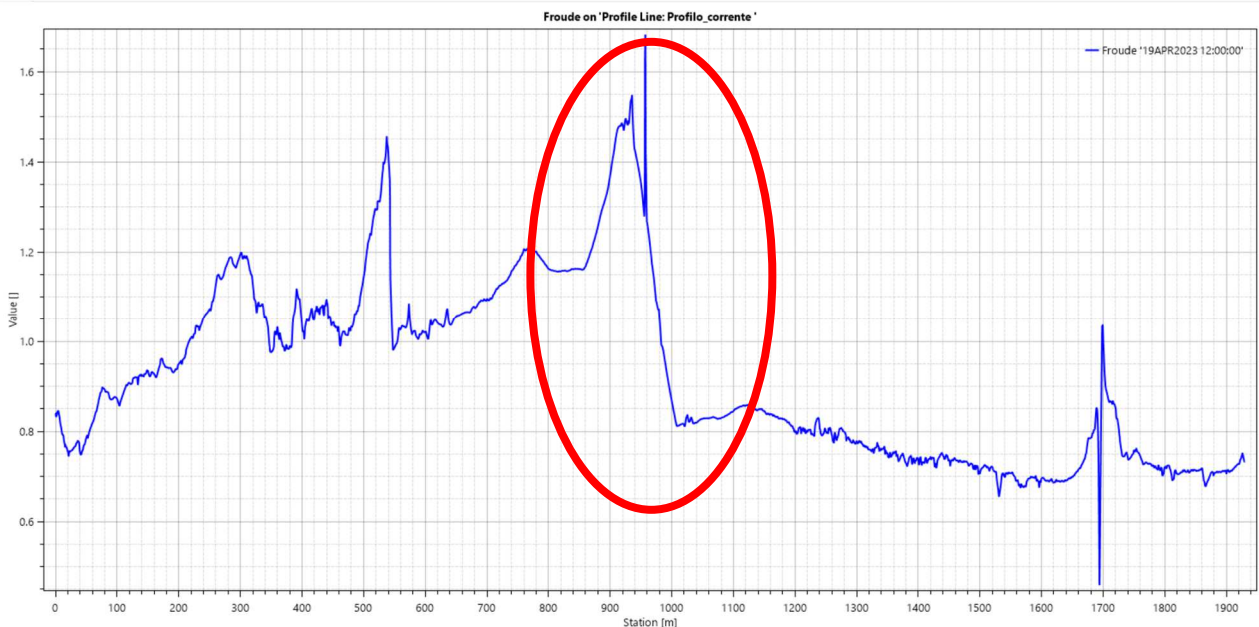


Figura 5-11. Risultato modello T_R 200 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Scenario T_R 500 anni – stato di fatto



Figura 5-12. Risultato modello T_R 500 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.).

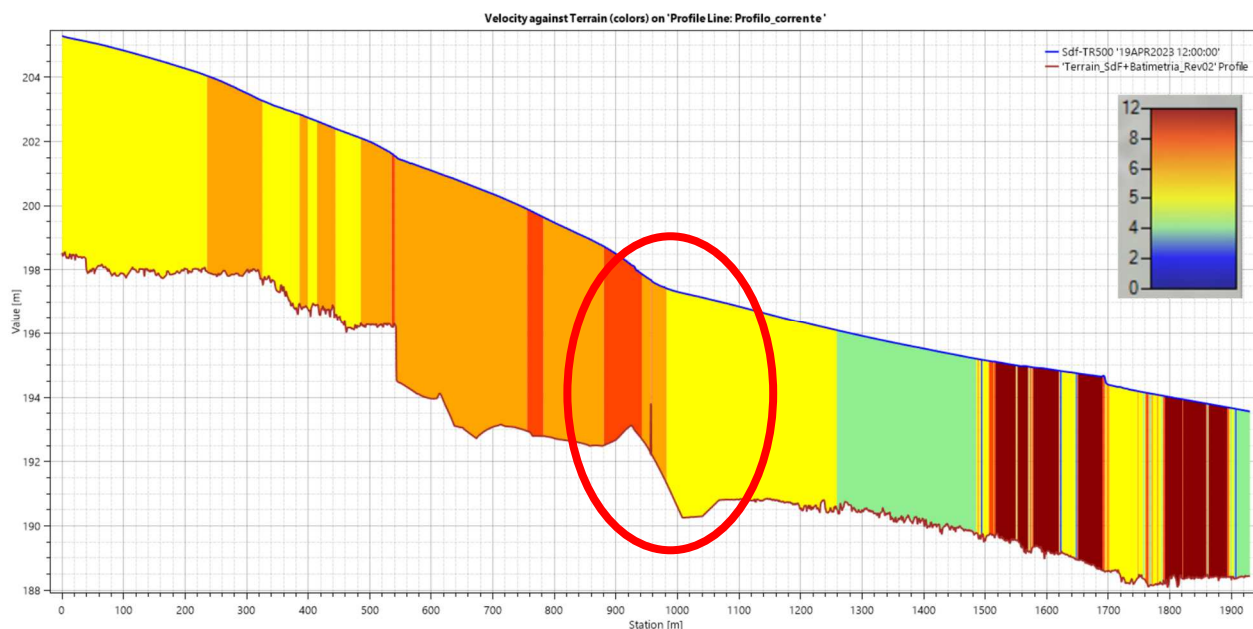


Figura 5-13. Risultato modello T_R 500 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

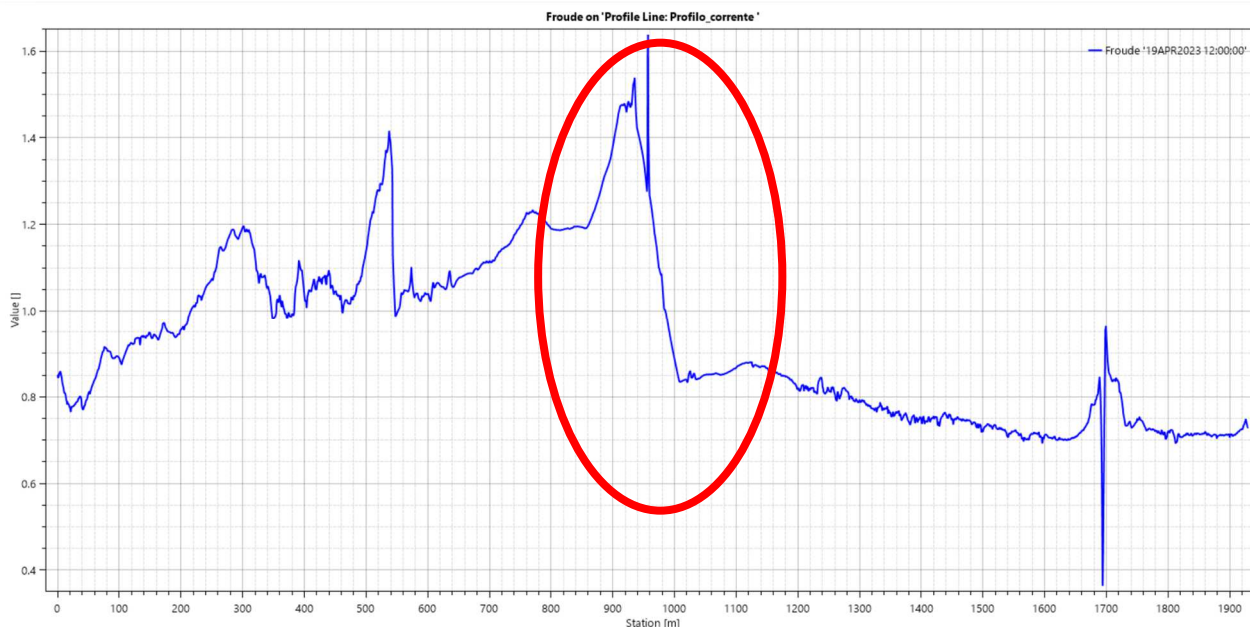


Figura 5-14. Risultato modello T_R 500 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

Si evidenzia inoltre come nel modello stato di fatto con la portata cinquecentennale, quindi quella con il maggior carico idrico, si è rilevato la presenza di tirante idrico in corrispondenza dei piloni del cavalcavia della viabilità statale SS45. In ogni caso il tirante risulta modesto, in particolare inferiore ai 50 cm e soprattutto caratterizzato da velocità prossime allo 0.

