

1. TIPOLOGIA DEL PROGETTO

La variante in esame, che riguarda la località Tresselume, limitrofa alla zona Lago di Tesero, introduce alcune modifiche alla zonizzazione vigente per la compensazione di aree agricole di pregio modificate con la variante n. 4 della stessa variante 2021; in particolare, è previsto il cambio da bosco a agricolo di pregio di un'area di circa 700 m² entro un'area già prevalentemente agricola (Fig. 1).

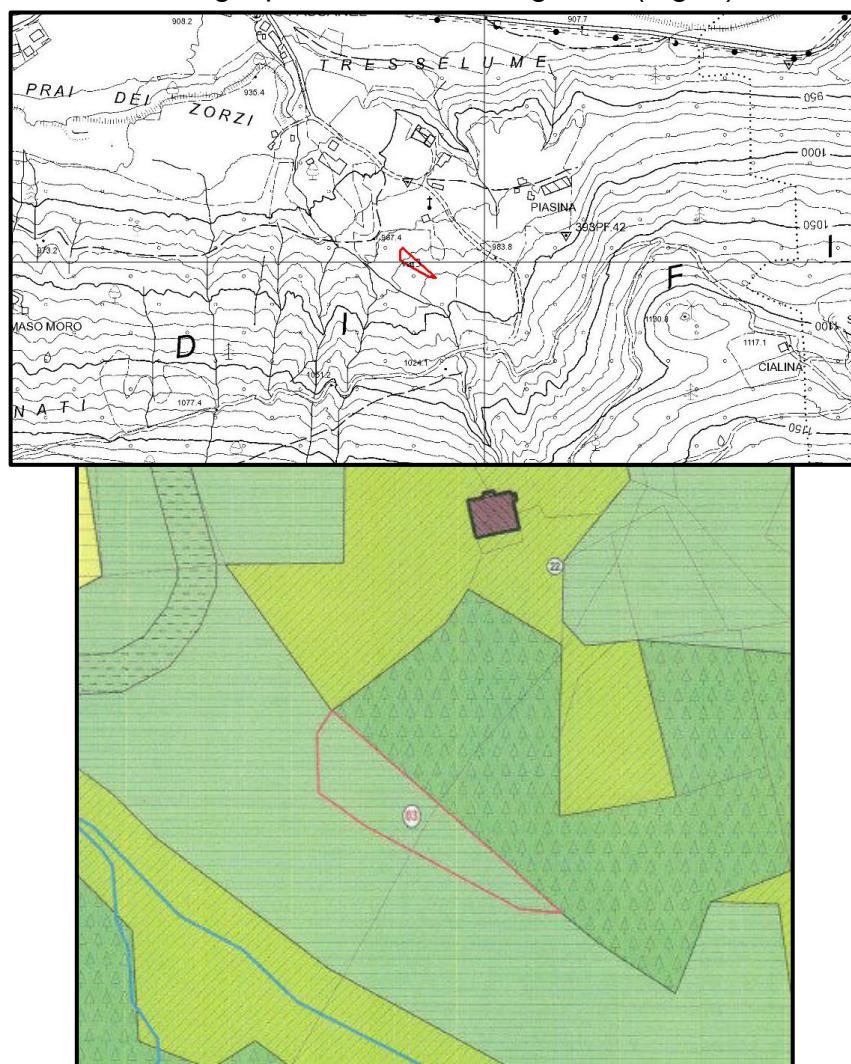


FIG. 1 VARIANTE n. 3: UBICAZIONE SU CTP2020 E SUL SISTEMA INSEDIATIVO DEL P.R.G.

Allo studio e alla redazione del presente lavoro ha collaborato il dott. geol. Roberto D'Acconti.

2. CLASSIFICAZIONE DEL SITO NELLA CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ

Secondo la carta di Sintesi della Pericolosità (Fig. 2), la variante n. 3 ricade interamente in un'area "da approfondire APP" (art. 18) esclusivamente per pericolosità alluvionale torrentizia potenziale HP (Fig. 3).

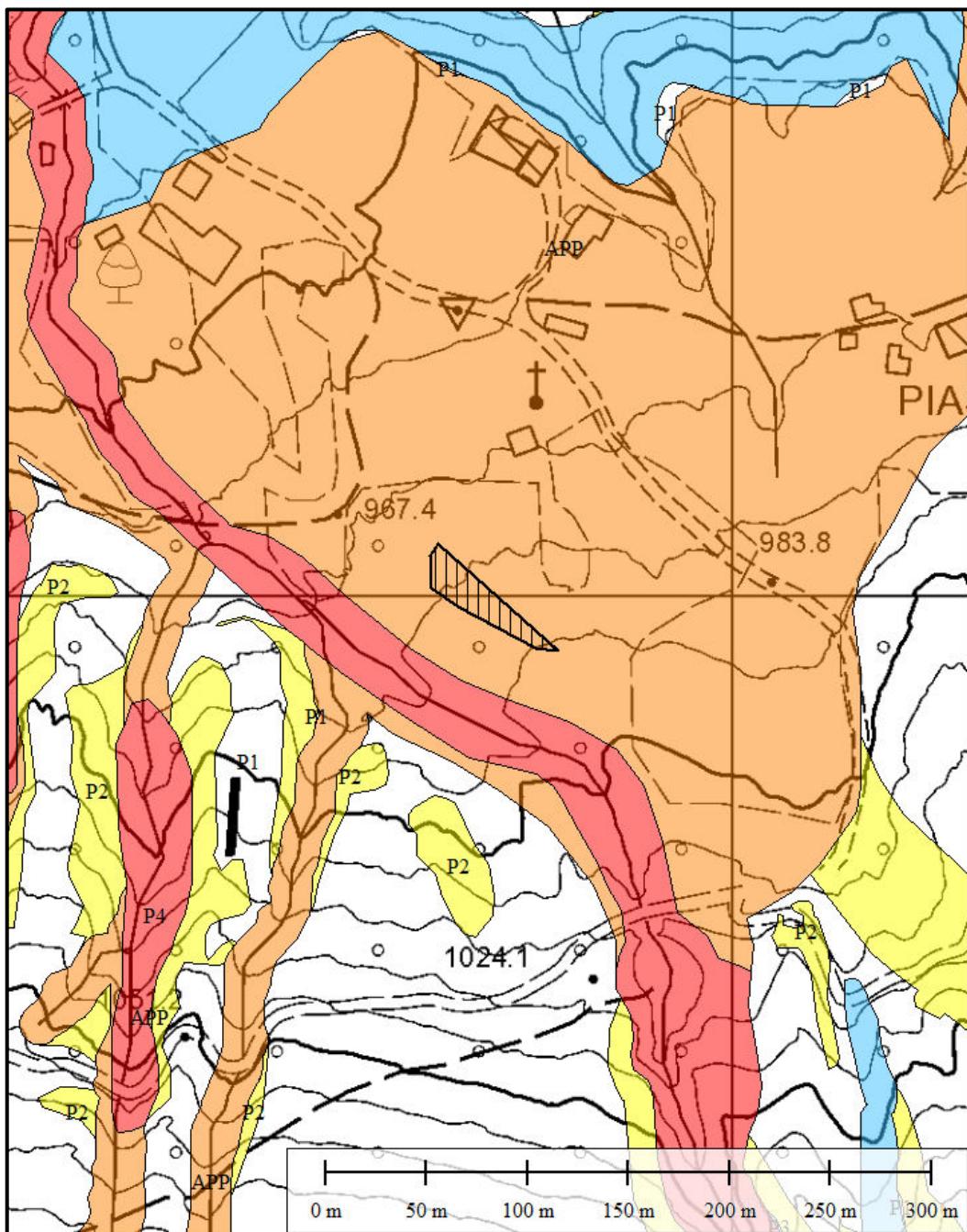


FIG. 2 LIMITI VARIANTE N. 3 SULLA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

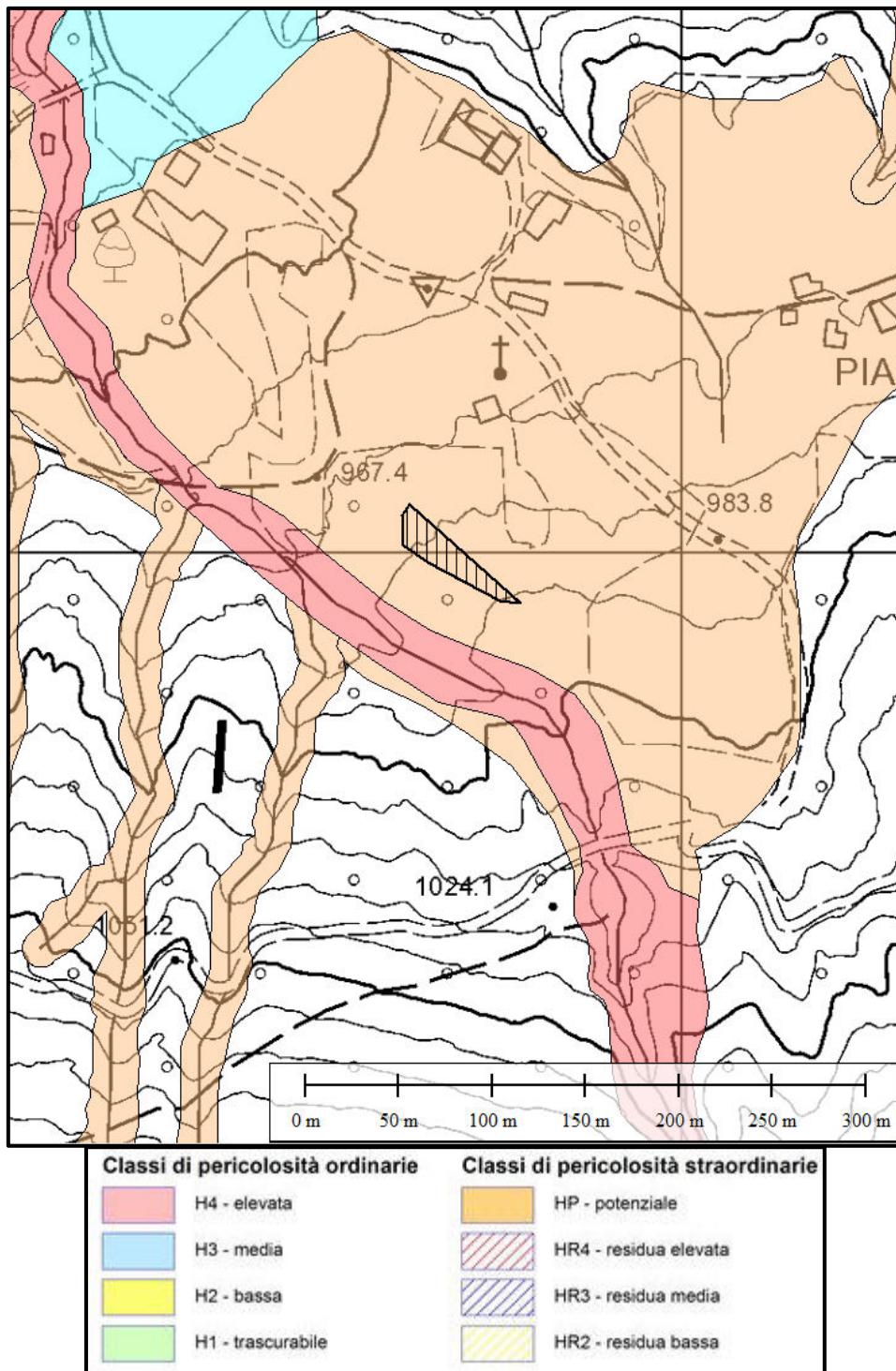


FIG. 3 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ TORRENTIZIA

Il documento di “Indicazioni e precisazioni per l’applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penalità” della Carta di sintesi della pericolosità ex D.G.P. n. 1317 dd 04/09/2020, in riferimento alle aree da approfondire riporta:

“Le aree da approfondire hanno un carattere di salvaguardia volto ad assicurare specifici studi prima della realizzazione degli interventi ammessi. Questa classe di pericolosità, tenuto conto del fatto che il territorio provinciale, per le sue caratteristiche naturali, presenta un fondo naturale di pericoli tipici dell’ambiente alpino, è stata adottata per le porzioni di territorio per cui non è disponibile la relativa classificazione ordinaria della pericolosità. Questa classe è stata adottata anche per i tratti di corsi d’acqua coperti, vista la difficoltà di valutazione delle caratteristiche idrauliche/strutturali delle opere.”

Nell’ambito del presente studio, su concessione del committente, si è presa visione e si fa riferimento anche dello studio di compatibilità¹ a supporto del progetto per la ricostruzione del ponte sul Rio Frassanel esistente poco a valle dell’area della Variante in esame.

¹ SANTINI G.-VECCHIETTI A. 2021: "Opere di ricostruzione ex novo di ponte carrabile sul rio Fassanel in loc. Tresselume (p.f. 5795/20 C.C. Tesero) – studio di compatibilità idraulica", dicembre 2021

3. ANALISI DEL GRADO DI PERICOLOSITÀ REALE

Viene di seguito analizzato il fenomeno indicato per il sito in esame, in relazione all'intervento in progetto ed in base a sopralluoghi e ricerche storiche.

3.1. Assetto geomorfologico, geologico e idrogeologico

Dal punto di vista geomorfologico, l'area d'interesse si colloca sul conoide misto da debris-flow e gravitativo/valanghivo del Rio Fassanel (o Rio Val del Bus).

Il conoide presenta pendenze rapidamente crescenti da valle, dove sono molto modeste, verso monte, dove l'area di variante raggiunge i 10°-12° di pendenza.

All'interno delle forme descritte, il territorio presenta diffusamente strutture e forme antropiche dovute alle attività agricole.

Più a Sud inizia il versante boscato, che presenta pendenze medie dell'ordine dei 15°-20° in quanto il substrato roccioso è affiorante o subaffiorante.

Dal punto di vista geologico, (Fig. 4) il sottosuolo dell'area è costituito principalmente dai depositi detritici e da debris-flow del conoide del Rio Fassanel (o "del Bus"), più a valle soprastanti e interdigitati con i depositi alluvionali dei terrazzi fluviali.

Si tratta di variabilissime mescolanze di ghiaie e sabbie generalmente prevalenti e ciottoli e blocchi, talora prevalenti in lenti o strati irregolari.

Il versante soprastante è costituito da areniti e siltiti rosse, con locali livelli di areniti conglomeratiche, in strati medio-spessi della formazione delle Arenarie di Val Gardena; queste presentano una fascia di intensa alterazione superficiale, talora spessa, che maschera l'affioramento diffuso della roccia.

Al piede del versante è presente una breve fascia detritica prevalentemente

grossolana, quindi ad eleva permeabilità, dovuta sia al degrado del soprastante versante che ai depositi delle incisioni torrentizie.

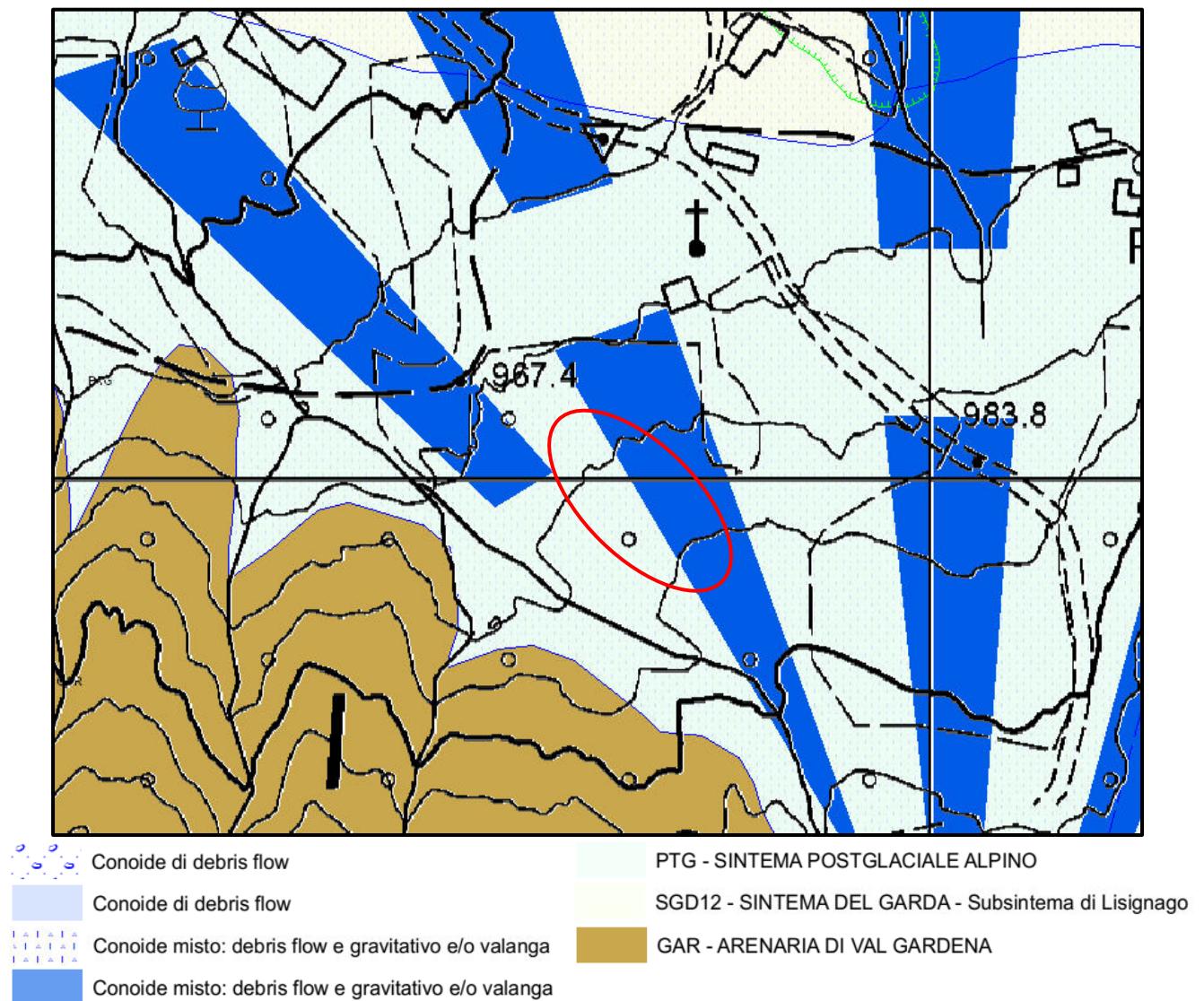


FIG. 4 CARTA GEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO
(dalla Carta Geologica del Trentino, SIAT-PAT)

Dal punto di vista idrogeologico si ha che i depositi di conoide presentano una permeabilità primaria nel complesso alta, localmente minore per la presenza di fini nella matrice.