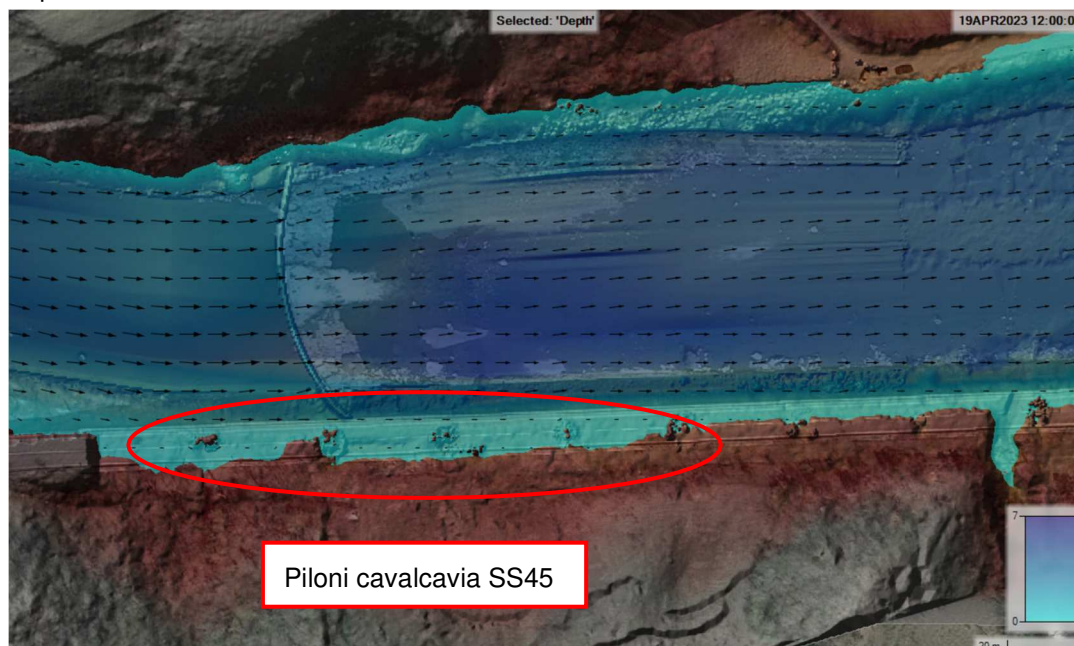


Figura 5-15. Presenza di tirante idrico (m) nelle prossimità dei piloni del cavalcavia della SS45. T_R 500 anni. Le frecce nere indicano le velocità della corrente nella griglia di calcolo. Risulta evidente come nei pressi dei piloni tali frecce siano quasi nulle.

RELAZIONE IDRAULICA

5.2.2. Modellazione Idraulica: Stato di progetto

Lo sviluppo del modello idraulico bidimensionale in stato di progetto del tratto oggetto di analisi è consistito nei seguenti passaggi:

1. Creazione di un Digital Terrain Model (DTM) derivante da rilievo LiDAR
2. Creazione di modello 3D di dettaglio della briglia nella configurazione di progetto e implementazione dello stesso nella superficie del DTM.

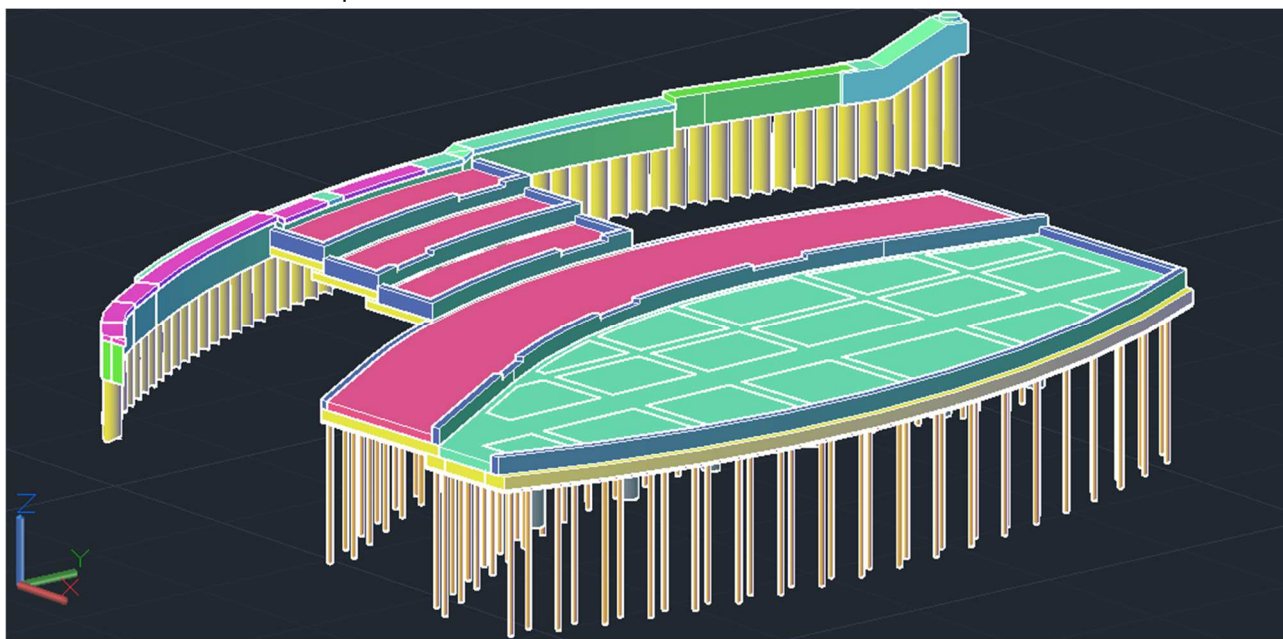


Figura 5-16. Modello 3D della briglia implementato nel DTM per l'elaborazione del modello idraulico in configurazione di progetto.

3. Abbassamento del fondo dell'alveo: il rilievo LiDAR nell'ambito della modellistica idraulica ha come limite quello di non poter "trapassare" l'acqua: infatti la superficie dell'acqua viene vista dallo strumento come superficie. In questo modo, i livelli del fondo dell'alveo risultano falsati rispetto allo stato reale. La restituzione di una corretta batimetria dell'alveo viene realizzata tramite HEC-RAS secondo i passaggi riportati nella configurazione dello stato di fatto.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

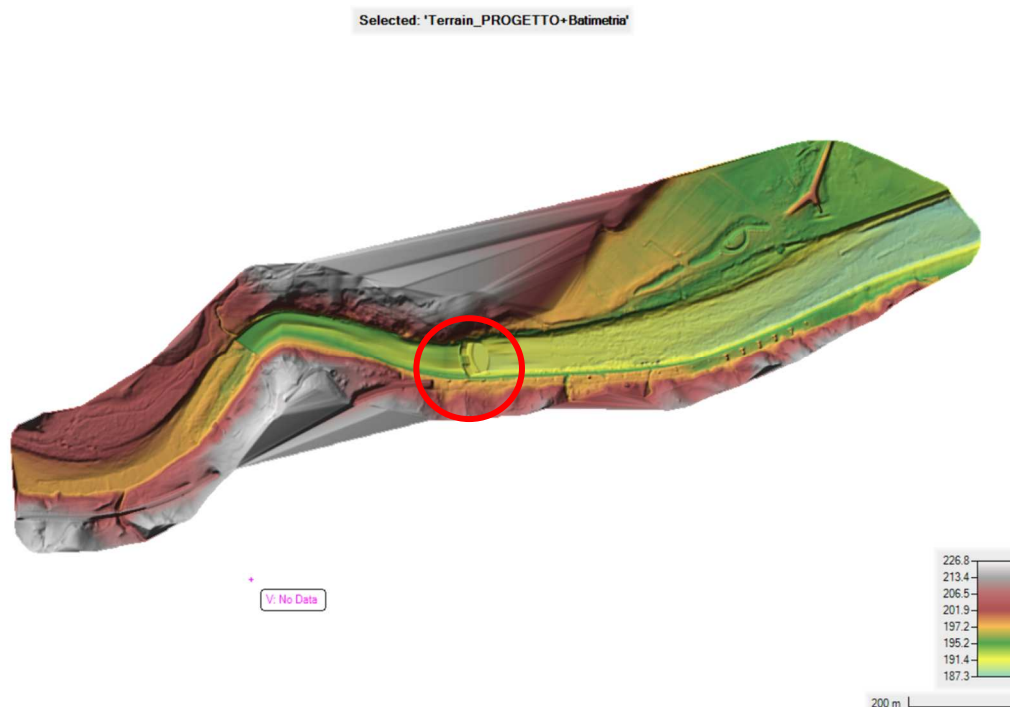


Figura 5-17. Modello bidimensionale dello stato di progetto in HEC-RAS Ras Mapper

4. Realizzazione di una griglia di calcolo 10x10m per il calcolo bidimensionale, perfezionata e infittita tramite "breaklines" laddove necessario e in particolare nei seguenti punti:
 - i. Singolarità idrauliche, quali ponti e briglie;

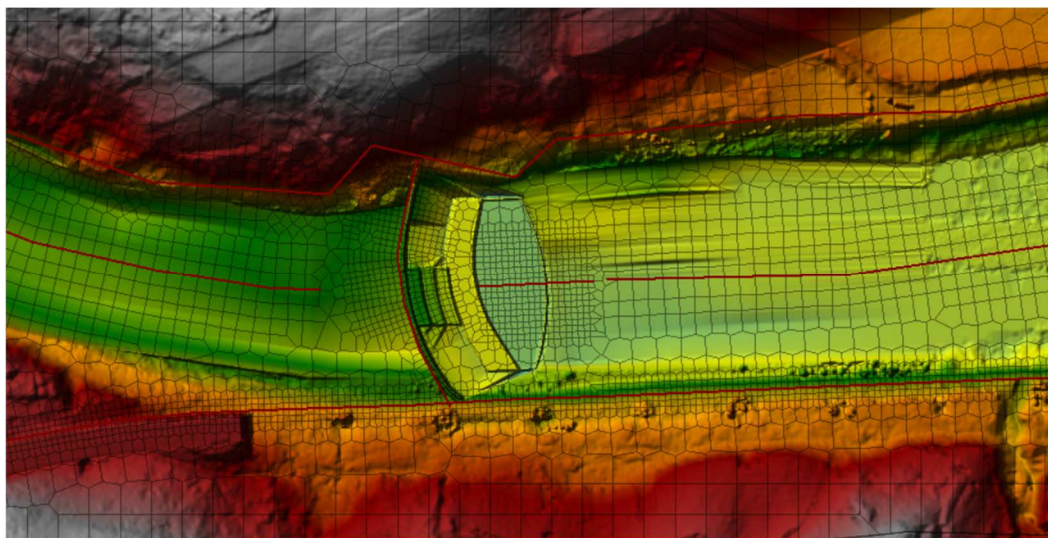


Figura 5-18. Infittimento della griglia di calcolo nell'alveo del fiume e nei pressi della briglia oggetto del presente studio tramite l'utilizzo di "breaklines"

Sponde fluviali in destra e sinistra idraulica;

- ii. Rilevati stradali potenzialmente oggetto di esondazione.

CUP: F18H22000530004**PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO****5. Inserimento delle singolarità idrauliche, in particolare del ponte stradale.****5.2.2.1. Risultati modello: stato di progetto**

A seguito dell'analisi dello stato di fatto, si è provveduto a verificare le condizioni idrauliche dello stato di progetto, necessarie per la verifica della lunghezza della platea di dissipazione. Lo stato di progetto è stato analizzato per piene con T_R di 20, 200 e 500 anni. Di seguito si presentano le condizioni maggiormente gravose rilevate durante la piena di progetto, corrispondenti ai picchi di portata degli idrogrammi.

Scenario T_R 20 anni– stato di progetto

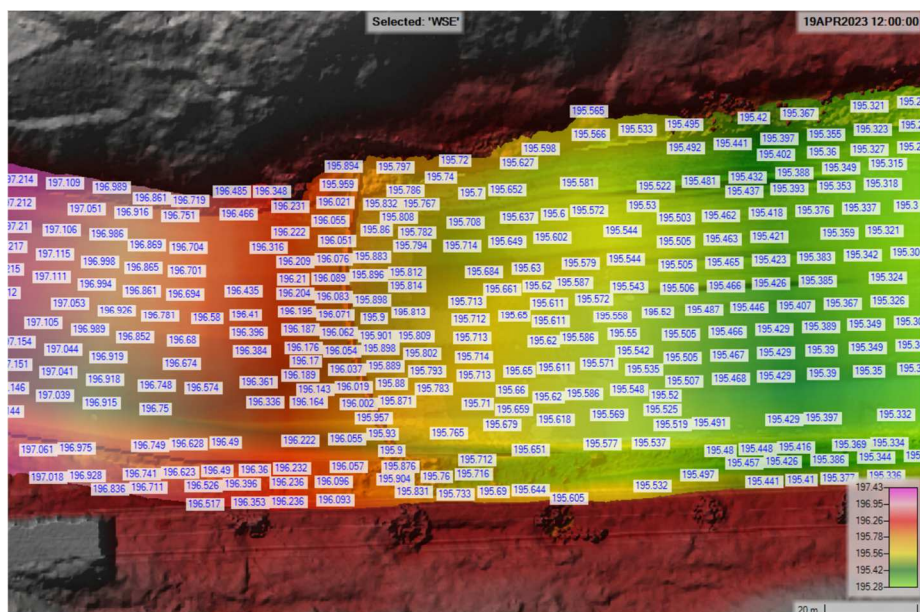
Figura 5-19. Risultato modello stato di progetto T_R 20 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.)

Si presenta un confronto tra le altezze idrica nelle configurazioni di stato di fatto e di progetto nelle prossimità della briglia.

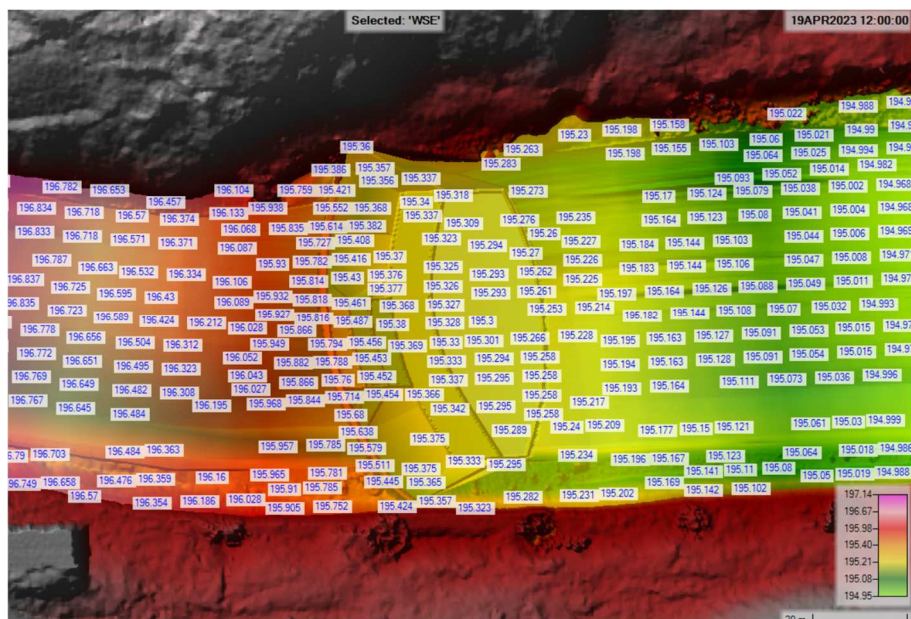
CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

1. Stato di fatto



2. Stato di progetto



RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

**3. Confronto
profili
idrici
briglia**

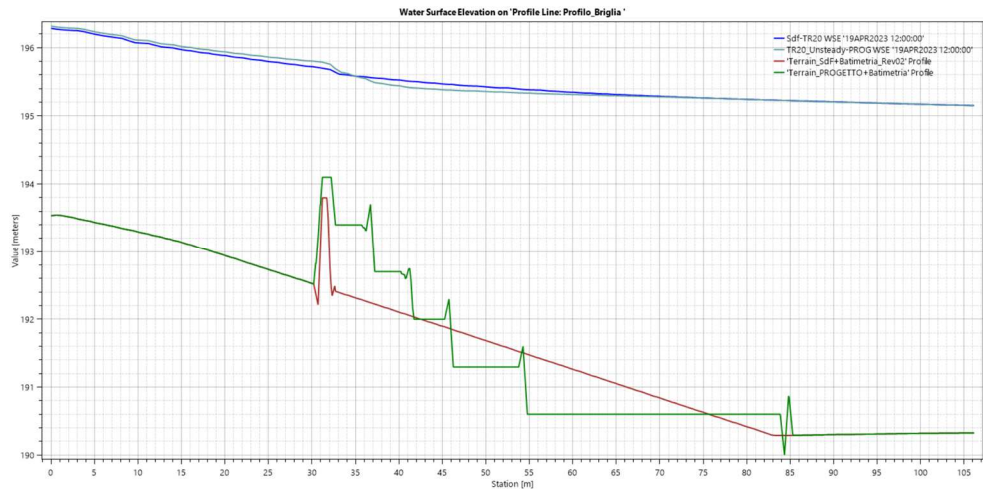


Figura 5-20. Confronto dei risultati dei modelli nelle condizioni di stato di fatto e di progetto nella prossimità della briglia. 1. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di fatto T_R 20 anni. 2. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di progetto T_R 20 anni. 3. Confronto tra profili idrici (m s.l.m.) con rappresentazione del DTM.

La condizione di progetto non modifica sostanzialmente i livelli idrici di monte e valle nella configurazione con idrogramma T_R 20 anni. Il risalto idraulico risulta leggermente più accentuato nella configurazione di progetto, in virtù della scaletta di risalita della fauna ittica, ma solo in corrispondenza della briglia stessa: a monte e a valle della briglia i profili idrici sono sostanzialmente sovrapponibili.