Non si riscontrano evidenze di circolazione idrica permanente di bassa profondità.

Nel complesso, nell'area di studio non si riscontrano evidenze di ruscellamento diffuso o ristagno anche per effetto del controllo delle acque nell'area coltivata e del drenaggio operato dall'alveo del Rio Fassanel.

Questo rappresenta l'unico elemento del reticolo idrografico in prossimità dell'area oggetto di variante; il Rio Fassanel è totalmente regimato con numerose soglie e briglie, di cui una filtrante di recente realizzazione, e scorre in alveo artificiale con fondo e sponde in terreno naturale o locale rimaneggiato

3.2. Valutazione della pericolosità torrentizia

L'evento atteso è rappresentato dall'esondazione del corso d'acqua verso l'area d'interesse in occasione di una piena eccezionale.

Tale scenario è stato approfonditamente valutato nel citato studio di compatibilità SANTINI-VECCHIETTI (2021), fornito in allegato con specifica autorizzazione comunale, le cui conclusioni, in relazione all'area della variante in questione, indicano che:

"- il rio Fassanel è stato oggetto nel corso degli anni di numerosi interventi di sistemazione idraulica volti alla stabilizzazione del fondo e delle sponde ed al contenimento di eventuali fenomeni di trasporto solido attraverso la realizzazione di piazze di deposito e di diverse tipologie di briglie nei tratti a monte dell'opera in progetto; possibili futuri eventi di debris flow dovrebbero essere trattenuti grazie alla presenza di queste opere;

- in particolare, tra le varie opere di sistemazione, si sottolinea che (come confermato dal Servizio bacini Montani) la presenza della briglia filtrante ha dimostrato nel corso degli anni una notevole efficienza, riuscendo a contenere fino a 10'000 m³ di materiale solido (in occasione dell'evento Vaia, n.d.r.) e contribuendo in maniera significativa alla mitigazione del rischio idraulico delle aree poste a valle della stessa;

- inoltre, il tratto a valle della briglia filtrante (fino a monte delle prime case) è stato fortemente consolidato al fine di evitare possibili fenomeni di erosione e, di conseguenza, essere fonte di produzione di materiale solido. Lo stesso tratto è stato anche

modellato in modo da favorire il deposito del materiale solido eventualmente trasportato dalle sezioni poste a monte;".

In Fig. 5 è riportato uno stralcio della cartografia del progetto LifeFranca (Servizio Bacini Montani) dove sono riportate le opere idrauliche presenti nel tratto di interesse per la Variante.

Per quanto sopra, l'evento atteso è rappresentato da un modesto o trascurabile alluvionamento dell'area di variante.



**FIG. 5 OPERE IDRAULICHE SUL RIO FASSANEL
(LIFEFRANCA, SIAT-PAT)**

3.2.1. Massimi effetti prevedibili dell'evento atteso

Le portate di massima piena temibile sono già efficacemente gestite dalle opere

idrauliche esistenti, peraltro periodicamente oggetto di interventi di manutenzione e ottimizzazione per la salvaguardia del nucleo abitato poco più a valle.

Per quanto sopra, i massimi effetti prevedibili in relazione alla trascurabile o nulla entità dell'eventuale fenomeno atteso sono limitati a locali e modesti allagamenti, di breve durata in virtù delle pendenze mai nulle dell'area.

3.2.2. Misure di mitigazione e sicurezza

Considerato che il cambio d'uso del suolo non comporta variazioni di carico antrópico né la realizzazione di strutture, si ritiene che non sia necessaria l'adozione di specifiche misure di mitigazione e sicurezza.

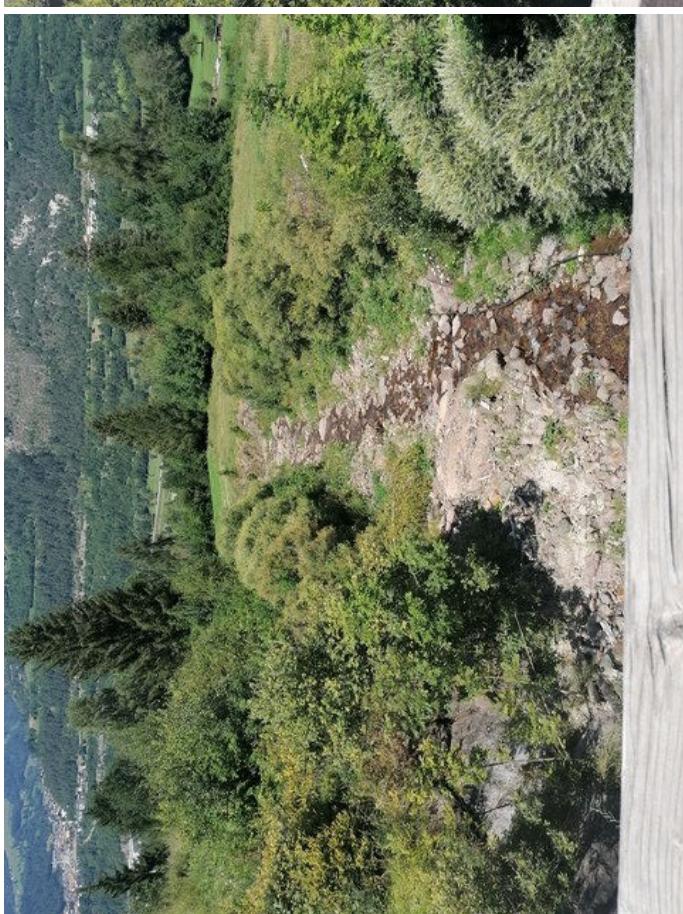
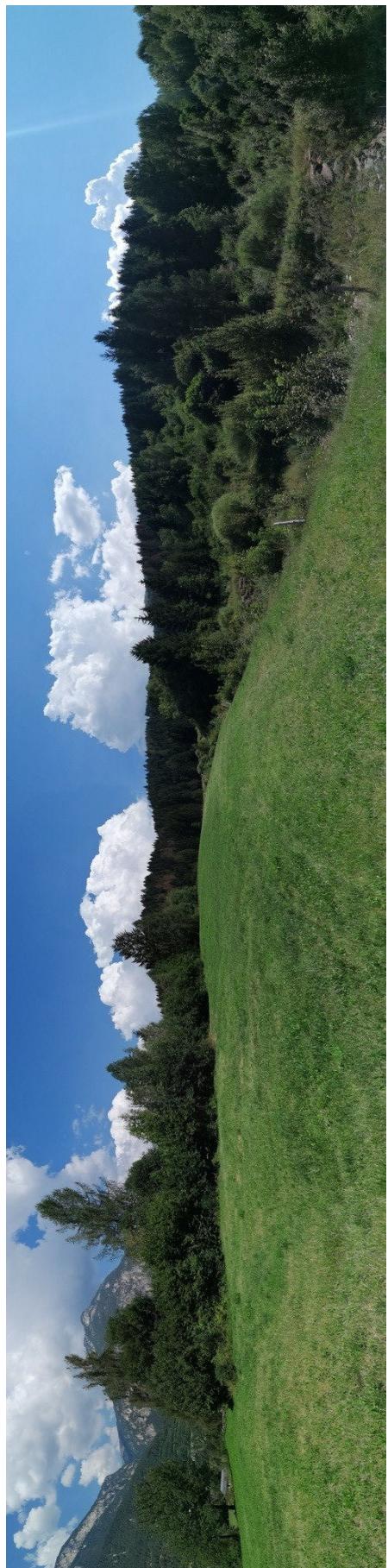
4. CONCLUSIONI E COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON LA PERICOLOSITÀ DEL SITO

In riferimento alle Norme di Attuazione del PUP vigente e in maniera pertinente e commisurata alla rilevanza e caratteristiche della variante proposta:

- a)** i fenomeni attesi al sito in esame sono esclusivamente di tipo alluvionale-torrentizio;
- b)** non sono individuabili altri fenomeni concomitanti in relazione agli interventi per messi dalla variante;
- c)** la variante non comporta alcun incremento del carico insediativo dell'area;
- d)** il corso d'acqua è stato nel tempo oggetto di sistemazioni idrauliche (briglie filtranti, piazza di deposito, briglie di consolidamento, risagomatura d'alveo, ecc.) che permettono la fattiva e significativa riduzione dello specifico rischio per eventi con $Tr=200$ anni, ed anche come verificatosi in occasione dell'evento Vaia del 2018, occasione che ha dimostrato l'efficacia della piazza di deposito;
- e)** la variante non modifica l'assetto idrogeologico dell'area né introduce nuovi elementi di vulnerabilità, riguardando un'area essenzialmente già compresa nel compendio agricolo;
- f)** l'effetto dei fenomeni attesi su persone e opere è di fatto trascurabile o nullo anche grazie alle opere già esistenti;
- g)** non saranno necessarie nuove misure di mitigazione e sicurezza;
- h) la variante proposta risulta compatibile con la pericolosità reale dell'area.**

Trento, agosto 2022





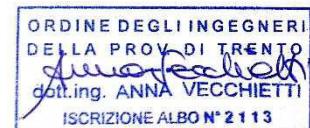


ing. Anna Vecchietti
✉ 226itav@gmail.com - ☎ +39 338 8810900
C.F. VCCNNA72B51L378O - P.IVA 02163300227

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - COMUNE DI TESERO



Opere di ricostruzione ex novo di ponte carrabile sul rio Fassanel in loc. Tresselume (p.f. 5795/20 C.C. Tesero)



PROGETTO ESECUTIVO

Studio di compatibilità idraulica

COMM.	DOC.	REV.	DESCRIZIONE	EMESSO	CONTR.	APPR.	DATA
073	R1	0	Prima emissione	A.V.	A.V.	A.V.	DICEMBRE 2021

SOMMARIO

1	OGGETTO	1
2	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	2
3	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ	4
4	DESCRIZIONE DEL RIO FASSANEL	6
4.1.	Geologia e geomorfologia	7
4.2.	Analisi storica eventi alluvionali	7
4.3.	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale	8
5	MODELLAZIONE IDROLOGICA	11
5.1.	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio Fassanel	11
5.2.	Geolitologia, uso del suolo e CN	13
5.3.	Analisi idrologica	15
5.3.1.	Modello geomorfologico AdB-ToolBox	15
5.3.2.	Dati di input	16
5.3.3.	Idrogramma liquido	19
5.3.4.	Idrogramma di colata	20
6	ANALISI IDRAULICA	22
6.1.	Fondamenti matematico-numerici del codice Hec-RAS	22
6.2.	Geometria	23
6.2.1.	Stato attuale	23
6.2.2.	Stato di progetto	24
6.3.	Sezioni trasversali: caratteristiche geometriche ed idrauliche	26
6.4.	Condizioni iniziali: portata di piena	26
6.5.	Condizioni al contorno	27
6.6.	Strutture idrauliche	27
6.7.	Scenari di analisi	30
6.8.	Applicazione del modello allo stato attuale al passaggio della portata liquida	31
6.9.	Applicazione del modello allo stato attuale al passaggio della colata	32
6.10.	Applicazione del modello allo stato di progetto al passaggio della portata liquida	34
6.11.	Applicazione del modello allo stato di progetto al passaggio della colata	35
6.12.	Franco idraulico del ponte oggetto degli interventi	37
6.12.1.	Stato attuale - portata liquida	37
6.12.2.	Stato attuale - colata	38
6.12.3.	Stato di progetto - portata liquida	38
6.12.4.	Stato di progetto - colata	39
7	CONCLUSIONI	40
8	RIFERIMENTI NORMATIVI	41
9	ALLEGATO	42
9.1.	Profilo di moto allo stato attuale al passaggio della portata liquida	42
9.2.	Profilo di moto allo stato attuale al passaggio della colata	43
9.3.	Profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida	44
9.4.	Profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida	45



ing. Anna Vecchietti

Comune di Tesero
Opere di ricostruzione ex novo di ponte carrabile sul rio Fassanel in loc. Tresselume
(p.f. 5795/20 C.C. Tesero)

Doc.: R 1.0
Data: dicembre 2021

Progetto esecutivo - Studio di compatibilità idraulica

1 OGGETTO

Oggetto della presente è lo studio di compatibilità idraulica ai sensi del D.M. Infrastrutture 17.01.2018 relativa alle opere di ricostruzione ex novo del ponte carrabile sul rio Fassanel in loc. Tresselume (p.f. 5795/20 C.C. Tesero).

La Carta di Sintesi della Pericolosità colloca infatti la particella in esame all'interno di aree "P4 - penalità ordinaria elevata" per fenomeni torrentizi legati alla presenza del rio Fassanel e "P1 - penalità trascurabile o assente" per fenomeni litogeomorfologici.

In considerazione delle indicazioni della cartografia in esame, si analizzerà di seguito l'intervento in progetto con riferimento alle previsioni della Carta di Sintesi della Pericolosità.

2 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

L'infrastruttura oggetto degli interventi di ricostruzione si trova in loc. Tresselume, nel Comune di Tesero. Il ponte collega un'abitazione ubicata in sinistra orografica del rio Fassanel alla viabilità locale (via Tresselume).



Figura 1: ortofoto dell'area oggetto degli interventi sul ponte stradale esistente

Gli interventi previsti in progetto interessano le pp.ff. 5795/16, 5795/21 e 5795/20 del C.C. di Tesero; quest'ultima particella è riferita al rio Fassanel.

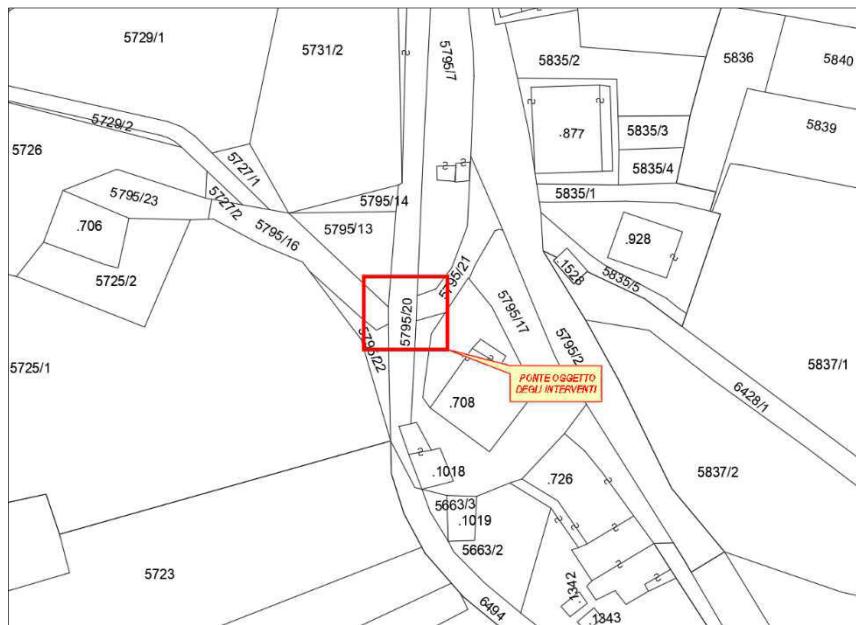


Figura 2: estratto mappa catastale dell'area oggetto degli interventi sul ponte stradale esistente

L'opera di rifacimento appare necessaria a causa del precario stato di conservazione della struttura esistente, le cui condizioni non ne permettono più l'utilizzo in sicurezza.

L'Amministrazione comunale, effettuati gli opportuni sopralluoghi e le necessarie verifiche, ha rilevato che diviene più conveniente demolire il ponte esistente e ricostruirlo interamente.

L'utilizzo del manufatto è necessario in particolare per le attività agricole delle aziende presenti in loco e per l'accesso ad un'abitazione.

Il ponte esistente è stato realizzato mediante la posa di base di profilati in acciaio non trattato con funzione portante e pavimentato superiormente con semplici tavole in legno massiccio con funzione di chiusura e piano per il transito dei mezzi.

Le travi portanti in metallo non poggiano su fondazioni dedicate, ma attraverso la realizzazione di un cordolo in cemento di raccordo, gravano sulle sponde dell'arginatura artificiale del torrente sottostante.

Ad entrambi i bordi del ponte è presente un elemento in tutta lunghezza in legno con funzione di irrigidimento e di collegamento dei vari elementi di copertura del piano viabile.

La struttura esistente, in legno e metallo, verrà quindi sostituita da un nuovo impalcato in calcestruzzo con le caratteristiche strutturali per la carrabilità veicolare e con le adeguate opere complementari imposte dalla Normativa Tecnica in vigore per la tipologia del manufatto.



Figura 3: Immagini dell'area oggetto degli interventi sul ponte stradale esistente - vista dell'infrastruttura da monte (sinistra) e da valle (destra)

3 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

In data 04.09.2020 sono state approvate dalla Giunta Provinciale le *Carte della Pericolosità* e la *Carta di Sintesi della Pericolosità* su tutto il territorio provinciale.

La *Carta di Sintesi della Pericolosità* è uno degli elementi costituenti il PUP ed ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo.

Sulla base della classificazione della pericolosità dei fenomeni geologici, idrologici e nivologici o forestali, derivante dalla combinazione dei fattori di pericolo e condotta nelle carte della pericolosità previste dalla legge in materia di protezione civile, la *Carta di sintesi della pericolosità* individua le aree con diversi gradi di penalità (elevata, media, bassa e altri tipi di penalità), dettandone la relativa disciplina urbanistica attraverso gli articoli 15-16-17-18 delle norme del PUP.