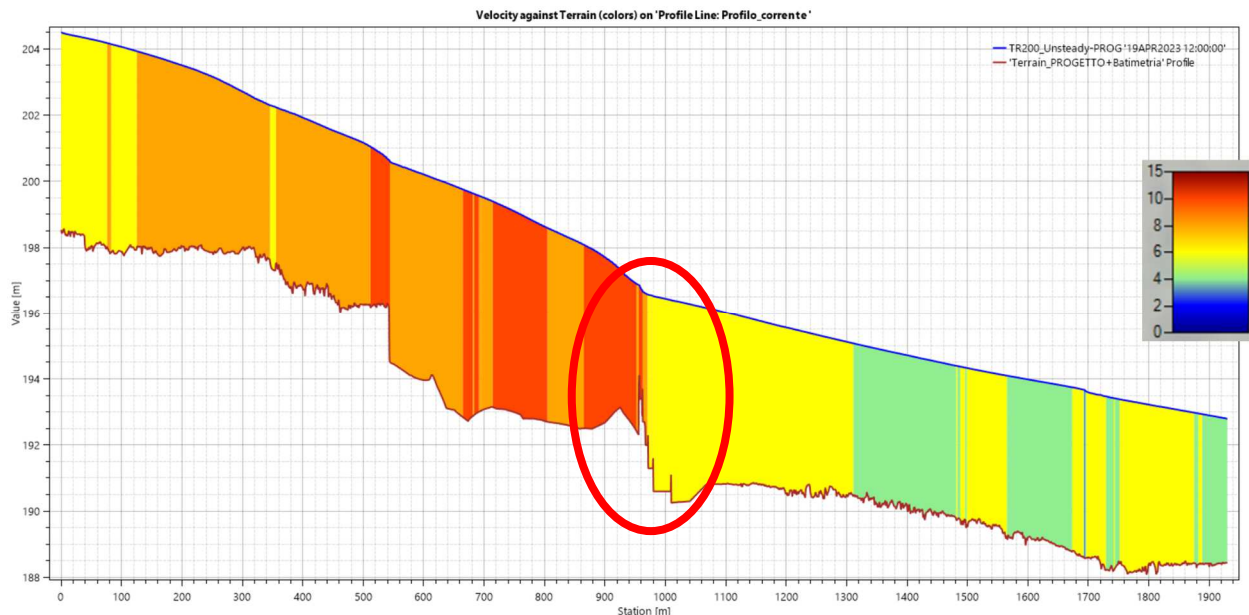


Figura 5-21. Risultato modello stato di progetto T_R 20 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

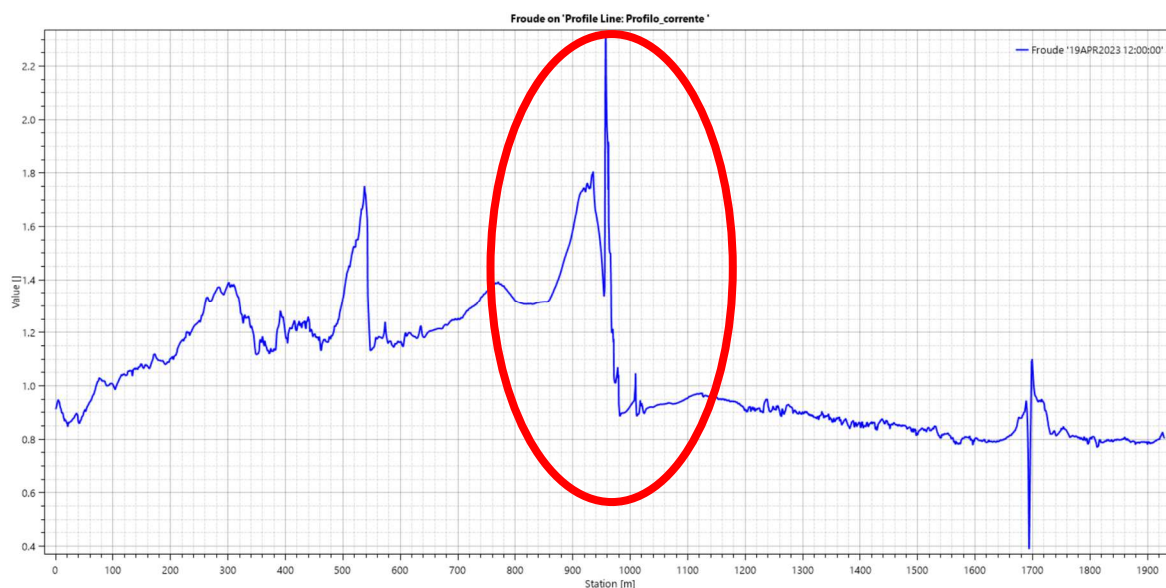


Figura 5-22. Risultato modello stato di progetto T_R 20 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

Scenario T_R 200 anni– stato di progetto

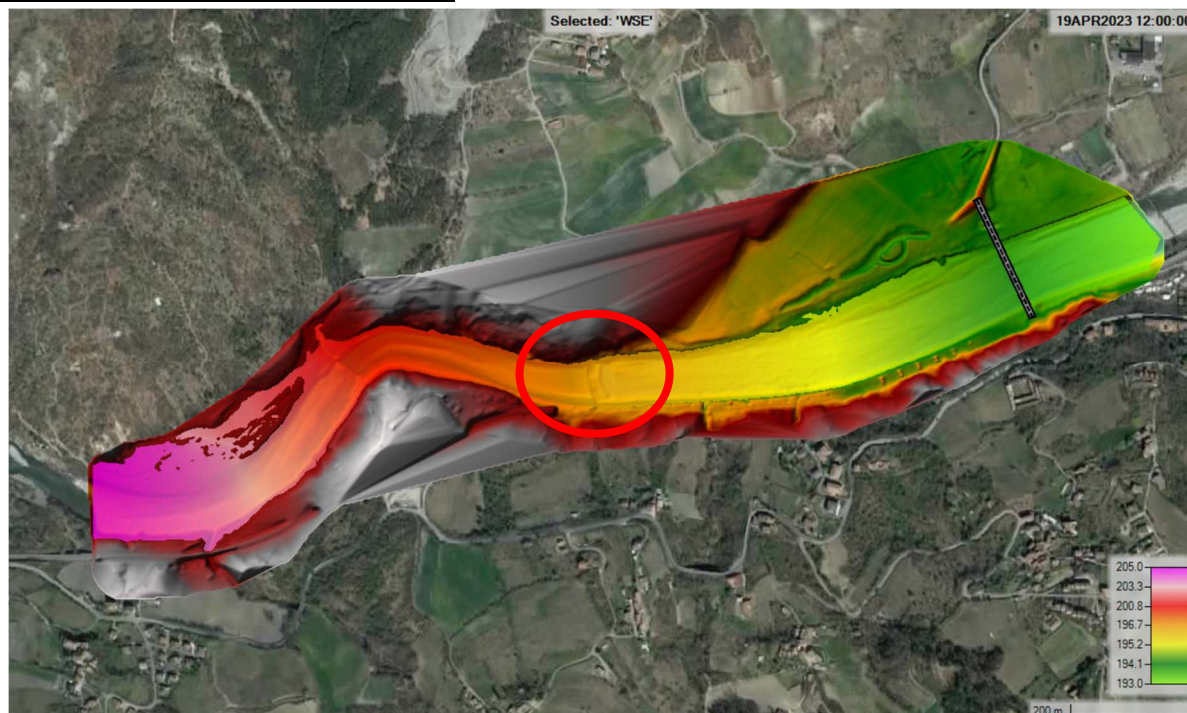
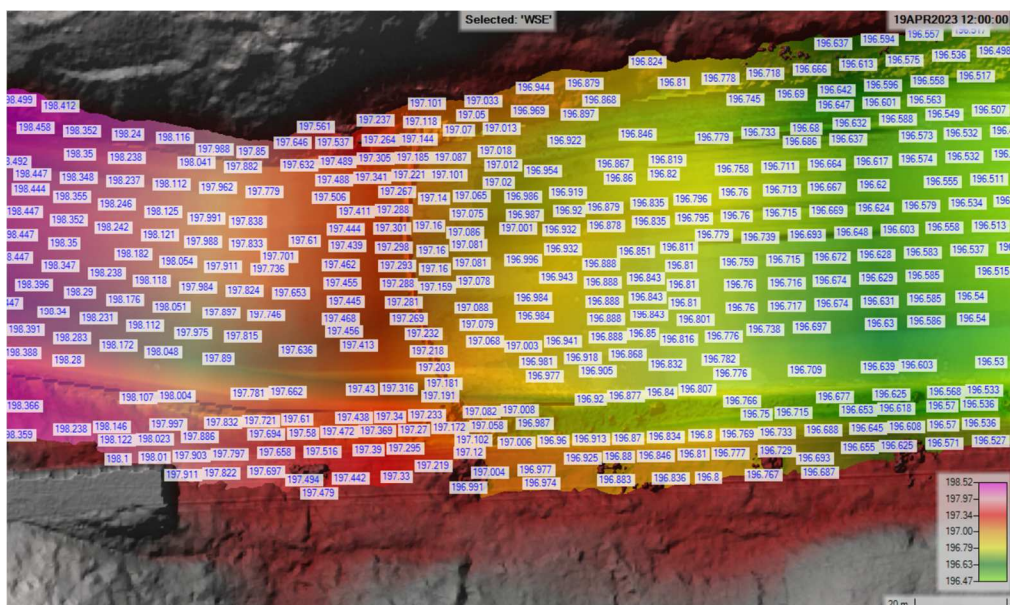


Figura 5-23. Risultato modello stato di progetto T_R 200 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.)