Con l'entrata in vigore, in data 02.10.2020, delle *Carte della Pericolosità* e della *Carta di Sintesi della Pericolosità* su tutto il territorio provinciale cessano di applicarsi le disposizioni le disposizioni della *Carta di sintesi geologica* e le disposizioni in materia di uso del suolo del *Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP)*.

In base alle indicazioni della *Carta di Sintesi della Pericolosità* le aree interessate dagli interventi si collocano all'interno di:

- ✓ aree "P4 - penalità ordinaria elevata" per fenomeni torrentizi legati alla presenza del rio Fassanel e "P1 - penalità trascurabile o assente" per fenomeni litogeomorfologici.
- ✓ aree "P2 - penalità ordinaria bassa" (in sponda sinistra) e "P1 - penalità trascurabile o assente" (in sponda destra) per fenomeni litogeomorfologici.



Figura 4: estratto della CSP con evidenziazione delle aree di interesse (nel cerchio verde)

La Carta delle penalità alluvionali torrentizie convalida le previsioni della Carta di Sintesi della Pericolosità, confermando la classificazione della zona come area "P4 - penalità ordinaria elevata" per fenomeni torrentizi.

Lo stesso vale per la Carta delle pericolosità alluvionali torrentizie, che descrive e classifica le porzioni del territorio interessate dai fenomeni alluvionali legati al reticolo idrografico torrentizio e colloca la zona oggetto degli interventi in aree classificate "HP - potenziale" per la presenza del rio Carera.

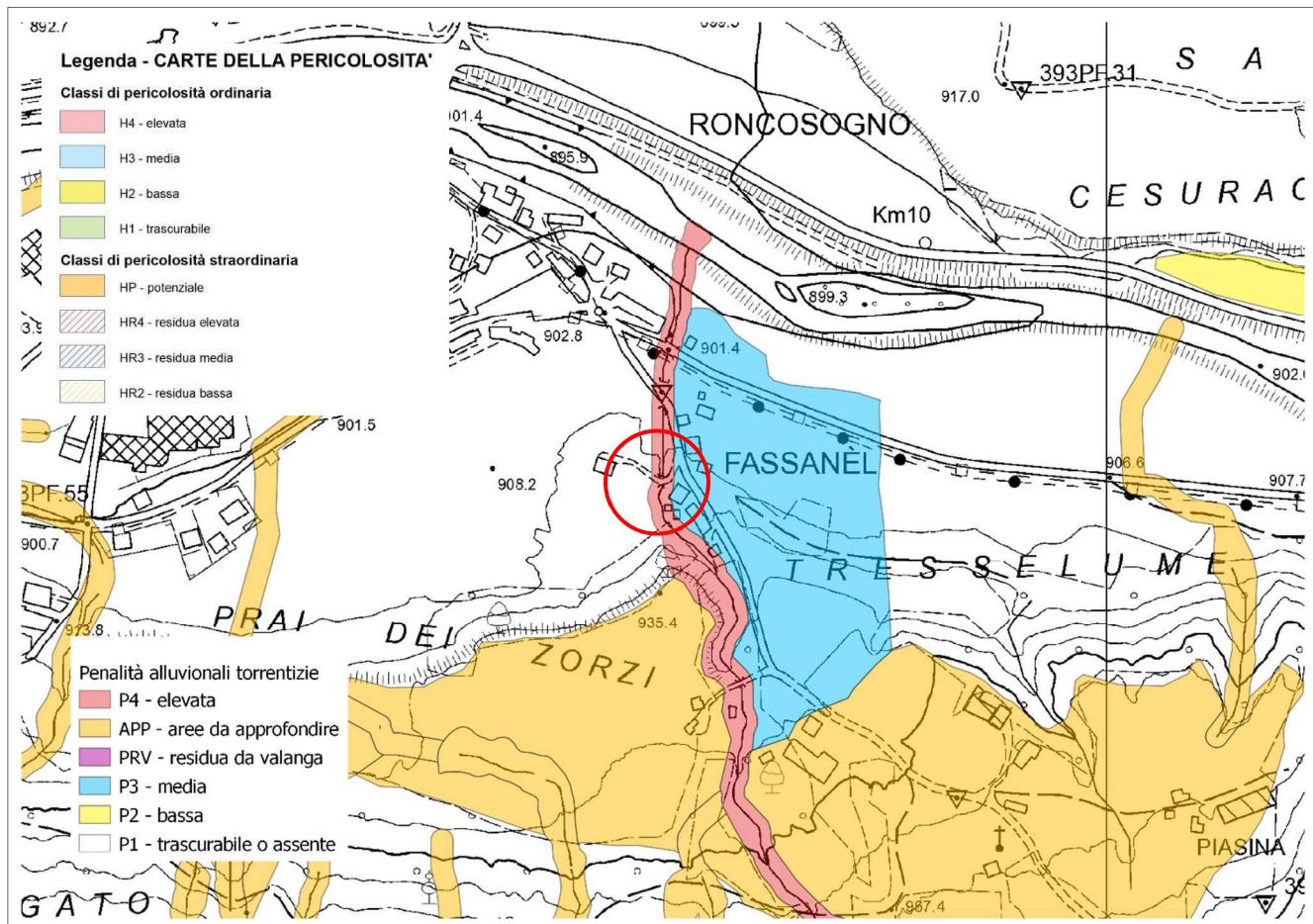


Figura 5: estratto delle Carte della pericolosità e della penalità alluvionale torrentizia per le aree di interesse (nel cerchio rosso)

4 DESCRIZIONE DEL RIO FASSANEL

Il rio Fassanel (o rio Val del Bus) nasce sul Pian del Baldòn ad una quota di circa 1'700 m s.l.m.; da qui il suo corso scende solcando la val del Bus in direzione prevalente sud-nord, attraversa sul fondovalle le località Pian dei Zorzi e Tresselume e - all'altezza dell'abitato di Fassanel - confluisce in sponda sinistra del torrente Avisio, ad una quota di circa 900 m s.l.m..

La maggior parte del tracciato scorre a cielo aperto, ad esclusione dei punti di interferenza con le infrastrutture stradali esistenti che attraversano il rio con dei ponti con caratteristiche e dimensioni variabili.

Come descritto ampiamente di seguito, allo stato attuale il rio risulta interessato da numerose opere di sistemazione idraulica: infatti, a partire dal 2003 il Servizio Bacini Montani ha dato il via ad una serie di lavori sul corso d'acqua finalizzati alla riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Fassanel.

Gli interventi sono consistiti nella realizzazione lungo il corso d'acqua di briglie (in massi legati e cementati, di consolidamento o filtranti), piazze di deposito, soglie e scogliere in massi legati, cunettoni (che attraversa l'abitato di Fassanel).

Nel tratto in esame, la sezione del rio è caratterizzata da un fondo in lastre cementate e da sponde costituite da muri con paramento pressoché verticale in calcestruzzo, rivestiti in alcuni tratti in lastre cementate.

Nei tratti più a monte le sezioni cambiano tipologia: le sponde sono per lo più in massi cementati, mentre sul fondo - in terreno naturale - si trovano dei massi di dimensioni variabili, ma non particolarmente significative.



Figura 6: tipologia delle sezioni del rio Fassanel nel tratto oggetto di studio

Si riporta nei paragrafi che seguono una descrizione più accurata del corso d'acqua, estratta dalla "Consulenza relativa all'applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità" commissionata dal Servizio bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento al dott. for. amb. Diego Sonda nel gennaio 2011.

4.1. Geologia e geomorfologia

Il bacino idrografico del rio Fassanel presenta in testata dei diffusi affioramenti rocciosi impermeabili incisi da un reticolo idrografico pennato ad aste rettilinee e sub parallele molto pendenti.

Questo permette una rapida trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali.

Si possono, infatti, verificare rapidi aumenti dei valori di portata con formazione di fenomeni di colata detritica. Dall'esame delle immagini LIDAR si evidenzia come la porzione di bacino con forme geomorfologiche più evidenti sia la testata, con in località Alaree, Sass dal Boae numerose scarpate di erosione nella copertura morenica e detritica.

Nella parte terminale il rio scorre in una forra rocciosa interessata da fenomeni di crollo.

Il conoide di deiezione è caratterizzato da forme tipiche dei fenomeni di trasporto di massa tipo debris flow, con blocchi anche metrici di porfido.

4.2. Analisi storica eventi alluvionali

L'analisi storica dei principali eventi alluvionali riportati nei testi, che raccontano la storia e le origini dei paesi della Val di Fiemme, non menziona il rio Fassanel o rio del Bus; le informazioni riportate sono generiche e riferite al fondovalle, in particolar modo ai danni arrecati dal torrente Avisio.

La consultazione delle perizie inerenti gli interventi di sistemazione idraulico forestale, depositate presso l'archivio Storico della Provincia Autonoma di Trento, ha evidenziato l'assenza di perizie storiche relative al rio Fassanel, anche se al verificarsi dell'evento alluvionale del 1966 si registrarono gravi danni al cunettone presente.

Infatti, prima dell'alluvione del novembre 1966, il rio Fassanel non era che un piccolo ruscello asciutto per la maggior parte dell'anno e periodicamente alimentato dalle precipitazioni o dallo scioglimento delle nevi.

Dalla descrizione dei danni arrecati dall'alluvione del 1966 sembra che vi siano state delle opere in precario stato di manutenzione solo nella parte inferiore del corso d'acqua.

Nella perizia del 23 agosto 1967, riferendosi al rio Fassanel, si legge quanto segue:

... Dal punto di vista idraulico-forestale non aveva mai destato eccessive preoccupazioni e da molti anni non era stato oggetto di lavori di sistemazione. Durante la recente alluvione la sua torrenzialità si è scatenata in modo del tutto sproporzionata all'ampiezza del bacino. L'erosione di fondo e di sponda verificatasi nel corso medio e superiore ha caricato la corrente in grandi masse di materiale detritico frammisto a vegetazione arborea e arbustiva che, trascinato a valle, è venuto a depositarsi nella parte inferiore del corso ostruendone completamente la sezione di deflusso e distruggendo le vecchie e malandate opere di sistemazione. La corrente uscita dal letto naturale, ha semisommerso alcune abitazioni della frazione, sotto un'enorme massa detritica di medie e grosse dimensioni ed ha inghiacciato una estesa zona pratica della conoide di deiezione. Il fenomeno, assolutamente sproporzionato all'entità del bacino, appare spiegabile considerando l'effetto dei tronchi che, sradicati dall'erosione idrica, cadevano nell'alveo formando un intricato ammasso che sbarrava la valle e che poi cedeva di schianto sotto la forza della spinta idrodinamica. Nonostante i lavori di pronto intervento attuati subito dopo l'alluvione, dai privati e dagli enti pubblici, gli effetti dell'alluvione sono ancora ben visibili. Le strade comunali e vicinali sono ovunque interrotte o danneggiate, i terreni sono inghiacciati e molti abitati della frazione di Fassanel appaiono ancora gravemente devastati".

La descrizione del fenomeno verificatosi durante l'alluvione del 1966, anche in assenza di foto che documentano l'accaduto, può essere ricondotto ad un evento di colata detritica che si è innescato nella parte medio alta del bacino e si è propagata fino al conoide, dove si è arrestata non prima di aver invaso le abitazioni ed i prati circostanti.

In seguito agli interventi posti in essere con la perizia del 1967, il rio Fassanel è stato interessato da soli interventi di ordinaria manutenzione, dei quali è stata rinvenuta scarsa documentazione.

Dal 25 al 29 novembre 2002 il Trentino è stato interessato da condizioni di maltempo eccezionali, con diffuse e persistenti precipitazioni che hanno determinato un repentino ingrossamento dei corsi d'acqua con franamenti di versante, che in alcuni casi hanno innescato fenomeni di trasporto solido o colate detritiche. Tali fenomeni alluvionali sono stati favoriti da precipitazioni localmente intense (70 - 120 mm nelle 24 ore, con piogge cumulate prossime ai 300 mm), associate ad un sensibile aumento delle temperature con innalzamento del limite della neve fino a circa 2'200 - 2'300 metri.

Le eccezionali condizioni di maltempo e i relativi danni alluvionali hanno reso necessaria la dichiarazione dello stato di emergenza (decreto del Presidente della Giunta Provinciale n. 100, data 27 novembre 2002).

Nel bacino del fiume Avisio, il fenomeno alluvionale più significativo e pericoloso si è verificato proprio sul rio Fassanel, dove una colata detritica ha coinvolto l'abitato omonimo, frazione del Comune di Tesero. Nella serata di martedì 26 novembre, un piccolo franamento del versante boschato, fra le quote 1'360 - 1'435 m s.l.m., a monte della strada forestale per il Baito della Busa, ha innescato una colata detritica di modesta intensità, circa 2'000 m³ di fango e detriti. Questi ultimi, dopo aver travolto il ponte a quota 1'350 m s.l.m., hanno percorso la parte centro - inferiore del collettore principale, per un tratto di circa 1.1 km, ed hanno sovralluvionato il ponte in c.a. della strada forestale della val del Bus, all'apice del conoide (quota 1'023 m s.l.m.).

Il materiale detritico, fluidificato dalla corrente di piena, si è diviso in due flussi, che hanno seguito percorsi ben distinti:

1. il flusso principale si è incanalato lungo l'alveo naturale ed ha raggiunto il cunettone in calcestruzzo, che lambisce l'abitato di Fassanel. Tale manufatto, realizzato dopo la colata detritica del novembre 1966, è riuscito a smaltire il trasporto solido fino all'Avisio, senza particolari problemi alle sezioni di deflusso ed agli attraversamenti, fatta eccezione per la passerella in legno della pista da sci nordico, realizzata per i mondiali di Fiemme 2003, che è stata travolta e sommersa dai detriti;
2. il flusso secondario, deviato dal ponte verso la sponda destra, si è incanalato lungo la strada forestale in direzione del Maso Piasina e dell'abitato di Fassanel, che è stato così invaso dall'acqua e dai detriti più fini. I piani inferiori delle abitazioni, gli scantinati, i garage ed una stalla sono stati interessati da allagamenti e depositi di fango e ghiaia. I sedimenti trasportati dalla corrente hanno danneggiato la viabilità comunale, determinando anche l'intasamento delle reti delle acque bianche ed il danneggiamento di altri sottoservizi.

4.3. Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

L'anno successivo all'alluvione del 1966 è stata redatta una perizia per sistemare il rio Fassanel ed in particolare il tratto di attraversamento dell'omonima frazione. Come si legge nella perizia dell'agosto 1967 lo scopo era, "... di ripristinare la vecchia sistemazione del tratto di rivo attraversante l'abitato della frazione di Fassanel onde preservare almeno gli abitati ed i terreni adiacenti da future tracimazioni ed inghiaiamenti.".

Con l'intervento previsto dalla perizia citata è stato ricostruito il tratto di cunettone, che attraversa l'abitato di Fassanel, per una lunghezza di circa 110 metri, chiuso a monte da due piccole briglie. Si tratta di un'opera realizzata in sostituzione del vecchio e malandato cunettone, quasi completamente distrutto dall'alluvione. Questo manufatto, secondo le intenzioni del progettista, "... oltre ad offrire alla corrente una sufficiente sezione di deflusso, sarà atta a favorire lo scarico nel torrente Avisio, della congeria detritica avallata dalla parte media e alta del bacino". (Figura 7).

Tale considerazione si è dimostrata corretta nel corso dell'evento del novembre 2002, nonostante gli interventi attuati dopo l'alluvione del 1966 si siano fermati in prossimità dell'abitato e non abbiano considerato la possibilità di fuoriuscite di materiale all'apice del conoide, con aggiramento delle opere di sistemazione presenti più a valle.

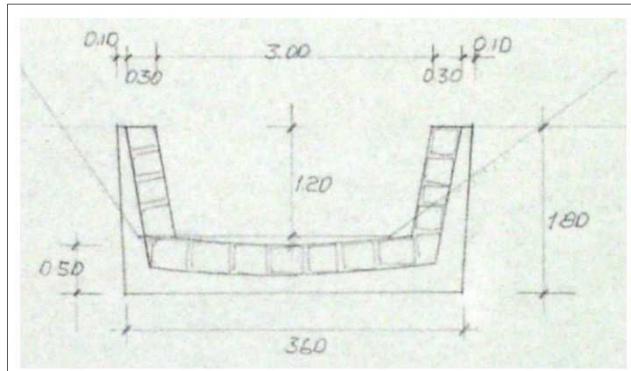


Figura 7: opera tipo del cunettone previsto nella perizia dell'agosto 1967

A seguito degli eventi accorsi nel novembre 2002 sono stati effettuati i primi interventi di competenza del Servizio Sistemazione montana per la messa in sicurezza del conoide e dell'abitato di Fassanel.

A monte del fronte di frana si è effettuato un intervento di raccolta ed allontanamento delle acque superficiali, che si incanalavano lungo l'incisione del versante, per scongiurare ulteriori fenomeni di instabilità del dissesto e della nicchia di distacco.

Sul tratto inferiore del corso d'acqua, entro la prima metà di dicembre 2002, sono stati realizzati alcuni lavori di svaso all'apice del conoide e lungo il corso d'acqua per scongiurare ulteriori fuoriuscite di materiale detritico.

In particolare:

- ✓ formazione di un terrapieno deviatore, protetto da scogliera, a monte del ponte della strada forestale, per evitare nuove fuoriuscite di materiale verso il Maso Piasina;
- ✓ ripristino delle sezioni di deflusso e svasi dell'alveo con formazione di una zona di deposito sul conoide, a monte dell'abitato di Fassanel;
- ✓ ripristino delle condizioni di deflusso e dell'alveo in corrispondenza dei due attraversamenti della pista da sci, con attraversamenti provvisori per ridare continuità al percorso e consentire il regolare svolgimento delle competizioni mondiali di sci nordico;
- ✓ svaso dell'alveo e ripristino delle sezioni nel tratto terminale, fra il vecchio ponte della ferrovia e l'Avisio.

Nel corso della stagione successiva all'evento alluvionale (perizia del 10 gennaio 2003), si sono quindi avviati i lavori strutturali a carattere definitivo, finalizzati a garantire un sufficiente grado di sicurezza all'abitato di Fassanel.

Gli interventi sono consistiti in:

- ✓ realizzazione di una briglia di consolidamento in c.a., immediatamente a valle della strada forestale, a quota 1'350 m s.l.m.;
- ✓ realizzazione di una briglia di consolidamento in c.a., ad arco, posizionata fra le sponde rocciose presenti a quota 1'255 m s.l.m., in corrispondenza della confluenza dei tre collettori superiori nel corso principale del rio Fassanel;

- ✓ realizzazione di una briglia a contrafforti, con funzioni di frangi colata, dotata di filtro metallico inclinato per il controllo del trasporto solido e con una zona di deposito con terrapieni in scogliera, ubicata all'apice del conoide in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale della Val del Bus. Tale intervento ha comportato la demolizione del ponte in c.a., il quale è stato ricostruito più a valle, con ripristino e nuovi raccordi della viabilità forestale;
- ✓ riadeguamento delle sezioni di deflusso e consolidamento dell'alveo nella parte centro - superiore del conoide, fra l'opera di controllo del trasporto solido e le briglie in c.a. realizzate nel 1967, a chiusura della canalizzazione di Fassanel. La nuova sistemazione è stata eseguita con criteri morfologici, impiegando massi legati o cementati per la realizzazione delle opere trasversali (briglie in massi legati e cementati o soglie in massi legati) e di quelle longitudinali (scogliere con fondazione legata o coperture diffuse con massi e salici);
- ✓ realizzazione di una seconda zona di controllo del trasporto nel tratto intermedio del conoide, sfruttando l'allargamento dell'alveo ed il cambio di pendenza in corrispondenza degli attraversamenti della pista di sci nordico.

Nel corso del 2004 (perizia del 5 aprile) si sono invece avviati i lavori finalizzati al consolidamento del corpo di frana, che ha innescato la colata detritica fra le quote 1'350 e 1'435 m s.l.m., e sulla quale si era intervenuti con sommarie, ma efficaci opere di drenaggio e convogliamento delle acque immediatamente dopo l'evento; i lavori di consolidamento sono terminati nel 2005.

Si è provveduto a stabilizzare il piede della frana mediante un'opera mista in legname e calcestruzzo realizzata immediatamente a monte della strada forestale e resa urgente per la contestuale realizzazione del ponte sulla medesima arteria ad opera del Comune di Ziano.

Si è poi provveduto ad allontanare, per quanto possibile, le acque di scorrimento superficiali e non, a monte della nicchia di frana, mediante drenaggi e canalizzazione fino ad impluvi stabili, nonché la realizzazione di alcune opere in legname, nell'ottica di attuare un intervento "leggero" e finalizzato a contribuire al naturale processo di stabilizzazione del versante.

Nel 2006 è proseguita l'opera di sistemazione a valle della briglia filtrante posta all'apice del conoide dell'abitato di Fassanel, mantenendo la medesima tipologia d'intervento adottata negli anni precedenti.

È stato regolarizzato l'alveo attraverso la costruzione di n. 4 briglie in massi legati e cementati, n. 16 soglie in massi legati e circa 90 metri di scogliere in massi legati.

Sempre nel 2006 il Comune di Tesero ha provveduto al rifacimento del ponte esistente sulla strada comunale a quota 935 m s.l.m..

Nel 2007 è stato eliminato l'attraversamento in legname della pista da sci di fondo posto a quota 960 m s.l.m., mediante la formazione di un guado in massi cementati e la costruzione di una briglia in massi legati e cementati.

Nel 2008 (perizia del 18 febbraio), si è provveduto al consolidamento dell'alveo con soglie in massi e scogliera. Tale intervento rappresenta la prosecuzione dell'opera di sistemazione iniziata nel corso del 2003, successivamente alla realizzazione della briglia filtrante all'apice del conoide dell'abitato di Fassanel.

I vari interventi eseguiti dal 2003 fino al 2008 sono stati completati con lavori di rinverdimento e cespugliamento delle aree interessate dai lavori o dal cantiere.

5 MODELLAZIONE IDROLOGICA

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo *GIS Adb-ToolBox*, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto.

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio Fassanel in corrispondenza della confluenza con il torrente Avisio, circa 180 m a monte del ponte oggetto degli interventi.

5.1. Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio Fassanel

Nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio Fassanel a quota 897.91 m s.l.m., in corrispondenza della confluenza con il torrente Avisio: tale bacino presenta una superficie totale pari a 2.8 km².

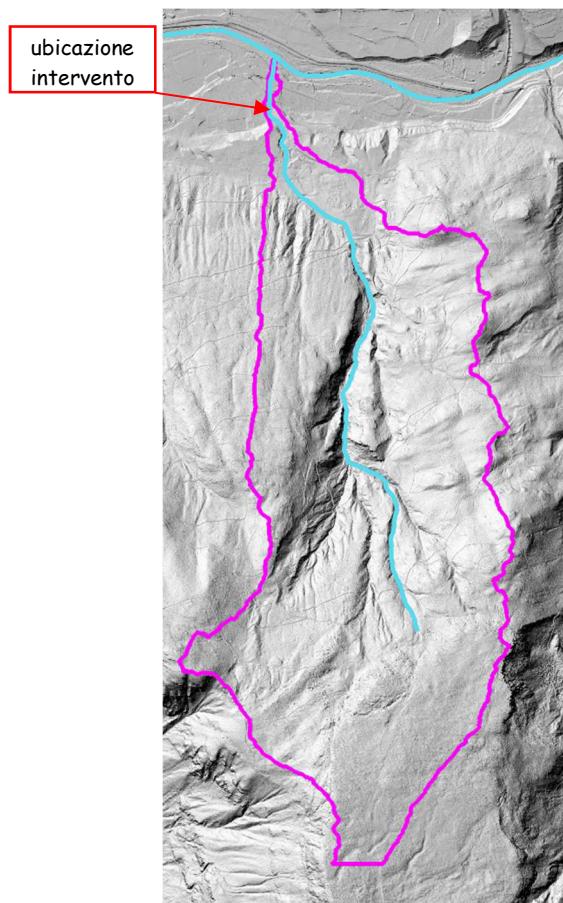


Figura 8: bacino imbrifero del rio Fassanel chiuso a quota 897.91 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione dell'intervento

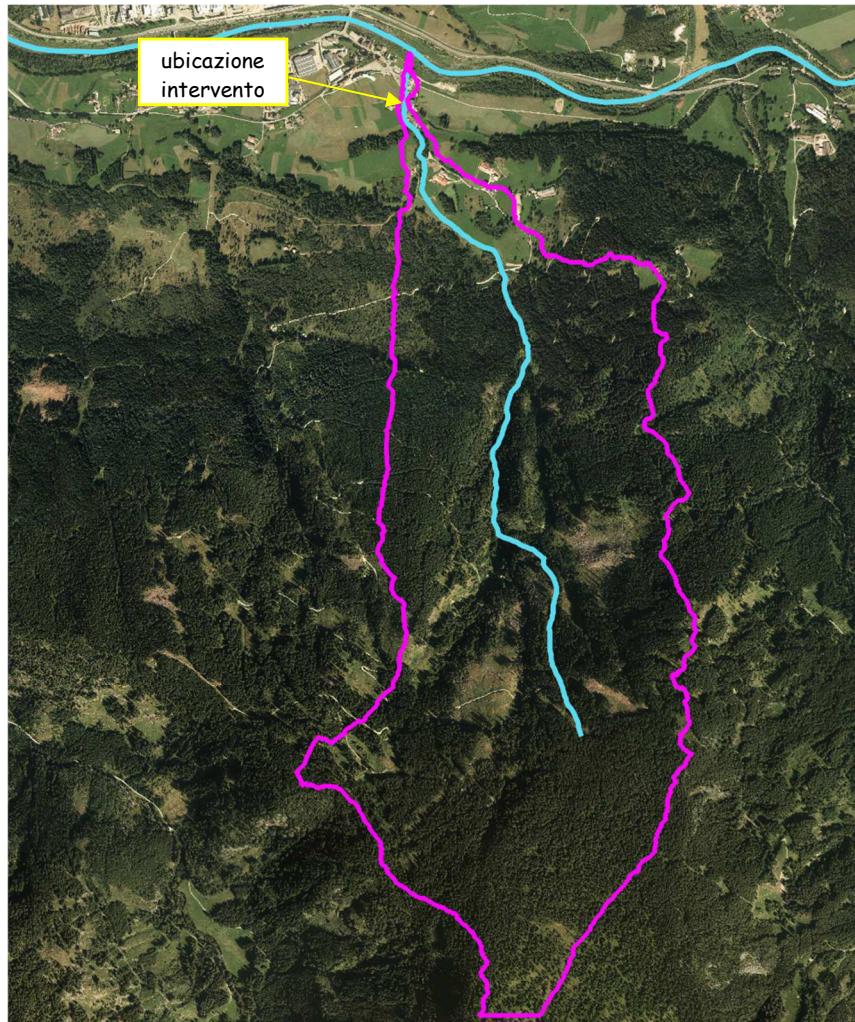


Figura 9: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione dell'intervento

Si riportano di seguito in Tabella 1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio Carera utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 10 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	694'618.786
Coordinata N sezione di chiusura	5'128'640.179
Area Bacino [km ²]	2.824
Altitudine media [m s.l.m.]	1'454.74
Altitudine minima [m s.l.m.]	897.55
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'006.47
Pendenza media del bacino [%]	49.06

Tabella 1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del Fassanel chiuso a quota 897.91 m s.l.m.

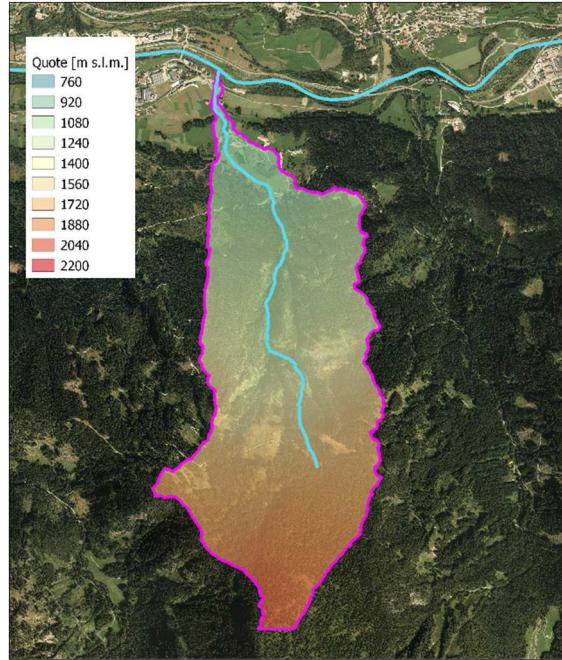


Figura 10: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

5.2. Geolitologia, uso del suolo e CN

Le carte della litologia e dell'uso del suolo del bacino idrografico permettono di definire la capacità drenante del sistema suolo-soprassuolo e di procedere contestualmente alla determinazione dello ietogramma efficace ai fini del deflusso superficiale.

La suddivisione delle piogge viene effettuata attraverso il metodo SCS valutando il valore del parametro Curve Number (CN), indicatore dell'attitudine del complesso suolo-soprassuolo a produrre deflusso superficiale.

La carta dell'uso del suolo permette di caratterizzare la capacità di deflusso del soprassuolo, mentre la carta della permeabilità è rappresentativa del substrato geologico, che è dotato di una permeabilità primaria, collegata alle caratteristiche intrinseche della roccia, e di una permeabilità secondaria, rappresentativa dello stato di fratturazione.

Le caratteristiche di permeabilità vengono sintetizzate in un unico indice che deriva dalla riclassificazione della carta geolitologica in quattro gruppi idrologici:

- Permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi, conducibilità idraulica alta (rocce calcaree fossilifere organogene molto fratturate, depositi alluvionali, falde e coni di detrito, tufi incoerenti, ceneri);
- Permeabilità medio-alta, suoli con moderata infiltrabilità se saturi, tessitura medio grossolana, conducibilità idraulica media (morene, coltri eluviali e colluviali, sabbie conglomerati e sabbioni cementati, rocce in genere molto fratturate);
- Permeabilità medio-bassa, suoli con bassa infiltrabilità se saturi, tessitura medio fine, conducibilità idraulica bassa (rocce sedimentarie compatte, rocce dolomitiche compatte, rocce calcaree compatte, rocce fratturate);
- Permeabilità bassa, alta capacità di deflusso, suoli con ridottissima infiltrabilità se saturi, suoli ricchi di argilla rigonfiante, conducibilità idraulica estremamente bassa (rocce eruttive intrusive e magmatiche, rocce argillose, rocce metamorfiche).

USO DEL SUOLO	CLASSE DI PERMEABILITÀ	CN			
		A	B	C	D
	Fustaia densa di conifere	18	27	40	50
	Fustaia rada di conifere	23	32	50	55
	Ceduo scadente	35	45	58	68
	Lariceti, cembrete e larici-cembrete	40	48	63	75
	Pascoli nudi o arborati	37	50	68	75
	Prati e colture agrarie	41	47	65	76
	Improduttivo nudo	45	55	70	80
	Aree urbanizzate	80	85	90	95
	Rupi boscate	40	50	65	75
	Arbusteti e mughete	38	45	60	70
	Bosco di latifoglie	25	36	50	55
	Pinete di Pino silvestre e/o Pino nero	38	49	64	73
	Piste da sci	50	65	75	80
	Zone incendiate	70	75	80	88
	Laghi e corsi d'acqua	99	99	99	99
	Paludi e zone umide	90	90	90	90
	Ghiacciai	95	95	95	95

Tabella 2: parametro CN in funzione dell'uso del suolo e della permeabilità

Si riporta di seguito Figura 11 in la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio Fassanel esaminato nell'analisi idrologica.

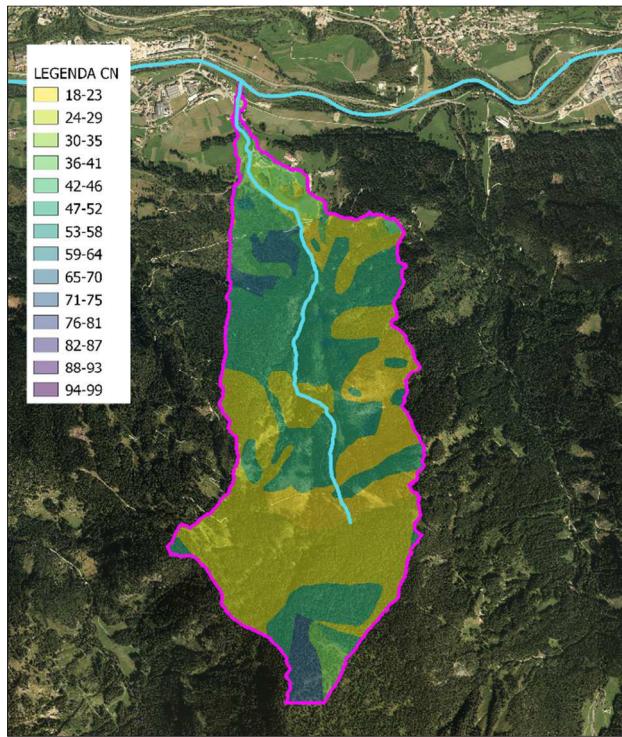


Figura 11: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

5.3. Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio Fassanel a quota 897.91 m s.l.m., circa 200 m a valle dell'infrastruttura oggetto degli interventi di sistemazione, in corrispondenza della confluenza del rio nel torrente Fersina: tale bacino presenta una superficie totale pari a 2.8 km².

5.3.1. Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Si riportano di seguito alcune indicazioni presenti nel manuale d'uso.

Il modello adottato propone un'applicazione distribuita dell'approccio geomorfologico combinando le equazioni del Soil Conservation Service per il calcolo della pioggia efficace, il metodo cinematico per la propagazione del deflusso superficiale alla sezione di chiusura ed un serbatoio lineare per la simulazione del deflusso di base. Si tratta di un approccio consolidato nella letteratura tecnica e nella pratica operativa, le cui potenzialità nei settori della pianificazione territoriale e della progettazione di interventi di difesa idraulica sono note. È tuttavia opportuno evidenziarne alcuni limiti applicativi allo scopo di non incorrere in errate interpretazioni dei risultati forniti dallo strumento stesso. Lo schema modellistico adottato è di tipo semplificato ed è indirizzato a cogliere in modo concettuale i processi ritenuti più importanti nel determinare la risposta idrologica di piena di un bacino idrografico montano. Si ritiene che una superficie di 200-250 km² costituisca il limite superiore per l'applicazione del modello: su bacini di dimensioni maggiori, infatti, potrebbero diventare importanti fattori non previsti dallo schema modellistico quali la distribuzione non uniforme della precipitazione o la necessità di ricorrere ad una simulazione più raffinata dei meccanismi di propagazione lungo la rete idrografica.

Nei limiti di estensione territoriale indicati, risultati soddisfacenti possono essere ottenuti solo avendo a disposizione i seguenti livelli informativi:

- ✓ il modello digitale del terreno per definire le direzioni di deflusso, l'area contribuente, il reticolo idrografico;
- ✓ la carta del CN;
- ✓ i parametri cinematici della propagazione dell'onda di piena ossia la velocità media sul versante e nel canale;
- ✓ i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica.