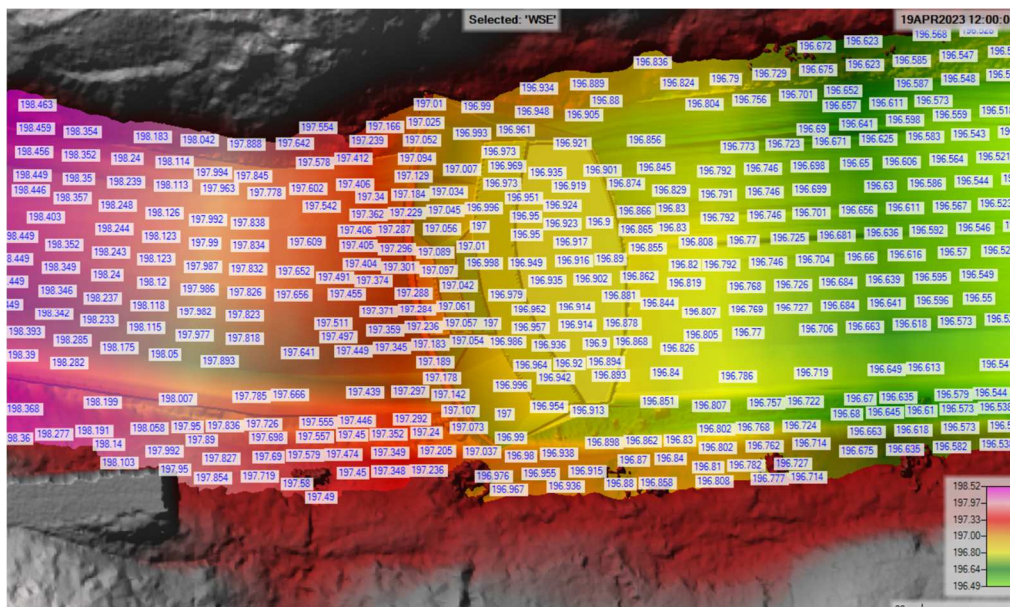
CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

1. Stato di fatto



2. Stato di progetto



RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

**3. Confronto
o profili
idrici
briglia**

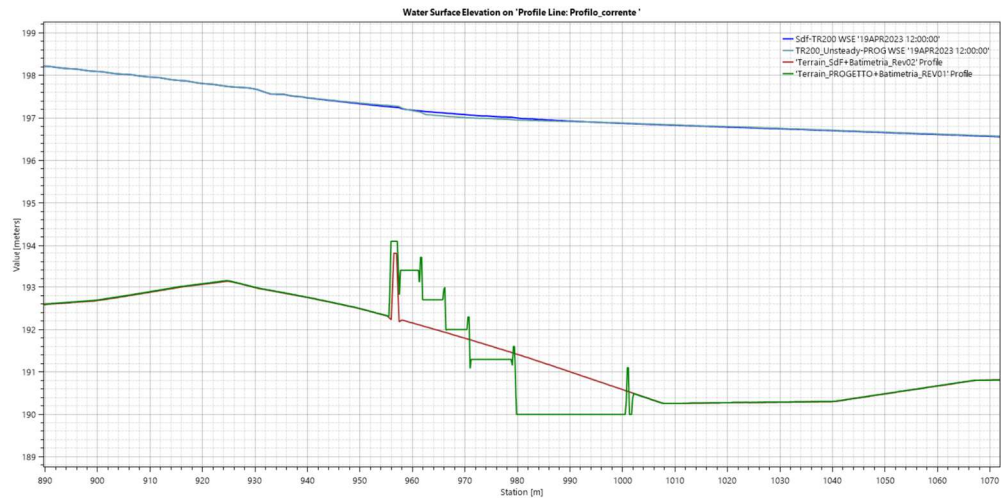


Figura 5-24. Confronto dei risultati dei modelli nelle condizioni di stato di fatto e di progetto nella prossimità della briglia. 1. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di fatto T_R 200 anni. 2. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di progetto T_R 200 anni. 3. Confronto tra profili idrici (m s.l.m.), in blu lo stato di fatto e in verdino lo stato di progetto, con rappresentazione del DTM, in rosso lo stato di fatto e in verde lo stato di progetto.

Anche nella condizione di piena con T_R 200 anni, la condizione di progetto non modifica sostanzialmente i livelli idrici di monte e valle e le aree inondate. Il risalto idraulico risulta leggermente più accentuato nella configurazione di progetto, in virtù della scaletta di risalita della fauna ittica, ma solo in corrispondenza della briglia stessa: a monte e a valle della briglia i profili idrici sono sostanzialmente sovrapponibili.



Figura 5-25. Risultato modello stato di progetto T_R 200 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

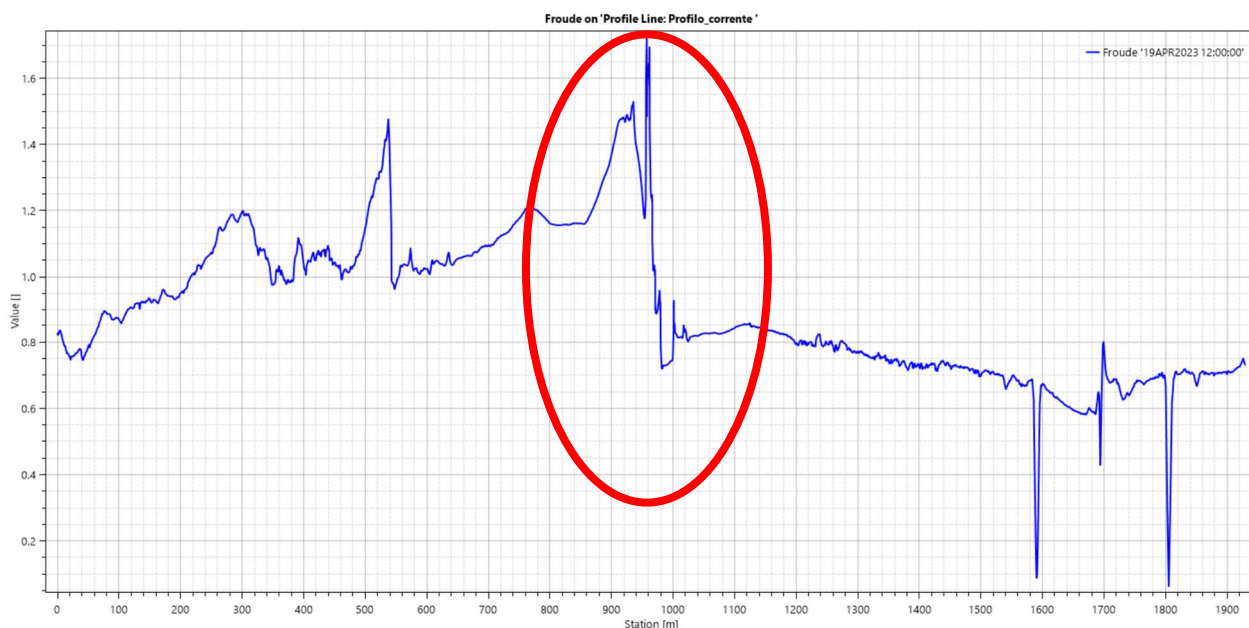


Figura 5-26. Risultato modello stato di progetto T_R 200 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