È evidente che la qualità di tali livelli informativi costituisce un presupposto in grado di influenzare direttamente i risultati della simulazione idrologica. Un elevato standard qualitativo dei dati di input è conseguibile con idonee procedure di validazione, ma esso tuttavia non garantisce da solo la validità dei risultati della simulazione stessa. A tale obiettivo si può pervenire solo attraverso una fase di taratura e validazione dei parametri del modello da condurre sulla base di riscontri di natura oggettiva principalmente costituiti da registrazioni idrometriche di eventi di piena realmente accaduti. Tale fase non può che essere messa in atto dagli utenti con specifico riferimento all'area di indagine ed utilizzando preferibilmente i quantili derivati da procedure di regionalizzazione statistica dell'informazione idrometrica. Di qualche aiuto può risultare anche la simulazione di alcuni singoli eventi di piena registrati utilizzando una delle opzioni previste dal modello. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, peraltro, è opportuno ricordare che lo schema modellistico

non prevede meccanismi dinamici di "moisture accounting" e di conseguenza non è in grado di simulare in modo adeguato eventi di lunga durata con più massimi di precipitazione distanziati nel tempo.

5.3.2. Dati di input

Si descrivono di seguito i dati di input utilizzati per le simulazioni effettuate nel caso in esame.

Il **modello digitale del terreno** (DTM) è costituito da un raster ottenuto dal rilievo Lidar disponibile sul WEBGIS della PAT ed effettuato nel 2014 (aggiornato con voli 2018), caratterizzato da una risoluzione di 0.5 m.

Il DTM è stato ricampionato a risoluzione 2 m per rendere meno pesanti le successive elaborazioni all'interno del programma e quindi "depittato" il con un algoritmo presente in Adb-ToolBox al fine di eliminare le aree concave.

Terminate queste operazioni preliminari, è stato possibile è stato possibile creare gli altri raster necessari per il modello afflussi-deflussi: la carta delle aree cumulate (denominata UPSLOPE) e quella delle direzioni (denominata FLOWDIR).

La **carta del Curve Number** è ottenuta rasterizzando, con la stessa risoluzione del DTM (2 m), la cartografia provinciale in formato shapefile della geologia e dell'uso del suolo; il file da utilizzare in Adb-ToolBox è stato denominato CN.

La scelta dei **parametri cinematici** (nel software indicati come "parametri avanzati") è stata guidata dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento. Il modello richiede anche altri due parametri che rivestono un peso importante nella definizione dell'idrogramma di progetto per bacini di notevole estensione: "Area Reduction Factor - ARF" e "parametro geomorfologico C".

La variabilità spazio-temporale della precipitazione a scala di bacino è considerata attraverso il coefficiente di riduzione dell'area (Area Reduction Factor - ARF). In mancanza di informazioni specifiche derivate da approfondimenti a scala locale, si fa riferimento alla funzione di riduzione dei nubifragi ricavata da Moisello e Papiri (1986). In tale relazione empirica il fattore di riduzione (inteso come rapporto tra l'altezza di pioggia media, relativa ad una data area A, e l'altezza di pioggia puntuale rappresentativa del bacino) risulta dipendente sia dall'area A sia dalla durata della precipitazione d, secondo la relazione:

$$ARF = 1 - \exp(-2.472 \cdot A^{-0.242} \cdot d^{0.6 - \exp(-0.643 \cdot A^{0.235})})$$

Dove l'area è espressa in km^2 , la durata in ore, e con $5 \leq A \leq 800 \text{ km}^2$ e $15' \leq d \leq 12 \text{ h}$.

Il Fattore geomorfologico C è un fattore di riduzione delle precipitazioni per grandi bacini; tale riduzione può inglobare sia fenomeni quali l'effetto di laminazione dell'onda di piena sia aspetti morfologici quali la presenza di aree al di sopra di una certa quota (zero termico) che - a causa della bassa temperatura - non contribuiscono come le altre al deflusso superficiale. Le precipitazioni sono quindi moltiplicate per un fattore (x_{att}), dipendente dalla sola area del bacino A e applicato solo se l'area supera la soglia A_{th} :

$$x_{att} = 1 - C \cdot (A - A_{th})$$

Dove C è un parametro che assume valori normalmente compresi tra 0.0008 e 0.0013.

Per gli altri parametri per i quali non esistono in letteratura indicazioni specifiche, si sono mantenuti i valori di default suggeriti dal software.

I parametri scelti per il bacino imbrifero in esame, riportati in Tabella 3, sono in linea con quanto suggerito dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento. Per quanto riguarda le condizioni di umidità del terreno antecedenti l'inizio dell'evento, si è scelta la classe AMC III, indicativa di condizioni molto umide (AMC, Antecedent Moisture Condition). Con riferimento alla forma dello ietogramma, si è scelto quella triangolare, che tende a massimizzare il valore di picco della piena.

Velocità caratteristica di versante (min - max)	0.025 - 0.05 m/s
Velocità caratteristica di reticolo	2.0 m/s
Valore di soglia per l'area drenata (min - max)	0.00 - 0.01 km ²
Forma dello ietogramma	Triangolare
Classe AMC	III
Step output dell'idrogramma	5 min

Tabella 3: parametri cinematici utilizzati per l'analisi idrologica del bacino imbrifero in esame

I valori delle curve di possibilità pluviometrica sono quelli forniti dalla Provincia Autonoma di Trento - Dipartimento Protezione Civile e Infrastrutture - Servizio Prevenzione Rischi - Ufficio Previsioni e Pianificazione: si tratta di tre file raster (a_1 , n , CV) che descrivono la distribuzione spaziale di ciascuno dei tre parametri sulla superficie del bacino imbrifero esaminato. Il modello scala-invariante utilizzato è quello di Gumbel e la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica è descritta dalla seguente equazione:

$$h_T(d) = a_1 \cdot \left(1 - \frac{CV \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot (\varepsilon + y_T) \right) \cdot d^n \quad \text{con} \quad y_T = \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right)$$

Il termine $h_T(d)$ rappresenta il valore di precipitazione caratterizzato da un tempo di ritorno T per una durata di pioggia d , mentre n , CV ed a_1 sono parametri stimati come descritto di seguito ed ε è il numero di Eulero (pari a 0.5772157).

I valori di n , CV ed a_1 sono stati stimati sulla base dei dati delle altezze di pioggia massime annuali di durata compresa nell'intervallo 1-24 ore.

I parametri n ed a_1 sono determinati tramite regressione lineare dei logaritmi delle medie campionarie delle altezze di pioggia massime annuali relative alle diverse durate rispetto ai logaritmi delle corrispondenti durate.

Il valore del coefficiente di variazione globale CV è calcolato come media dei quadrati dei coefficienti di variazione calcolati per i massimi annuali relativi alle durate comprese fra 1 e 24 ore.

Per quanto riguarda gli scrosci, l'esponente di scala n si può ritenere costante sull'intero territorio trentino, con valore pari a 0.366.

Le procedure di analisi sono state applicate sulla base dei valori massimi annuali di precipitazione di breve durata registrati tra il 1923 ed il 2009 in 62 stazioni pluviografiche ubicate nel territorio provinciale. Dette 62 stazioni sono quelle caratterizzate da numerosità campionaria almeno pari a 15 anni per tutte le durate comprese nell'intervallo 1h-24h. Per quanto riguarda il problema di estrapolazione spaziale delle linee segnalatrici, al fine di rendere più affidabile tale valutazione nelle zone "di bordo" prossime ai confini amministrativi provinciali sono stati utilizzati dati di precipitazione massima annuale relativi a diverse stazioni ubicate in province limitrofe (Brescia, Bolzano, Belluno e Vicenza).

I valori di pioggia di progetto utilizzati per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono indicati in Tabella 4.

Tempo [h]	Tr [anni]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0.25	10.7	14.2	16.4	18.6	19.8	21.4	23.5	25.6	26.8
0.50	13.8	18.2	21.2	24.0	25.6	27.6	30.3	33.0	34.6
0.75	16.0	21.2	24.5	27.8	29.7	32.0	35.1	38.3	40.1
1.00	17.8	23.5	27.3	30.9	33.0	35.5	39.0	42.5	44.6
2.00	23.5	31.0	36.0	40.8	43.5	46.9	51.6	56.2	58.9
3.00	27.7	36.5	42.4	48.0	51.2	55.2	60.7	66.1	69.2
4.00	31.1	41.0	47.5	53.8	57.4	62.0	68.1	74.2	77.7
5.00	34.0	44.8	52.0	58.9	62.8	67.8	74.4	81.1	85.0
6.00	36.6	48.2	55.9	63.3	67.6	72.9	80.1	87.2	91.4
7.00	38.9	51.3	59.5	67.4	71.9	77.6	85.2	92.8	97.3
8.00	41.0	54.1	62.8	71.1	75.9	81.8	89.9	97.9	102.6
9.00	43.0	56.7	65.8	74.5	79.5	85.8	94.2	102.6	107.6
10.00	44.9	59.2	68.6	77.7	83.0	89.5	98.3	107.1	112.2
11.00	46.6	61.5	71.3	80.8	86.2	93.0	102.1	111.2	116.6
12.00	48.3	63.7	73.8	83.6	89.2	96.3	105.8	115.2	120.7
13.00	49.8	65.7	76.3	86.3	92.2	99.4	109.2	119.0	124.7
14.00	51.3	67.7	78.6	88.9	94.9	102.4	112.5	122.5	128.4
15.00	52.8	69.6	80.8	91.4	97.6	105.3	115.6	126.0	132.0
16.00	54.2	71.4	82.9	93.8	100.2	108.0	118.7	129.3	135.5
17.00	55.5	73.2	84.9	96.1	102.6	110.7	121.6	132.5	138.8
18.00	56.8	74.9	86.9	98.4	105.0	113.3	124.4	135.5	142.0
19.00	58.0	76.5	88.8	100.5	107.3	115.7	127.1	138.5	145.1
20.00	59.2	78.1	90.6	102.6	109.5	118.2	129.8	141.4	148.2
21.00	60.4	79.7	92.4	104.7	111.7	120.5	132.4	144.2	151.1
22.00	61.5	81.2	94.2	106.6	113.8	122.8	134.8	146.9	153.9
23.00	62.6	82.6	95.8	108.5	115.8	125.0	137.3	149.5	156.7
24.00	63.7	84.0	97.5	110.4	117.8	127.1	139.6	152.1	159.4

Tabella 4: altezza di pioggia [mm] per vari tempi di ritorno per il bacino in esame

A partire da tali valori di altezza di pioggia si ricavano le curve di possibilità pluviometrica rappresentate in Figura 12; la curva di riferimento per la definizione della portata di progetto è quella con tempo di ritorno pari a 200 anni, caratterizzata dai valori di a ed n indicati in Tabella 5.

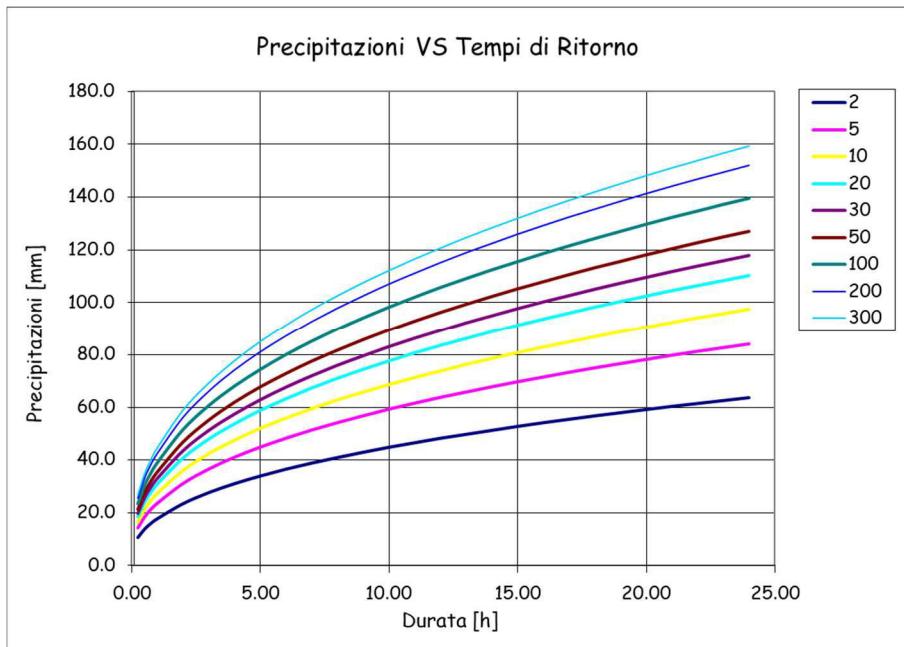


Figura 12: curve di possibilità pluviometrica per il bacino imbrifero in esame

Tempo di ritorno [anni]	a	n (<1h)	n (>1h)
200	44.574	0.366	0.401

Tabella 5: valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni per il bacino in esame

5.3.3. Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 5.96 m³/s**.

Il bacino del rio Fassanel chiuso a quota 897.91 m s.l.m. ha una superficie di 2.824 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

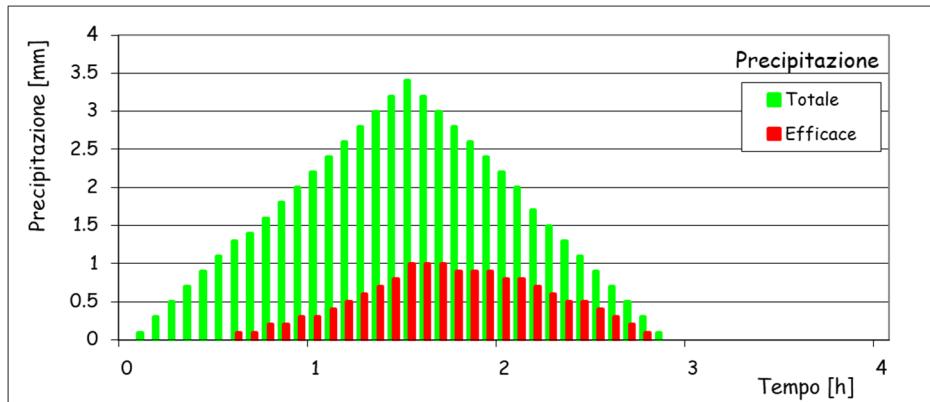


Figura 13: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

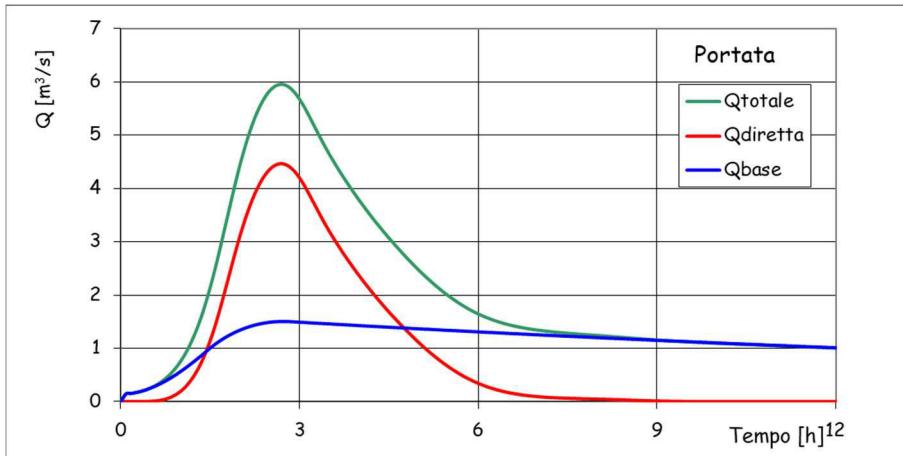


Figura 14: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio Fassanel chiuso a quota 897.91 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, Q_{diretta} quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questo idrogramma e quella del sedimentogramma di colata sono riportate nel paragrafo che segue.

5.3.4. Idrogramma di colata

La conoscenza dell'idrogramma liquido di progetto, rappresentato nel paragrafo precedente, permette di definire, attraverso il metodo volumetrico, l'idrogramma della colata; ne segue la necessità di definire il sedimentogramma della colata, ossia l'andamento della concentrazione volumetrica del sedimento nel corso dell'evento.

Per definire il **volume della colata di progetto** si è fatto riferimento agli eventi storici che hanno interessato il rio Fassanel nel corso degli anni passati ed in particolare a quello avvenuto durante la tempesta Vaia, che ha visto il corso d'acqua interessato da una colata detritica di circa **10'000 m³**.

Le colate come quella in esame sono fenomeni di piena caratterizzati da una concentrazione volumetrica del sedimento di poco inferiore al 15%. Nella letteratura scientifica esistono diverse modalità di classificazione del fenomeno, che si possono ricondurre alle proprietà della matrice fluida - concentrazione volumetrica del sedimento e concentrazione di materiale fine coesivo. Basse concentrazioni danno luogo a *mud flood*, caratterizzato da elevate velocità di propagazione del fronte, mentre concentrazioni elevate ($C > 0,45$) originano colate di fango o granulari in presenza rispettivamente di matrice fluida coesiva o non coesiva.

Il sedimentogramma di progetto presenta un picco sostanzialmente coincidente con il picco dell'idrogramma liquido, la concentrazione volumetrica massima dell'idrogramma è del 13%, mentre la concentrazione minima è pari all'1%. La concentrazione media del picco del sedimentogramma è pari all'incirca al 10%.

Secondo il metodo volumetrico, la portata a colmo della colata viene definita attraverso la seguente espressione:

$$\frac{Q_{\text{tot}}}{Q_l} = \frac{C^*}{C^* - C_m}$$

dove:

- C^* rappresenta la massima concentrazione di massimo impaccamento del materiale costituente l'ammasso (0.65);
- C_m rappresenta la concentrazione volumetrica di equilibrio del fronte stazionario della colata in movimento.

La simulazione del passaggio della colata nel tratto di torrente in esame è stata effettuata all'interno del programma HEC-RAS, modificando il valore della scabrezza delle sezioni per tenere conto dell'effetto del materiale solido presente all'interno della matrice liquida e di possibili riduzioni della sezione liquida in seguito a depositi dello stesso.

Nella figura che segue si mostrano gli idrogrammi ottenuti con il metodo volumetrico: la **colata di detrito** ipotizzata ha un **valore di picco di $7.42 \text{ m}^3/\text{s}$** e contiene un **volume di materiale movimentabile** pari a **$10'000 \text{ m}^3$** .