Scenario T_R 500 anni– stato di progetto

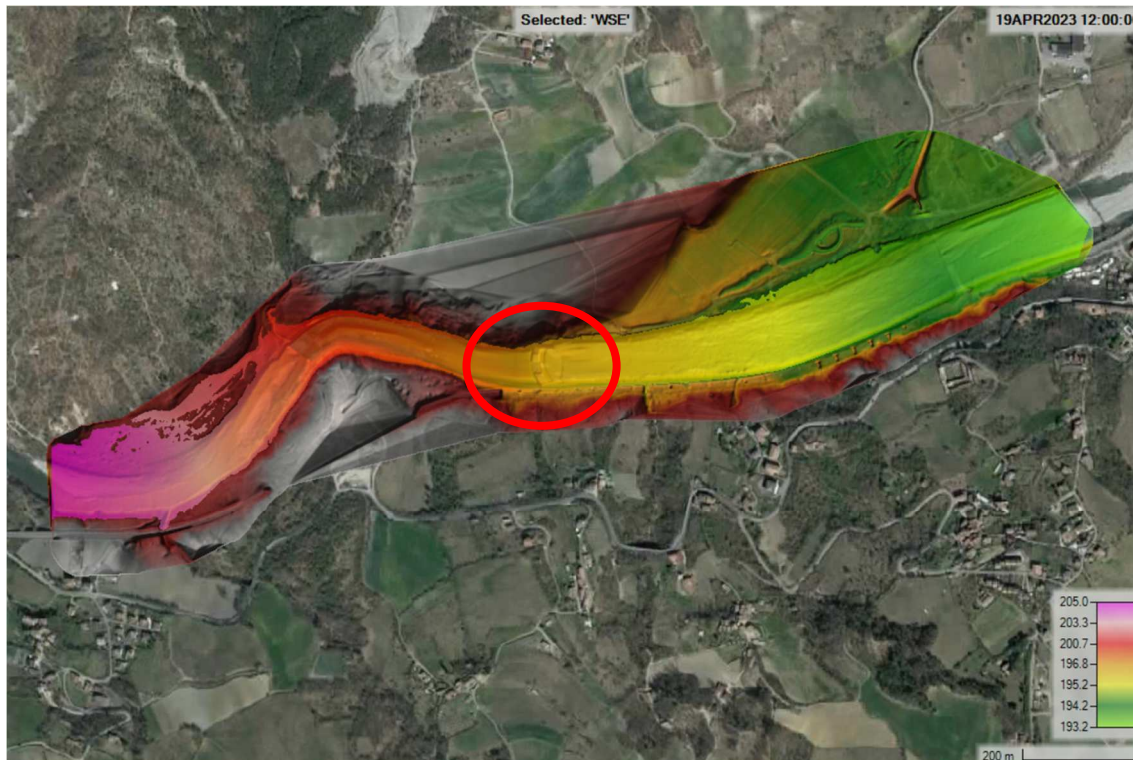


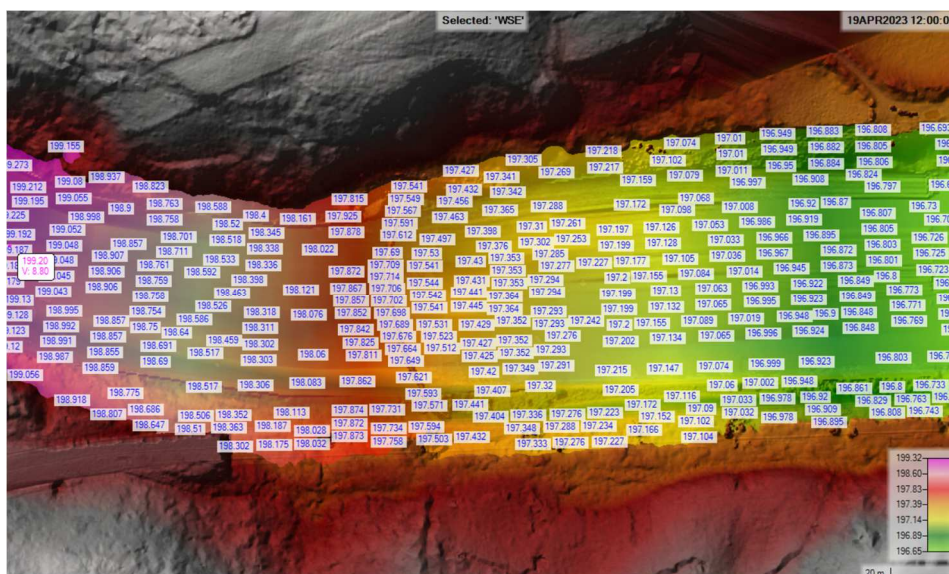
Figura 5-27. Risultato modello stato di progetto T_R 500 anni. Planimetria rappresentante l'altezza idrica (m s.l.m.)

RELAZIONE IDRAULICA

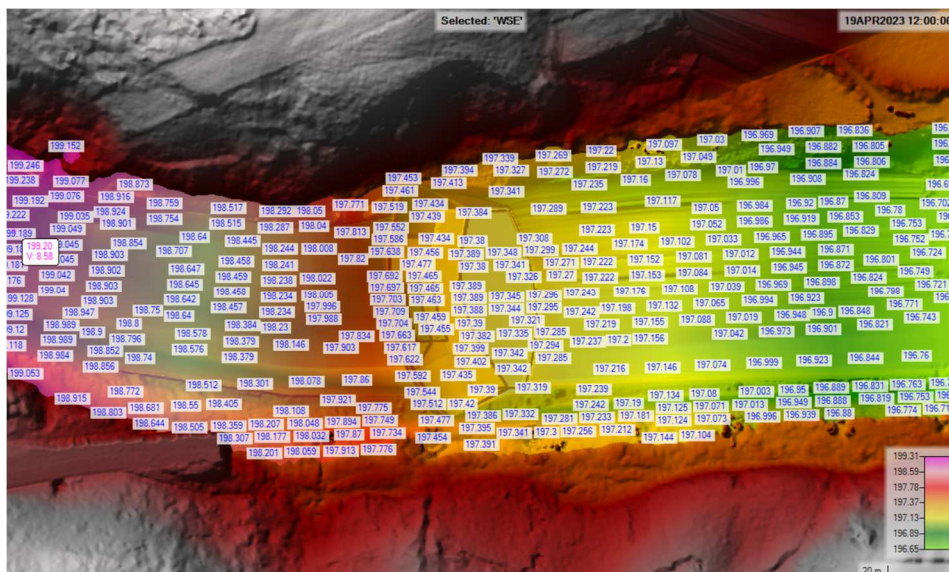
CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

1. Stato di fatto



2. Stato di progetto



RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

**3. Confronto
o profili
idrici
briglia**

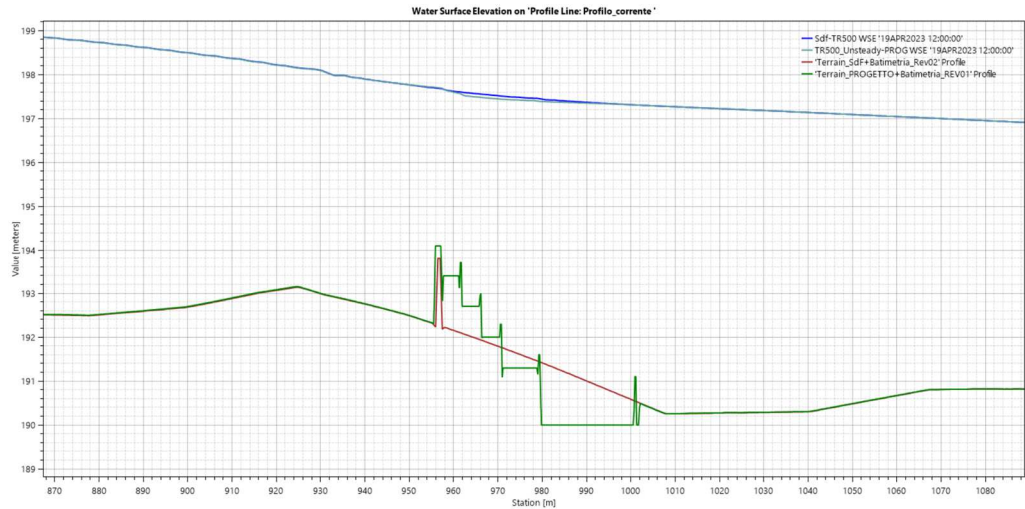


Figura 5-28. Confronto dei risultati dei modelli nelle condizioni di stato di fatto e di progetto nella prossimità della briglia. 1. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di fatto T_R 500 anni. 2. Livelli idrici (m s.l.m.) nello stato di progetto T_R 500 anni. 3. Confronto tra profili idrici (m s.l.m.), in blu lo stato di fatto e in verde lo stato di progetto, con rappresentazione del DTM, in rosso lo stato di fatto e in verde lo stato di progetto.

Anche nella condizione di piena con T_R 500 anni, la condizione di progetto non modifica sostanzialmente i livelli idrici di monte e valle e le aree inondate. Il risalto idraulico risulta leggermente più accentuato nella configurazione di progetto, in virtù della scaletta di risalita della fauna ittica, ma solo in corrispondenza della briglia stessa. Il profilo idrico dello stato di progetto risulta leggermente più ribassato in virtù delle maggiori velocità nel tratto a valle della briglia.