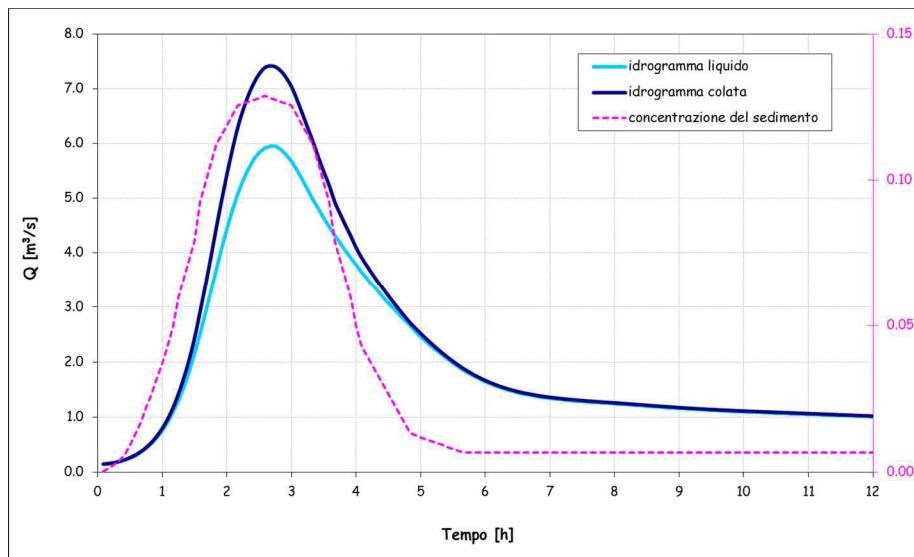


Figura 15: idrogramma liquido, idrogramma della colata e sedimentogramma di progetto per un evento con tempo di ritorno di 200 anni

6 ANALISI IDRAULICA

Al fine di verificare la capacità di smaltimento del flusso del rio in prossimità dell'area in esame in caso di evento estremo si è sviluppata l'analisi idraulica descritta nel seguito; gli scenari di analisi implementati si riferiscono sia allo stato attuale sia a quello di progetto.

6.1. Fondamenti matematico-numerici del codice Hec-RAS

Per l'analisi idraulica si è utilizzato il codice di calcolo monodimensionale del software Hec-Ras dell'U.S. Army Corps of Engineers, sviluppando le analisi a moto permanente e fondo fisso.

Questo modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena in corsi d'acqua a fondo fisso o mobile. L'implementazione del modello richiede la conoscenza della geometria dell'alveo, nonché delle necessarie condizioni iniziali e al contorno. Tra le altre cose, il modello offre la possibilità di tener conto di strutture idrauliche (sfioratori laterali, briglie, casse di espansione...) e di elementi-strutture che possono interferire con la propagazione della piena (ponti, sottopassi, tombinature...).

Per l'analisi in condizioni di moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione di bilancio dell'energia,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e$$

dove Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo; Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento; V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato; α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche; h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la relazione:

$$h_e = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove L è la lunghezza del tronco considerato, $\overline{S_f}$ è la pendenza dell'energia tra le due sezioni; C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la pendenza della linea dell'energia. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine dell'equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

Qualora si verifichino transizioni da corrente lenta a veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico, poiché viene meno l'ipotesi di moto gradualmente vario.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali o tombinature, ad esempio nel caso che il deflusso attraverso le opere avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La

perdita di energia causata dalle opere è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente, sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte o una tominatura HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte dell'opera, sezione di ingresso, sezione in uscita e sezione a valle dell'opera. Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali descritte in precedenza.

Dati di input

Le grandezze necessarie all'implementazione del modello numerico sono:

- ✓ la geometria dell'alveo;
- ✓ i parametri idraulici (resistenza al moto);
- ✓ le condizioni iniziali (idrogramma di piena o portata di progetto)
- ✓ le condizioni al contorno di monte, di valle e nelle eventuali sezioni intermedie di controllo.

6.2. Geometria

Il tratto di rio oggetto dell'analisi è lungo circa 290 m e si estende da circa 110 m a monte del ponte oggetto degli interventi fino alla confluenza del rio Fassanel nel torrente Avisio, 180 m a valle dell'infrastruttura in esame.

Le simulazioni idrauliche effettuate hanno preso in considerazione due scenari: lo stato attuale e quello di progetto.

Si descrivono brevemente di seguito le principali caratteristiche delle sezioni nelle due configurazioni.

6.2.1. Stato attuale

Nella simulazione allo **stato attuale**, la geometria del corso d'acqua nel tratto oggetto degli interventi di sistemazione del ponte esistente è stata definita attraverso sezioni ottenute da un rilievo topografico della zona e da misurazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi in situ; i dati sono stati quindi confrontati con quelli desumibili dal modello digitale del terreno (DTM), un raster ottenuto dal rilievo Lidar disponibile sul WEBGIS della PAT ed effettuato nel 2014 (aggiornato con voli 2018), caratterizzato da una risoluzione di 0.5 m.

Si riportano di seguito in Tabella 6 i dati geometrici delle sezioni del rio utilizzate nell'analisi idraulica allo stato attuale.

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
23	290.61	8.67	920.50	922.00	922.00
22	281.94	0.01	919.00	922.00	922.61
21.5 - Bridge	281.93	1.71			
21	280.22	10.53	918.40	920.40	921.65
20	269.69	8.66	917.50	919.00	920.00
19	261.03	0.00	917.43	919.53	919.86
18.5	261.03	39.78	916.00	919.52	919.91
18	221.25	28.75	913.15	914.63	914.63

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
17	192.50	14.15	911.15	912.63	912.63
16	178.35	0.06	910.10	911.92	911.92
15.5 - Bridge	178.29	4.16			
15	174.13	11.22	909.75	911.57	911.57
14	162.91	22.87	908.88	910.36	910.36
13	140.04	22.46	908.06	909.54	909.54
12	117.58	10.45	907.25	908.73	908.73
11	107.13	0.07	905.66	907.19	907.19
10.9 - Bridge	107.06	15.07			
8	91.99	14.71	903.82	905.30	905.30
7	77.28	4.95	902.44	903.92	903.92
6.5	72.33	0.07	902.25	904.40	904.33
6.25 - Bridge	72.26	8.57			
6	63.69	5.36	901.92	904.07	904.00
5.5	58.33	0.03	901.63	904.13	904.13
5 - Bridge	58.30	3.23			
4.5	55.07	13.30	901.43	903.93	903.93
4	41.77	12.96	900.50	903.50	903.00
3	28.81	16.79	900.00	902.53	902.22
2	12.02	12.02	899.25	902.00	900.72
1	0.00	0.00	897.91	899.50	900.00

LEGENDA:

River Sta = n° sezione del corso d'acqua

Cum Ch Len = distanza progressiva delle sezioni (misurata a partire dalla sez. terminale)

Length Chnl = distanza relativa tra le sezioni

Min Ch Elev = quota del fondo alveo

LOB Elev = quota della sponda in sinistra idrografica

ROB Elev = quota della sponda in destra idrografica

NOTA: La numerazione progressiva delle sezioni in Hec-Ras avviene da valle verso monte.

Tabella 6: caratteristiche geometriche del tratto di corso d'acqua in esame allo stato attuale

6.2.2. Stato di progetto

Nella simulazione allo **stato di progetto**, la geometria del canale è stata modificata in seguito alla modifica della sovrastruttura del ponte oggetto degli interventi; le rimanenti sezioni sono le stesse dello stato attuale.

Si riportano di seguito in Tabella 7 i dati geometrici delle sezioni del rio utilizzate nell'analisi idraulica allo stato di progetto.



ing. Anna Vecchietti

Comune di Tesero
Opere di ricostruzione ex novo di ponte carrabile sul rio Fassanel in loc. Tresselume
(p.f. 5795/20 C.C. Tesero)

Doc.: R 1.0
Data: dicembre 2021

Progetto esecutivo - Studio di compatibilità idraulica

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
23	290.61	8.67	920.50	922.00	922.00
22	281.94	0.01	919.00	922.00	922.61
21.5 - Bridge	281.93	1.71			
21	280.22	10.53	918.40	920.40	921.65
20	269.69	8.66	917.50	919.00	920.00
19	261.03	0.00	917.43	919.53	919.86
18.5	261.03	39.78	916.00	919.52	919.91
18	221.25	28.75	913.15	914.63	914.63
17	192.50	14.15	911.15	912.63	912.63
16	178.35	0.06	910.10	911.92	911.92
15.5 - Bridge	178.29	4.16			
15	174.13	11.22	909.75	911.57	911.57
14	162.91	22.87	908.88	910.36	910.36
13	140.04	22.46	908.06	909.54	909.54
12	117.58	10.45	907.25	908.73	908.73
11	107.13	0.07	905.66	907.19	907.19
10.9 - Bridge	107.06	15.07			
8	91.99	14.71	903.82	905.30	905.30
7	77.28	4.95	902.44	903.92	903.92
6.5	72.33	0.07	902.25	904.40	904.33
6.25 - Bridge	72.26	8.57			
6	63.69	5.36	901.92	904.07	904.00
5.5	58.33	0.03	901.63	904.13	904.13
5 - Bridge	58.30	3.23			
4.5	55.07	13.30	901.43	903.93	903.93
4	41.77	12.96	900.50	903.50	903.00
3	28.81	16.79	900.00	902.53	902.22
2	12.02	12.02	899.25	902.00	900.72
1	0.00	0.00	897.91	899.50	900.00

LEGENDA:**River Sta** = n° sezione del corso d'acqua**Cum Ch Len** =distanza progressiva delle sezioni (misurata a partire dalla sez. terminale)**Length Chnl** = distanza relativa tra le sezioni**Min Ch Elev** = quota del fondo alveo**LOB Elev** = quota della sponda in sinistra idrografica**ROB Elev** = quota della sponda in destra idrografica**NOTA:** La numerazione progressiva delle sezioni in Hec-Ras avviene da valle verso monte.

Tabella 7: caratteristiche geometriche del tratto di corso d'acqua in esame allo stato di progetto

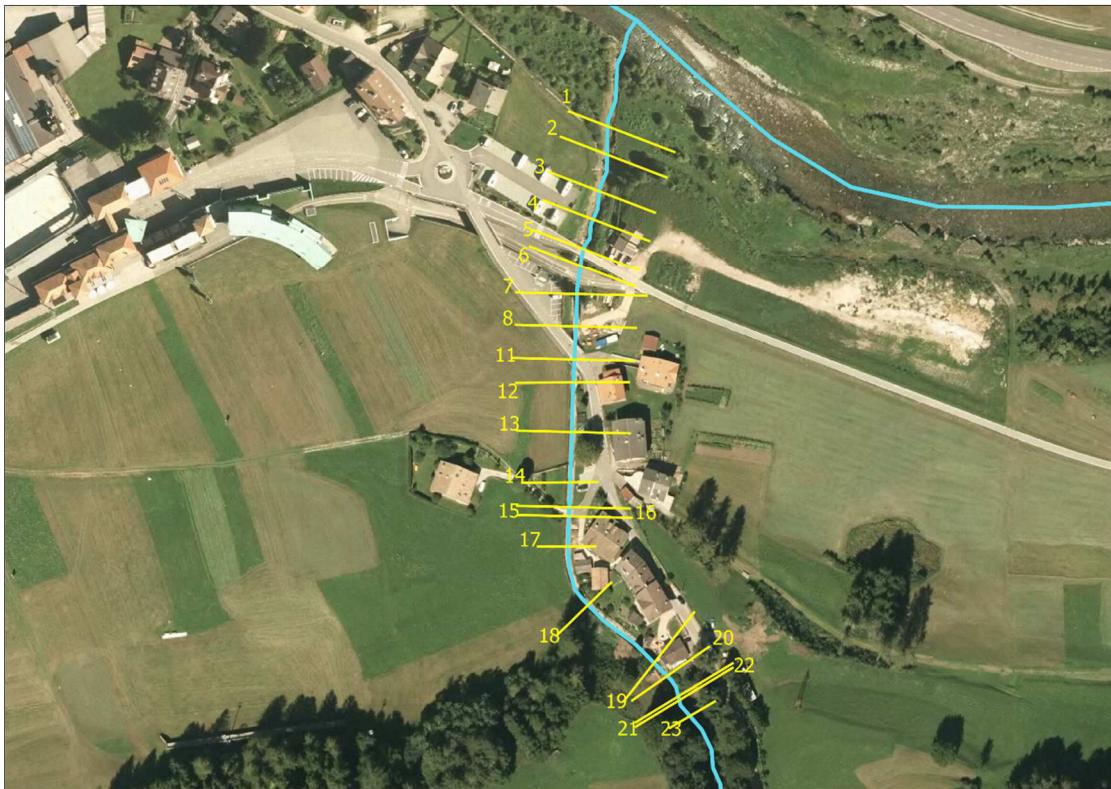


Figura 16: posizione planimetrica delle sezioni inserite nel modello numerico - Il ponte oggetto degli interventi è ubicato tra le sezioni 16 e 15

6.3. Sezioni trasversali: caratteristiche geometriche ed idrauliche

Le **caratteristiche geometriche** delle sezioni trasversali utilizzate per il calcolo dei profili di moto permanente sono state ricavate in seguito al rilievo effettuato nella zona. Nella simulazione post operam le caratteristiche delle sezioni sono state ricavate dagli elaborati grafici di progetto, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Per quanto riguarda le **caratteristiche idrauliche** delle sezioni, per il calcolo dei profili di moto permanente al passaggio della portata liquida si è assunto un valore di scabrezza secondo Strickler pari a $K_s = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a $n = 0.025 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$) sia per lo stato attuale sia per quello di progetto.

La simulazione del passaggio della colata nel tratto di torrente in esame è stata effettuata all'interno del programma HEC-RAS, modificando il **valore della scabrezza delle sezioni** per tenere conto dell'effetto del materiale solido presente all'interno della matrice liquida e di possibili riduzioni della sezione liquida in seguito a depositi dello stesso; in questo caso è assunto un valore di scabrezza secondo Strickler pari a $K_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a $n = 0.067 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$) sia per lo stato attuale sia per quello di progetto .

6.4. Condizioni iniziali: portata di piena

Per quanto riguarda le condizioni iniziali, esse consistono nel valore della portata in ingresso; nella verifica idraulica con la sola portata liquida si è utilizzato un valore di progetto pari a $5.96 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Come descritto in precedenza, la portata della colata di detrito ipotizzata ha un **valore di picco di $7.42 \text{ m}^3/\text{s}$** e contiene un **volumen di materiale movimentabile** pari a $10'000 \text{ m}^3$.

6.5. Condizioni al contorno

Il tratto di corso d'acqua considerato presenta uno sviluppo longitudinale di circa 290 m. Nel tratto in esame il fondo parte da quota 920.50 m s.l.m. ed arriva alla quota di 897.91 m s.l.m. nella sezione finale, alla confluenza nel torrente Avisio.

Le caratteristiche del tratto in esame fanno presupporre che al suo interno si possano verificare delle transizioni da condizioni di moto veloce a lento. Per questo le condizioni al contorno per entrambe le simulazioni sono state fissate imponendo nella sezione di monte ed in quella di valle la pendenza della linea dell'energia (corrispondenti rispettivamente alla pendenza media del tratto iniziale e finale considerato), come indicato in Tabella 8.

SIMULAZIONE	CONDIZIONI SEZ. INIZIALE	CONDIZIONI SEZ. FINALE
Stato attuale	Normal Depth = 0.1	Normal Depth = 0.06
Stato di progetto	Normal Depth = 0.1	Normal Depth = 0.06

Tabella 8: condizioni al contorno utilizzate nelle simulazioni idrauliche

6.6. Strutture idrauliche

Allo stato attuale, nel tratto oggetto dell'indagine sono presenti 5 attraversamenti, le cui caratteristiche sono riassunte di seguito.

Tipologia struttura	Sezioni di riferimento in HEC RAS (monte-valle)	Lunghezza struttura [m]	Caratteristiche geometriche sezione
Ponticello accesso casa privata	21.5 U - 21.5 D	1.70 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Salto di fondo immediatamente a valle dovuto alla presenza di una briglia Altezza minima impalcato: 2.80 m Altezza massima impalcato: 3.40 m
Ponte esistente da sostituire	15.5 U - 15.5 D	4.10 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 1.45 m Altezza massima impalcato: 1.80 m
Ponte via Tresselume	10.9 U - 10.9 D	15.00 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.20 m Altezza massima impalcato: 2.80 m
Ponte via Stazione	6.25 U - 6.25 D	8.50 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.00 m Altezza massima impalcato: 2.40 m
Ponte pista ciclabile	5 U - 5 D	3.20 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.00 m Altezza massima impalcato: 2.20 m

Tabella 9: caratteristiche delle strutture idrauliche allo stato attuale



Figura 17: rio Fassanel in corrispondenza del ponticello di accesso ad una casa privata (sez. 21.5 U - 21.5 D)



Figura 18: rio Fassanel in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi (sez. 15.5 U - 15.5 D)

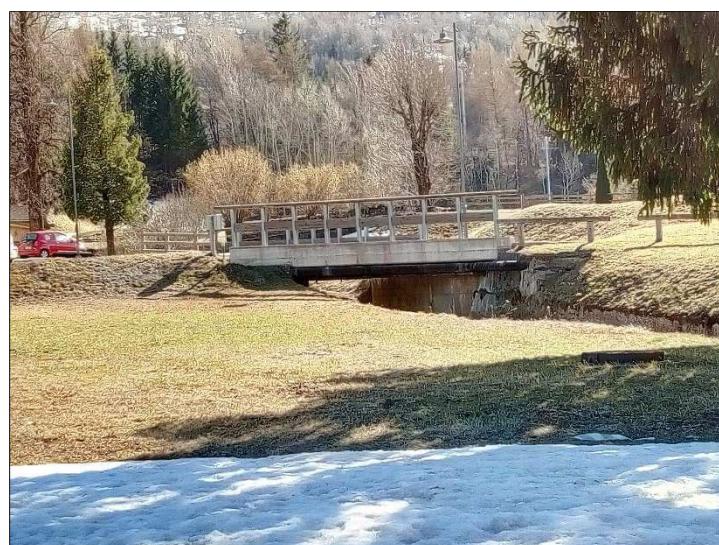


Figura 19: rio Fassanel in corrispondenza del ponte lungo via Tresselume (sez. 10.9 U - 10.9 D)



Figura 20: rio Fassanel in corrispondenza del ponte lungo via Stazione (sez. 6.25 U - 6.25 D)



Figura 21: rio Fassanel in corrispondenza del ponte su cui transita la pista ciclabile (sez. 5 U - 5 D)

Allo stato di progetto l'impalcato in legno dell'attraversamento esistente verrà eliminato e sostituito con uno in c.a. posto ad una quota superiore di 60 cm rispetto allo stato attuale, per garantire il rispetto del franco idraulico al passaggio della portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Le caratteristiche degli altri attraversamenti esistenti esistente rimarranno inalterate rispetto allo stato attuale.