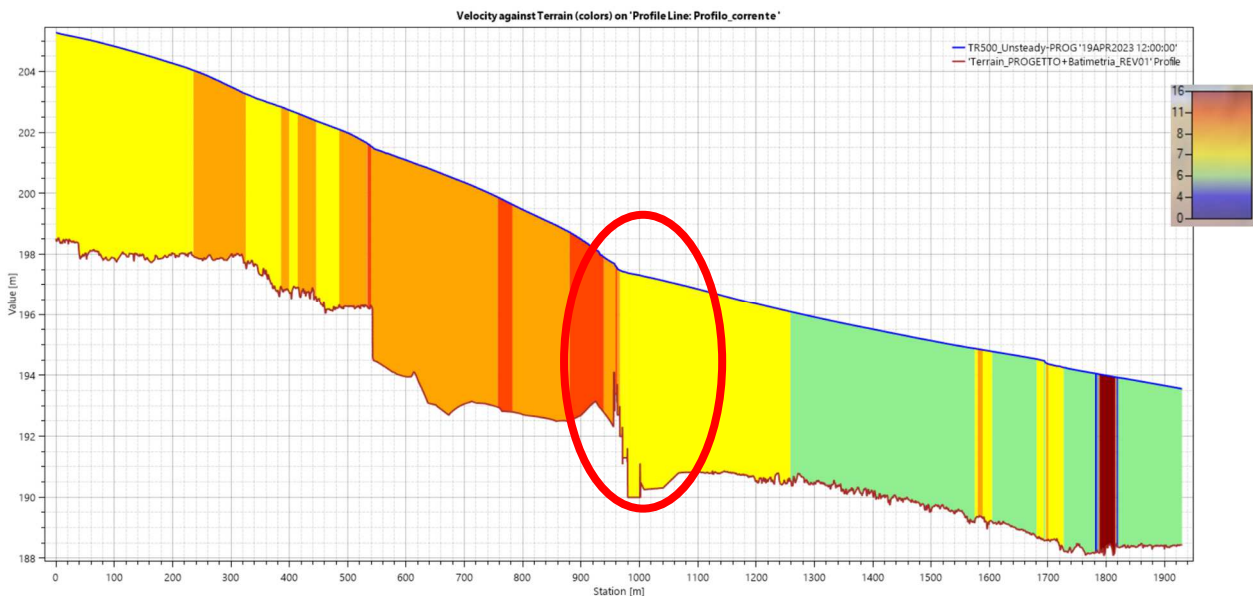


Figura 5-29. Risultato modello stato di progetto T_R 500 anni. Profilo longitudinale dell'altezza idrica (m s.l.m.) con rappresentazione colorata delle velocità sui tratti (m/s).

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

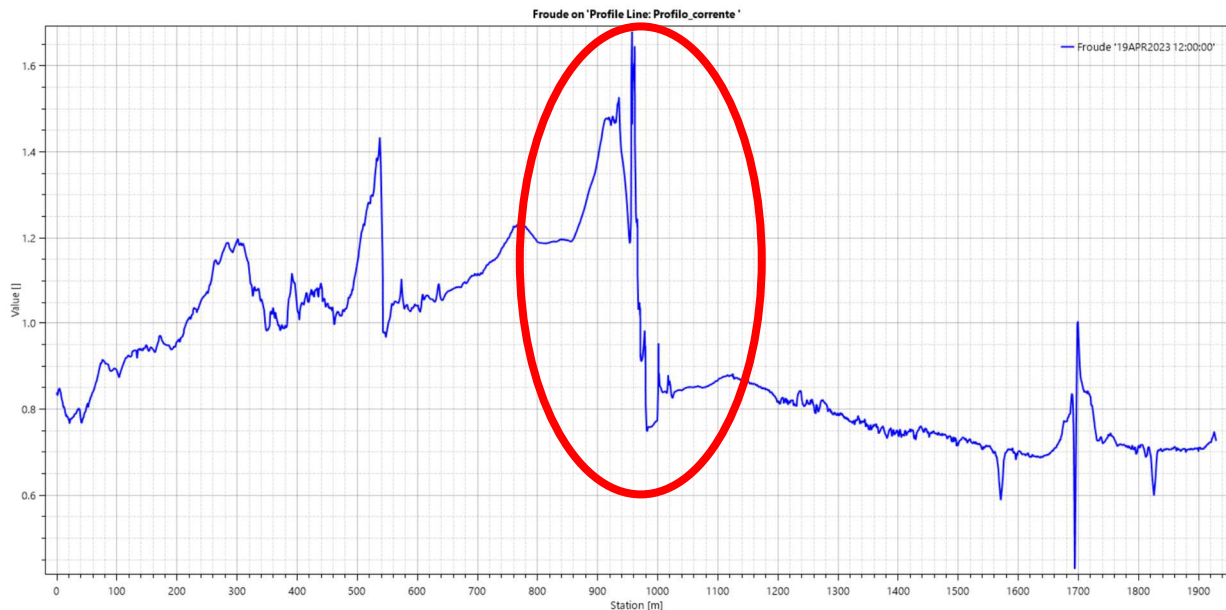


Figura 5-30. Risultato modello stato di progetto T_R 500 anni. Profilo longitudinale dei valori di Froude. I valori inferiori a 1 indicano moto in corrente lenta.

Anche nello stato di progetto della simulazione con portata cinquecentennale, quindi quella con il maggior carico idrico, si è rilevato la presenza di tirante idrico in corrispondenza dei piloni del cavalcavia della viabilità statale SS45. Come nel modello dello stato di fatto, in ogni caso, il tirante idrico risulta modesto, in particolare inferiore ai 50 cm e soprattutto caratterizzato da velocità prossime allo 0.

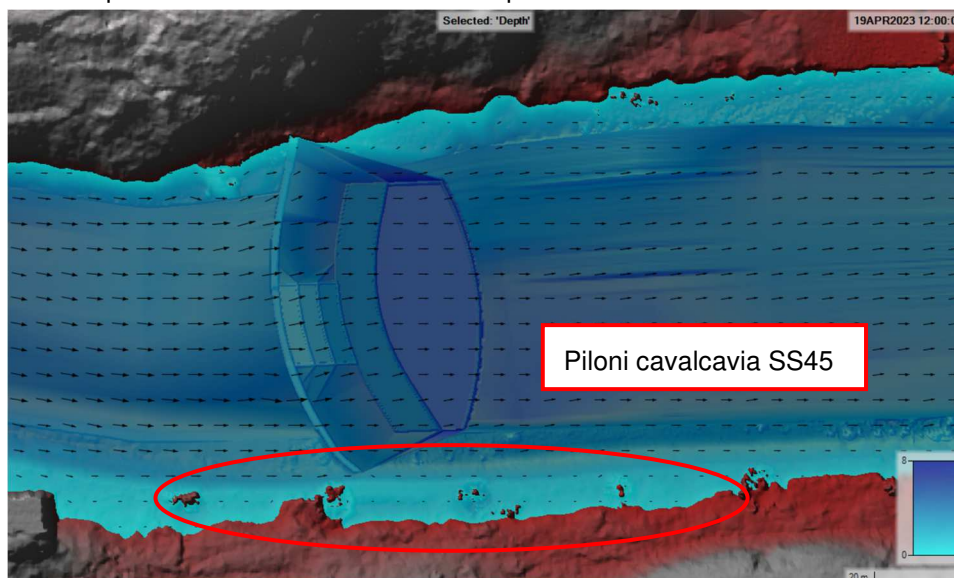


Figura 5-31. Presenza di tirante idrico nelle prossimità dei piloni del cavalcavia della SS45. T_R 500 anni. Le frecce nere indicano le velocità della corrente nella griglia di calcolo. Risulta evidente come nei pressi dei piloni tali frecce siano quasi nulle.

6. Dimensionamento della vasca di dissipazione

La briglia fluviale determina una discontinuità nell'alveo, specialmente in termini di differenza di quota idrica tra monte e valle dell'opera.

La briglia oggetto di analisi, in tutte le configurazioni analizzate, presenta **a monte** una condizione di **corrente veloce**, quindi caratterizzata da un *numero di Froude* (Fr) maggiore di 1, mentre **a valle** una condizione di **corrente lenta**, quindi con Fr minore di 1.

Tale situazione, ovvero l'attraversamento della profondità critica passando da condizioni di corrente veloce a corrente lenta, in condizioni di moto permanente, è impossibile da realizzarsi. Di conseguenza essa si presenta come un fenomeno discontinuo rispetto al graduale andamento del pelo libero dell'acqua. Questo fenomeno di discontinuità si presenta come un salto brusco dalla profondità di moto rapido a quello lento, ed è caratterizzato da dissipazione di energia, che si manifesta sotto forma di vortice, il quale accompagna in superficie l'espansione della corrente.

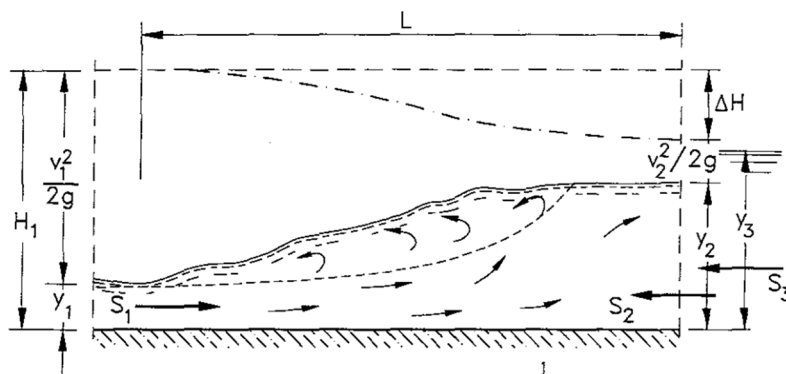


Figura 6-1. Schema di risalito idraulico. Fonte: "Sistemazione dei corsi d'acqua" di L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin.

Il fenomeno, chiamato *risalto o salto di Bidone*, ha come conseguenza l'erosione del tratto dove il risalito stesso ricade.