Per maggiore chiarezza, si riassumono di seguito, procedendo da monte verso valle, le principali caratteristiche delle strutture idrauliche allo stato di progetto.

Tipologia struttura	Sezioni di riferimento in HEC RAS (monte-valle)	Lunghezza struttura [m]	Caratteristiche geometriche sezione
Ponticello accesso casa privata	21.5 U - 21.5 D	1.70 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Salto di fondo immediatamente a valle dovuto alla presenza di una briglia Altezza minima impalcato: 2.80 m Altezza massima impalcato: 3.40 m
Ponte esistente da sostituire	15.5 U - 15.5 D	4.10 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.05 m Altezza massima impalcato: 2.40 m
Ponte via Tresselume	10.9 U - 10.9 D	15.00 m	Sezione trapezoidale (cunettone)

Tipologia struttura	Sezioni di riferimento in HEC RAS (monte-valle)	Lunghezza struttura [m]	Caratteristiche geometriche sezione
			Altezza minima impalcato: 2.20 m Altezza massima impalcato: 2.80 m
Ponte via Stazione	6.25 U - 6.25 D	8.50 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.00 m Altezza massima impalcato: 2.40 m
Ponte pista ciclabile	5 U - 5 D	3.20 m	Sezione trapezoidale (cunettone) Altezza minima impalcato: 2.00 m Altezza massima impalcato: 2.20 m

Tabella 10 - Caratteristiche delle strutture idrauliche allo stato di progetto

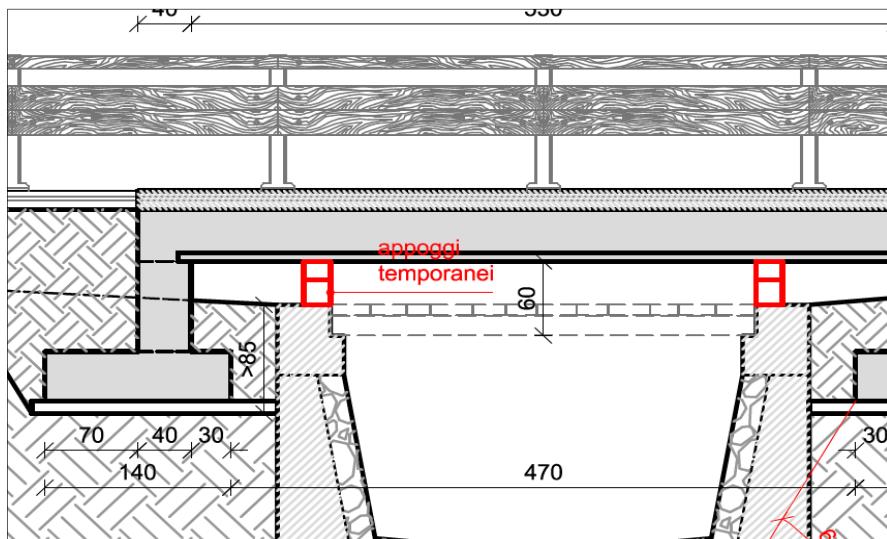


Figura 22: nuova sezione del ponte sul rio Fassanel oggetto degli interventi - estratto dagli elaborati di progetto (sez. 15.5 U - 15.5 D)

6.7. Scenari di analisi

Nella seguente tabella si riportano sinteticamente le condizioni iniziali ed al contorno, le caratteristiche di scabrezza e le portate adottate nella simulazione per rappresentare il comportamento idraulico del rio Fassanel allo stato attuale (SA) ed in quello di progetto (SP) al passaggio della portata liquida (QL) e della colata (QS).

Scenario	Portata di progetto	Sez. Iniziale	Sez. Finale	Scabrezza n (Ks)
SA - Stato Attuale	5.96 m ³ /s - QL	pendenza linea energia 10 %	pendenza linea energia 6%	0.025 (40)
SA - Stato Attuale	7.42 m ³ /s - QS	pendenza linea energia 10 %	pendenza linea energia 6%	0.067 (15)
SP - Stato di Progetto	5.96 m ³ /s - QL	pendenza linea energia 10 %	pendenza linea energia 6%	0.025 (40)
SP - Stato di Progetto	7.42 m ³ /s - QS	pendenza linea energia 10 %	pendenza linea energia 6%	0.067 (15)

Tabella 11: scenari di analisi implementati nel modello idraulico

Si riportano di seguito i risultati delle simulazioni.

6.8. Applicazione del modello allo stato attuale al passaggio della portata liquida

Il tratto oggetto dell'analisi è stato implementato in un unico modello matematico, inserendo la geometria delle sezioni allo stato attuale.

Si riporta di seguito in Figura 23 (ed in allegato in formato A3) il profilo del campo di moto ottenuto dalla simulazione nel tratto di torrente interessato al passaggio della **portata liquida** con $Tr = 200$ anni allo stato attuale.

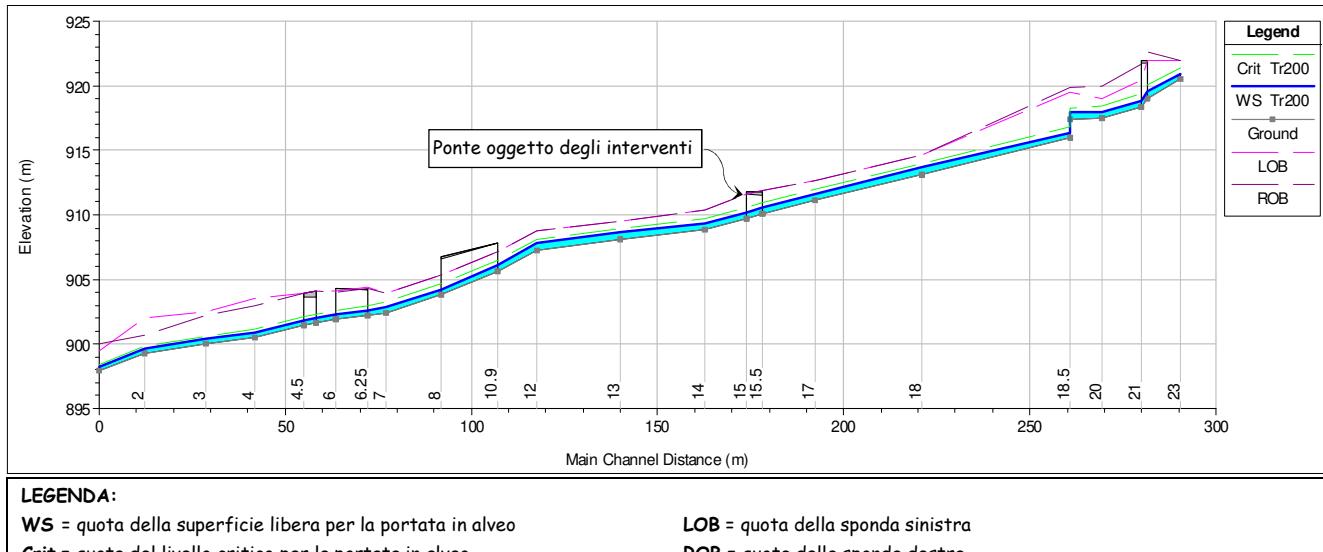


Figura 23: profilo di moto allo stato attuale al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

Si riportano di seguito in Tabella 12 i principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato attuale al passaggio della **portata liquida**.

River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
23	8.67	920.50	920.94	0.40	921.39	922.78	0.100	6.01	3.05
22	0.01	919.00	919.56	0.48	920.10	921.82	0.112	6.66	3.08
21.5 - Bridge	1.71								
21	10.53	918.40	918.84	0.39	919.39	921.55	0.157	7.29	3.74
20	8.66	917.50	917.98	0.42	918.45	920.00	0.106	6.29	3.11
19	0.00	917.43	917.94	0.47	918.27	919.10	0.054	4.78	2.22
18.5	39.78	916.00	916.35	0.32	916.84	918.96	0.181	7.15	4.03
18	28.75	913.15	913.66	0.46	914.00	914.85	0.056	4.84	2.27
17	14.15	911.15	911.62	0.43	911.99	913.02	0.071	5.25	2.55
16	0.06	910.10	910.57	0.43	910.94	911.99	0.073	5.29	2.59
15.5 - Bridge	4.16								
15	11.22	909.75	910.21	0.42	910.59	911.68	0.076	5.37	2.64
14	22.87	908.88	909.34	0.42	909.73	910.82	0.077	5.38	2.65
13	22.46	908.06	908.65	0.54	908.91	909.50	0.034	4.10	1.78
12	10.45	907.25	907.83	0.53	908.10	908.71	0.036	4.16	1.82

River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
11	0.07	905.66	906.06	0.37	906.51	907.99	0.115	6.14	3.22
10.9 - Bridge	15.07								
8	14.71	903.82	904.21	0.35	904.67	906.32	0.132	6.44	3.45
7	4.95	902.44	902.87	0.39	903.29	904.57	0.095	5.77	2.93
6.5	0.07	902.25	902.58	0.33	902.93	904.02	0.096	5.31	2.96
6.25 - Bridge	8.57								
6	5.36	901.92	902.32	0.40	902.60	903.29	0.052	4.35	2.20
5.5	0.03	901.63	902.01	0.35	902.28	902.99	0.057	4.40	2.38
5 - Bridge	3.23								
4.5	13.30	901.43	901.80	0.35	902.08	902.80	0.058	4.43	2.41
4	12.96	900.50	900.87	0.36	901.17	901.98	0.065	4.66	2.49
3	16.79	900.00	900.40	0.36	900.64	901.21	0.043	3.98	2.11
2	12.02	899.25	899.66	0.24	899.86	900.34	0.057	3.63	2.38
1	0.00	897.91	898.21	0.16	898.43	899.25	0.152	4.53	3.65

- River Sta = numero sezione all'interno della simulazione
- Length Chnl = distanza dalla sezione di valle
- Min Ch El = quota del talweg
- W.S. Elev = quota del pelo libero
- Hydr Depth = altezza del pelo libero
- Crit W.S. = quota della critica
- E.G. Elev = quota della linea dell'energia
- E.G. Slope = pendenza della linea dell'energia
- Vel Chnl = velocità all'interno del corso d'acqua
- Froude Chl = numero di Froude all'interno del corso d'acqua

Tabella 12: risultati della simulazione idraulica allo stato attuale al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

6.9. Applicazione del modello allo stato attuale al passaggio della colata

Si riporta di seguito in Figura 24 (ed in allegato in formato A3) il profilo del campo di moto ottenuto dalla simulazione nel tratto di torrente interessato al passaggio della **colata** con $Tr = 200$ anni allo stato attuale.

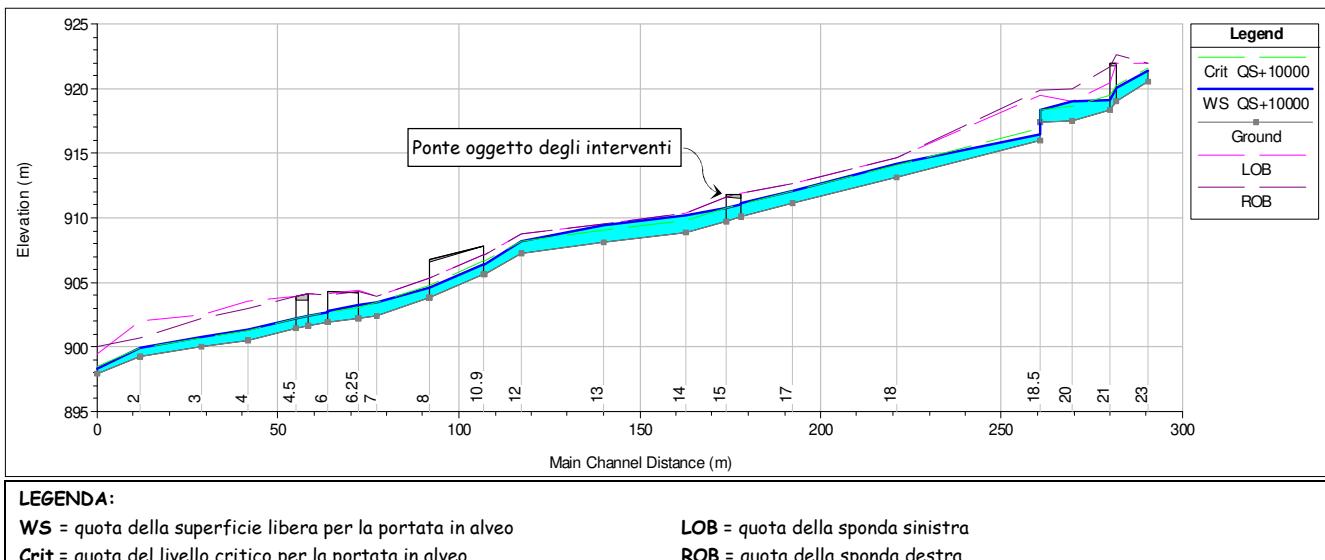


Figura 24: profilo di moto allo stato attuale al passaggio della colata $Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

Si riportano di seguito in Tabella 13 Tabella 12 i principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato attuale al passaggio della colata.

River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
23	8.67	920.50	921.40	0.68	921.57	921.90	0.100	3.13	1.21
22	0.01	919.00	920.06	0.86	920.25	920.81	0.154	3.85	1.33
21.5 - Bridge	1.71								
21	10.53	918.40	919.12	0.55	919.51	920.39	0.343	4.98	2.15
20	8.66	917.50	919.04	0.99	918.60	919.19	0.019	1.72	0.54
19	0.00	917.43	918.40	0.90	918.40	918.85	0.083	2.98	1.01
18.5	39.78	916.00	916.47	0.43	916.97	918.68	0.814	6.58	3.22
18	28.75	913.15	914.22	0.97	914.12	914.58	0.061	2.67	0.86
17	14.15	911.15	912.12	0.89	912.12	912.56	0.081	2.96	1.00
16	0.06	910.10	911.15	0.96	911.07	911.53	0.064	2.71	0.88
15.5 - Bridge	4.16								
15	11.22	909.75	910.72	0.89	910.72	911.17	0.082	2.97	1.01
14	22.87	908.88	910.15	1.14	909.85	910.40	0.037	2.22	0.66
13	22.46	908.06	909.46	1.26	909.04	909.66	0.027	1.97	0.56
12	10.45	907.25	908.23	0.89	908.23	908.67	0.080	2.95	1.00
11	0.07	905.66	906.35	0.64	906.63	907.29	0.232	4.29	1.71
10.9 - Bridge	15.07								
8	14.71	903.82	904.59	0.70	904.79	905.34	0.170	3.85	1.47
7	4.95	902.44	903.41	0.89	903.41	903.86	0.082	2.97	1.01
6.5	0.07	902.25	903.27	0.98	903.04	903.49	0.034	2.09	0.67
6.25 - Bridge	8.57								
6	5.36	901.92	902.71	0.77	902.71	903.09	0.074	2.72	0.99
5.5	0.03	901.63	902.41	0.68	902.38	902.71	0.056	2.43	0.94
5 - Bridge	3.23								
4.5	13.30	901.43	902.18	0.66	902.18	902.51	0.064	2.55	1.00
4	12.96	900.50	901.39	0.83	901.27	901.66	0.045	2.29	0.80
3	16.79	900.00	900.80	0.67	900.74	901.06	0.048	2.27	0.88
2	12.02	899.25	899.92	0.46	899.92	900.15	0.060	2.14	1.01
1	0.00	897.91	898.33	0.25	898.48	898.80	0.262	3.04	1.93

- River Sta = numero sezione all'interno della simulazione
- Length Chnl = distanza dalla sezione di valle
- Min Ch El = quota del talweg
- W.S. Elev = quota del pelo libero
- Hydr Depth = altezza del pelo libero
- Crit W.S. = quota della critica
- E.G. Elev = quota della linea dell'energia
- E.G. Slope = pendenza della linea dell'energia
- Vel Chnl = velocità all'interno del corso d'acqua
- Froude Chl = numero di Froude all'interno del corso d'acqua

Tabella 13: risultati della simulazione idraulica allo stato attuale al passaggio della colata $Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

6.10. Applicazione del modello allo stato di progetto al passaggio della portata liquida

Il tratto oggetto dell'analisi è stato implementato in un unico modello matematico, inserendo la geometria delle sezioni allo stato di progetto.

Si riporta di seguito in Figura 25 (e in allegato in formato A3) il profilo del campo di moto ottenuto dalla simulazione nel tratto di torrente interessato al passaggio della **portata liquida** con $Tr = 200$ anni in seguito al rifacimento del ponte esistente.