A livello progettuale, quindi, risulta necessario il calcolo della lunghezza del risalito L_r per poter dimensionare correttamente una vasca di dissipazione che impedisca l'erosione dell'alveo, con possibili conseguenze destabilizzanti sulla briglia stessa e sulle opere vicino all'alveo, in particolare la viabilità sopraelevata presente in destra idraulica rispetto alla briglia.

La lunghezza del risalito L_r è considerata la distanza misurata dal piede del risalito fino al punto in cui si viene a formare l'altezza coniugata y_2 , ovvero l'altezza idrica nella quale la corrente passa in condizioni di moto lento.

Secondo un'ampia serie di misure effettuata dall'*United States Bureau of Reclamation* (U.S.B.R.) si considera $L_r = 6y_2$ per $Fr > 4$ e $L_r = 5y_2$ per $Fr \approx 2$.

Essendo il modello utilizzato di tipo bidimensionale, per poter procedere ai calcoli della lunghezza del risalito e dell'energia dissipata durante lo stesso, si è scelto di utilizzare le celle con i valori di Froude più alti per quanto riguarda l'altezza coniugata di monte y_1 e in particolare quelli sull'asse della gaveta; per il valore di altezza coniugata di valle y_2 si è scelta la prima cella che, nella direzione trasversale alla gaveta, ha un numero di Froude inferiore a 1.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Si espongono di seguito i risultati nelle condizioni di stato di fatto:

Tabella 4: Lunghezze dei risalti e dissipazione di energia – Stato di fatto

Risalto - Stato di fatto							
T_R	Corrente veloce			Corrente lenta		Risalto	Dissipazione energia
	y_1 [m]	F_r	V_1 [m/s]	y_2 [m]	V_2 [m/s]	L_R [m]	E [m]
20	2.24	1.779	8.331	4.1	6.319	20.6	0.181
200	3.14	1.944	10.642	5.8	7.423	29.0	0.260
500	3.47	1.963	10.862	6.3	7.645	31.6	0.264

La lunghezza maggiore del risalto idraulico si ottiene con l'idrogramma con T_R 500 anni e risulta **31.6 m** dalla gaveta della briglia. La dissipazione di energia maggiore si ottiene anch'essa con l'idrogramma con T_R 500 anni. In ogni caso i valori di energia dissipata risultano modesti.

Sono stati quindi calcolati i valori rispetto alle condizioni progettuali, per verificare che la platea di dissipazione ricomprendesse pienamente la lunghezza del risalto.

Nella configurazione di progetto, il fondo della vasca di dissipazione è stato posto a una quota di 190.60 m s.l.m. All'estremo della platea di dissipazione è prevista una trave di contenimento fondata su pali che genera un salto di quota di 0.50 m. Tale geometrizzazione è stata prevista per facilitare il contenimento dei massi di rivestimento all'interno della vasca stessa, nell'eventualità in cui durante le piene essi vengano smossi, facilitandone in questo modo il ricollocamento.

Tabella 5: Lunghezze dei risalti e dissipazione di energia – Stato di progetto

Risalto - Stato di progetto								
T_R	Corrente veloce			Corrente lenta		Risalto	Fattore di sicurezza risalto con platea di 44 m	Dissipazione energia
	y_1 [m]	F_r	V_1 [m/s]	y_2 [m]	V_2 [m/s]	L_R [m]		E [m]
20	2.00	1.745	7.727	4.1	5.369	20.4	2.15	0.278
200	3.18	1.628	6.617	5.7	6.617	28.5	1.54	0.221
500	3.61	1.588	9.444	6.5	7.071	32.7	1.35	0.268

RELAZIONE IDRAULICA

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

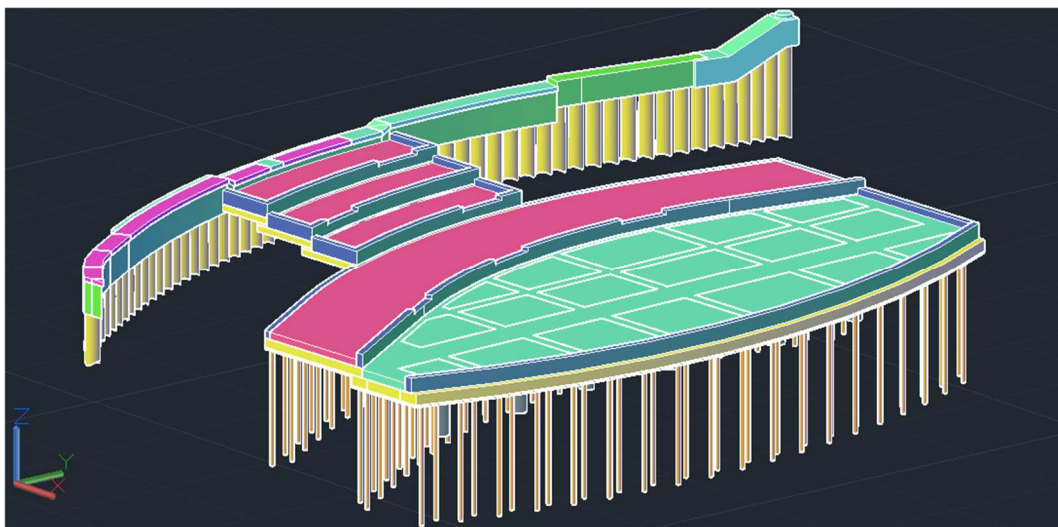


Figura 6-2. Modello 3D della briglia con platea di dissipazione di progetto

Poiché in pianta l'estremità della vasca di dissipazione è posta a circa 44 m dalla gaveta, il risalto risulta interamente ricompreso all'interno di essa con un fattore di sicurezza di 1.43 rispetto alla piena catastrofica con T_R 500 anni.

7. Conclusioni

Sulla base delle criticità riscontrate nella briglia del fiume Trebbia, localizzata tra i comuni di Travo e Coli (PC), si è previsto di intervenire con la realizzazione di una scala di risalita della fauna ittica e con una platea di dissipazione, entrambe a valle della briglia. La platea di dissipazione appare essere un'opera essenziale per il contenimento dell'erosione a valle della briglia, nell'ottica della preservazione dell'opera stessa e dei manufatti circostanti (piloni del cavalcavia della SS45).

Dal punto di vista idraulico sono state analizzate le condizioni di deflusso rispetto alle piene di riferimento (T_R 20, 200 e 500 anni) sia nelle condizioni di stato di fatto che di progetto.

Non si è potuto provvedere alla taratura del modello, a causa dell'assenza di piene storiche rilevate nel tratto oggetto di analisi, ma si è provveduto a fare una taratura "indiretta" tramite i tiranti idrici ottenuti da precedenti modellazioni idrauliche fornite dall'Autorità di Bacino del fiume Po eseguite sull'asta del fiume Trebbia.

I risultati delle analisi riportati nei capitoli precedente hanno sostanzialmente definito che:

1. Il risalto idraulico viene completamente ricompreso nella platea di dissipazione di progetto.
2. La dissipazione di energia della corrente causata dal risalto risulta leggermente superiore nella configurazione di progetto.
3. Le condizioni di progetto portano ad un leggero incremento del fenomeno del risalto in corrispondenza della briglia.
4. Le opere in progetto vanno a modificare in maniera lieve i livelli idrici nelle prossimità della briglia e in maniera pressoché nulla a monte e a valle della briglia.

Tempo di Ritorno (anni)	Tirante idrico sulla gaveta (m s.l.m.)	
	Stato di fatto	Stato di progetto
20	196.03	196.10
200	197.27	197.30
500	197.78	197.80
Altezza Gaveta	194.10	194.10

Visti i capitoli precedenti e le conclusioni, si ritiene che le opere in progetto siano idraulicamente compatibili.

CUP: F18H22000530004

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Sommario

1. Premessa	1
1.1. Intervento.....	1
2. Inquadramento territoriale	2
2.1. Localizzazione dell'area oggetto d'intervento	2
2.2. Caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino del Trebbia.....	3
2.2.1. Inquadramento territoriale e morfologico	3
2.2.2. Inquadramento geologico e geomorfologico-litologico	5
2.2.3. Aspetti idrologici	7
2.3. Caratteristiche idro-geomorfologiche del fiume Trebbia nel tratto tra Bobbio e Perino	9
3. Stato di fatto	12
4. Inquadramento del progetto nei piani di bacino	15
4.1. Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po – Delta	15
4.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni	22
5. Analisi idraulica.....	23
5.1. Parametri del modello	23
5.1.1. Idrogrammi	23
5.1.2. Taratura del modello	24
5.1.3. Condizioni al contorno.....	24
5.2. Modellazione idraulica	25
5.2.1. Modellazione Idraulica: Stato di fatto	25
5.2.1.1. Risultati modello: stato di fatto.....	27
5.2.2. Modellazione Idraulica: Stato di progetto.....	33
5.2.2.1. Risultati modello: stato di progetto	35
6. Dimensionamento della vasca di dissipazione	45
7. Conclusioni.....	48

RELAZIONE IDRAULICA