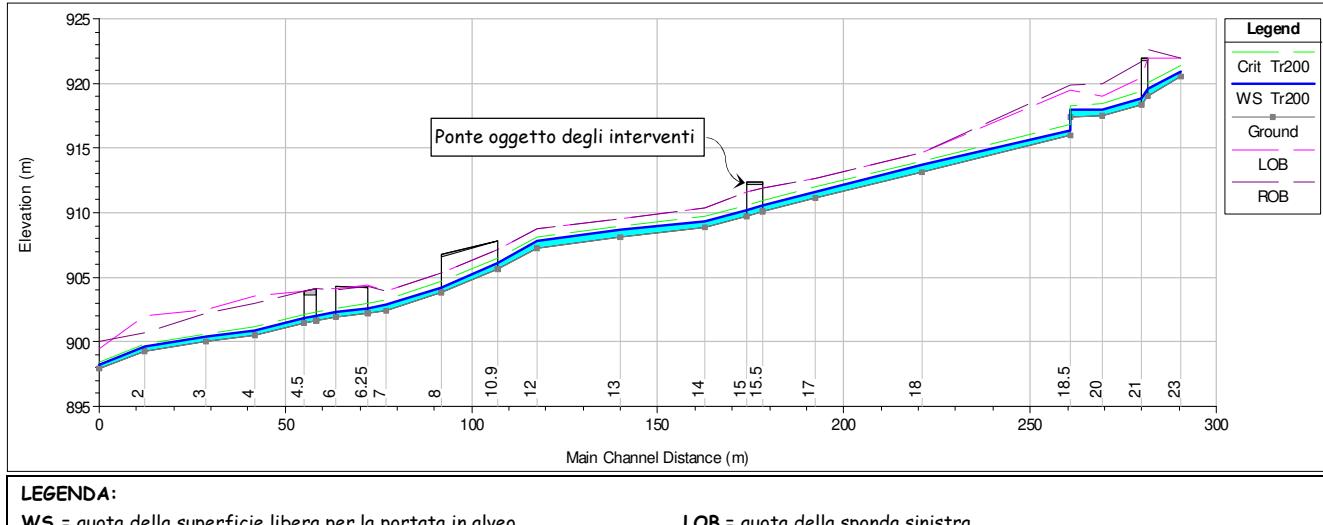


Figura 25: profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

Si riportano di seguito in Tabella 14 i principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato di progetto al passaggio della **portata liquida**.

River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
23	8.67	920.50	920.94	0.40	921.39	922.78	0.100	6.01	3.05
22	0.01	919.00	919.56	0.48	920.10	921.82	0.112	6.66	3.08
21.5 - Bridge	1.71								
21	10.53	918.40	918.84	0.39	919.39	921.55	0.157	7.29	3.74
20	8.66	917.50	917.98	0.42	918.45	920.00	0.106	6.29	3.11
19	0.00	917.43	917.94	0.47	918.27	919.10	0.054	4.78	2.22
18.5	39.78	916.00	916.35	0.32	916.84	918.96	0.181	7.15	4.03
18	28.75	913.15	913.66	0.46	914.00	914.85	0.056	4.84	2.27
17	14.15	911.15	911.62	0.43	911.99	913.02	0.071	5.25	2.55
16	0.06	910.10	910.57	0.43	910.94	911.99	0.073	5.29	2.59
15.5 - Bridge	4.16								
15	11.22	909.75	910.21	0.42	910.59	911.68	0.076	5.37	2.64
14	22.87	908.88	909.34	0.42	909.73	910.82	0.077	5.38	2.65
13	22.46	908.06	908.65	0.54	908.91	909.50	0.034	4.10	1.78
12	10.45	907.25	907.83	0.53	908.10	908.71	0.036	4.16	1.82

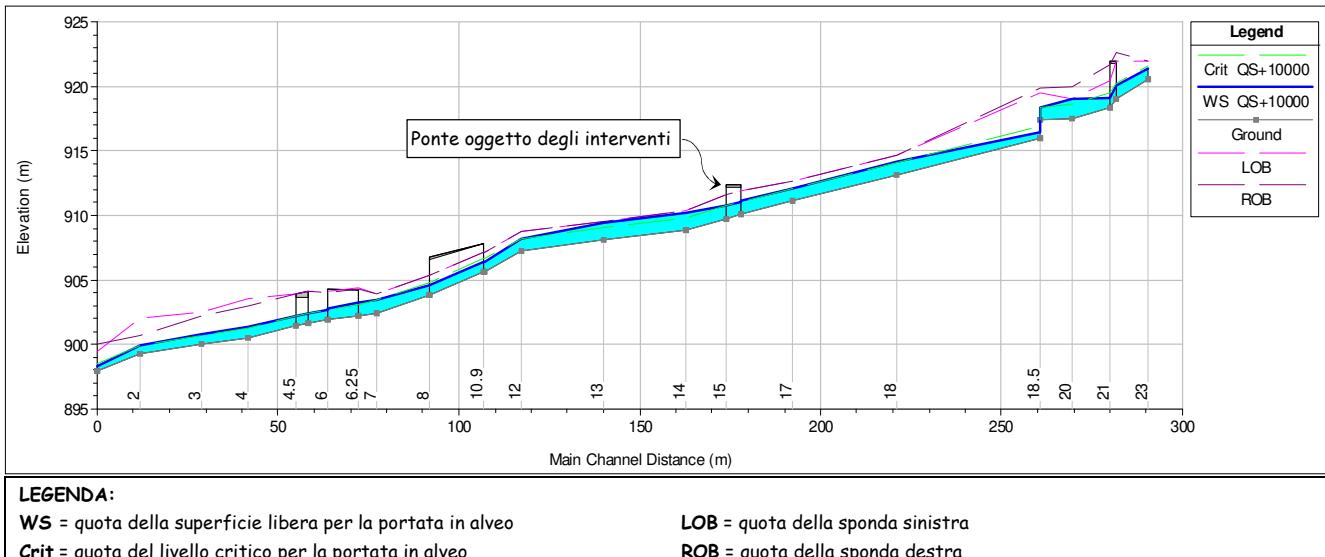
River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
11	0.07	905.66	906.06	0.37	906.51	907.99	0.115	6.14	3.22
10.9 - Bridge	15.07								
8	14.71	903.82	904.21	0.35	904.67	906.32	0.132	6.44	3.45
7	4.95	902.44	902.87	0.39	903.29	904.57	0.095	5.77	2.93
6.5	0.07	902.25	902.58	0.33	902.93	904.02	0.096	5.31	2.96
6.25 - Bridge	8.57								
6	5.36	901.92	902.32	0.40	902.60	903.29	0.052	4.35	2.20
5.5	0.03	901.63	902.01	0.35	902.28	902.99	0.057	4.40	2.38
5 - Bridge	3.23								
4.5	13.30	901.43	901.80	0.35	902.08	902.80	0.058	4.43	2.41
4	12.96	900.50	900.87	0.36	901.17	901.98	0.065	4.66	2.49
3	16.79	900.00	900.40	0.36	900.64	901.21	0.043	3.98	2.11
2	12.02	899.25	899.66	0.24	899.86	900.34	0.057	3.63	2.38
1	0.00	897.91	898.21	0.16	898.43	899.25	0.152	4.53	3.65

- River Sta = numero sezione all'interno della simulazione
- Length Chnl = distanza dalla sezione di valle
- Min Ch El = quota del talweg
- W.S. Elev = quota del pelo libero
- Hydr Depth = altezza del pelo libero
- Crit W.S. = quota della critica
- E.G. Elev = quota della linea dell'energia
- E.G. Slope = pendenza della linea dell'energia
- Vel Chnl = velocità all'interno del corso d'acqua
- Froude Chl = numero di Froude all'interno del corso d'acqua

 Tabella 14: risultati della simulazione idraulica allo stato di progetto al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

6.11. Applicazione del modello allo stato di progetto al passaggio della colata

Si riporta di seguito in Figura 24 (ed in allegato in formato A3) il profilo del campo di moto ottenuto dalla simulazione nel tratto di torrente interessato al passaggio della **colata** con $Tr = 200$ anni allo stato di progetto.


 Figura 26: profilo di moto allo stato attuale al passaggio della colata $Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

Si riportano di seguito in Tabella 13 Tabella 12 i principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato di progetto al passaggio della colata.

River Sta n°	Length Chnl [m]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Hydr Depth [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Froude # Chl [-]
23	8.67	920.50	921.40	0.68	921.57	921.90	0.100	3.13	1.21
22	0.01	919.00	920.06	0.86	920.25	920.81	0.154	3.85	1.33
21.5 - Bridge	1.71								
21	10.53	918.40	919.12	0.55	919.51	920.39	0.343	4.98	2.15
20	8.66	917.50	919.04	0.99	918.60	919.19	0.019	1.72	0.54
19	0.00	917.43	918.40	0.90	918.40	918.85	0.083	2.98	1.01
18.5	39.78	916.00	916.47	0.43	916.97	918.68	0.814	6.58	3.22
18	28.75	913.15	914.21	0.96	914.12	914.58	0.063	2.70	0.88
17	14.15	911.15	912.13	0.90	912.12	912.56	0.078	2.91	0.98
16	0.06	910.10	911.13	0.94	911.07	911.52	0.068	2.78	0.92
15.5 - Bridge	4.16								
15	11.22	909.75	910.72	0.89	910.72	911.17	0.082	2.97	1.01
14	22.87	908.88	910.15	1.14	909.85	910.40	0.037	2.22	0.66
13	22.46	908.06	909.46	1.26	909.04	909.66	0.027	1.97	0.56
12	10.45	907.25	908.23	0.89	908.23	908.67	0.080	2.95	1.00
11	0.07	905.66	906.35	0.64	906.63	907.29	0.232	4.29	1.71
10.9 - Bridge	15.07								
8	14.71	903.82	904.59	0.70	904.79	905.34	0.170	3.85	1.47
7	4.95	902.44	903.41	0.89	903.41	903.86	0.082	2.97	1.01
6.5	0.07	902.25	903.27	0.98	903.04	903.49	0.034	2.09	0.67
6.25 - Bridge	8.57								
6	5.36	901.92	902.71	0.77	902.71	903.09	0.074	2.72	0.99
5.5	0.03	901.63	902.41	0.68	902.38	902.71	0.056	2.43	0.94
5 - Bridge	3.23								
4.5	13.30	901.43	902.18	0.66	902.18	902.51	0.064	2.55	1.00
4	12.96	900.50	901.39	0.83	901.27	901.66	0.045	2.29	0.80
3	16.79	900.00	900.80	0.67	900.74	901.06	0.048	2.27	0.88
2	12.02	899.25	899.92	0.46	899.92	900.15	0.060	2.14	1.01
1	0.00	897.91	898.33	0.25	898.48	898.80	0.262	3.04	1.93

- River Sta = numero sezione all'interno della simulazione
- Length Chnl = distanza dalla sezione di valle
- Min Ch El = quota del talweg
- W.S. Elev = quota del pelo libero
- Hydr Depth = altezza del pelo libero
- Crit W.S. = quota della critica
- E.G. Elev = quota della linea dell'energia
- E.G. Slope = pendenza della linea dell'energia
- Vel Chnl = velocità all'interno del corso d'acqua
- Froude Chl = numero di Froude all'interno del corso d'acqua

Tabella 15: risultati della simulazione idraulica allo stato di progetto al passaggio della colata $Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

6.12. Franco idraulico del ponte oggetto degli interventi

Si riportano di seguito le quote dell'intradosso dell'impalcato ed i valori dei livelli idrici raggiunti nelle sezioni del ponte allo stato attuale ed in quello di progetto al passaggio della portata liquida e della colata al fine di valutare il **franco idraulico** in ciascuna delle situazioni analizzati.

Prima di procedere all'analisi, si ricordano le indicazioni relative a tale aspetto riportate al paragrafo 5.1.2.3 (Compatibilità idraulica) delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. Infrastrutture 17.01.2018).

*"Il **franco idraulico**, definito come la **distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture**, è da assumersi **non inferiore a 1.50 m**, e comunque dovrà essere scelto **tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo.**"*

6.12.1. Stato attuale - portata liquida

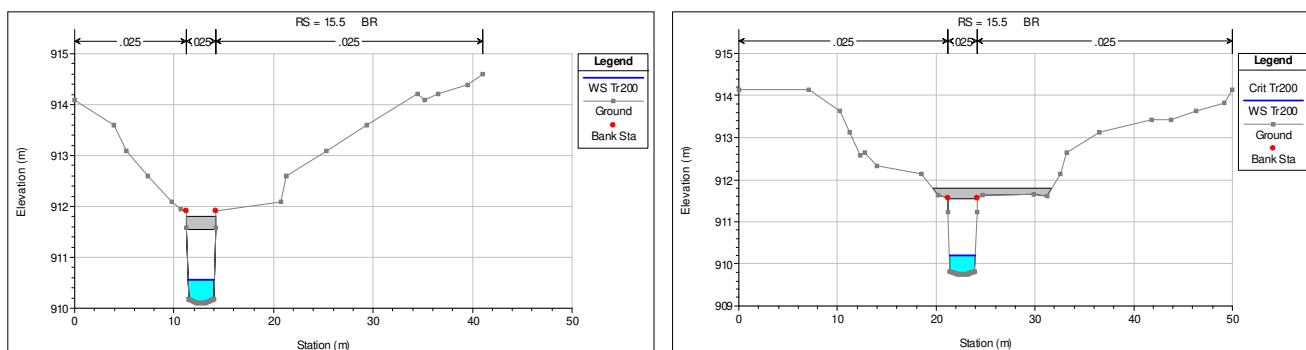


Figura 27: livelli idrici in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi al passaggio della portata liquida allo stato attuale

Come visibile dai dati riportati in Tabella 16, la quota dell'intradosso del ponte esistente, pur assicurando il passaggio della portata liquida di progetto, **non garantisce il rispetto del franco idraulico** pari ad **1.50 m** richiesto dalla normativa vigente.

	Sezione monte (U)	Sezione valle (D)
Quota impalcato [m s.m.m.]	911.55	911.55
Quota tirante [m s.m.m.]	910.57	910.21
Franco idraulico [m]	0.98	1.34

Tabella 16: franco idraulico in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi al passaggio della portata liquida con tempo di ritorno pari a 200 anni ($Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$)

6.12.2. Stato attuale - colata

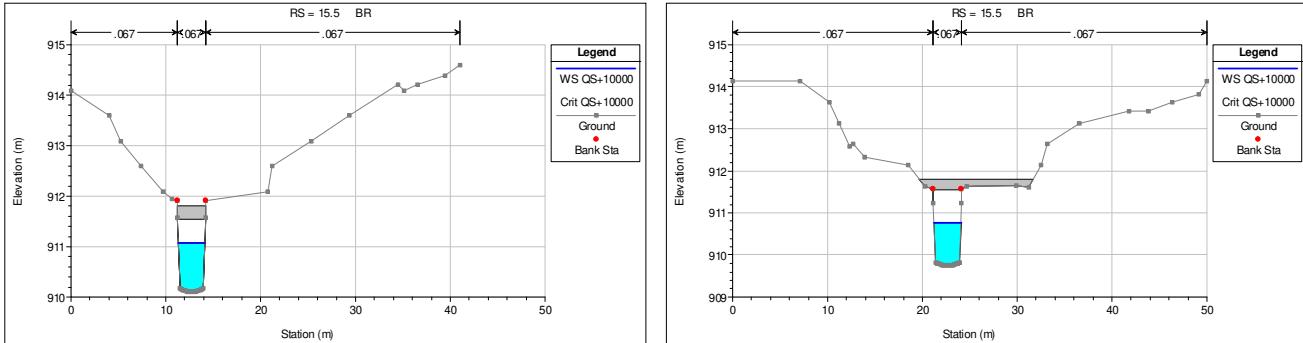


Figura 28: livelli idrici in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi al passaggio della colata allo stato attuale

Come visibile dai dati riportati in Tabella 17, la quota dell'intradosso del ponte esistente assicura il passaggio della colata di progetto con un **franco idraulico minimo di 47 cm**.

	Sezione monte (U)	Sezione valle (D)
Quota impalcato [m s.m.m.]	911.55	911.55
Quota tirante [m s.m.m.]	911.08	910.72
Frano idraulico [m]	0.47	0.83

Tabella 17: franco idraulico in corrispondenza del ponte di progetto al passaggio della colata con tempo di ritorno pari a 200 anni ($Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$)

6.12.3. Stato di progetto - portata liquida

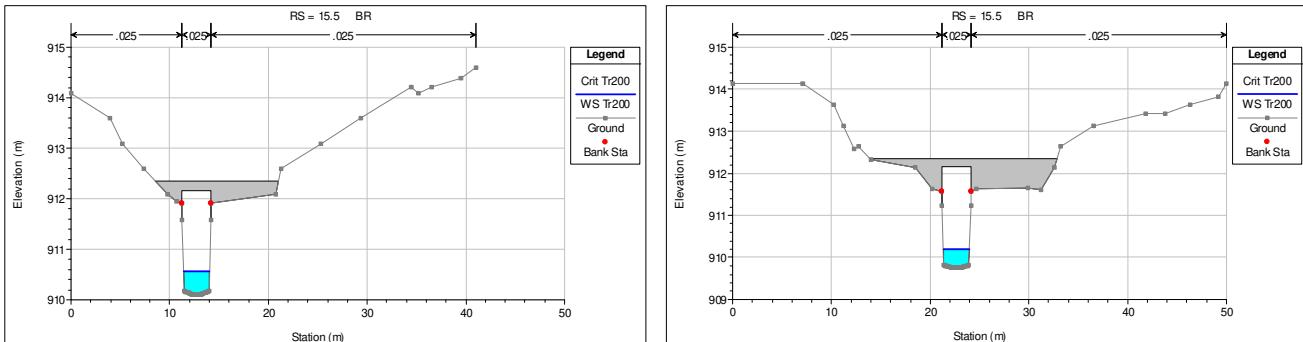


Figura 29: livelli idrici in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi al passaggio della portata liquida allo stato di progetto

Come visibile dai dati riportati in Tabella 18, la quota dell'intradosso del nuovo ponte **garantisce il rispetto del franco idraulico** pari ad **1.50 m** richiesto dalla normativa vigente.

	Sezione monte (U)	Sezione valle (D)
Quota impalcato [m s.m.m.]	912.17	912.17
Quota tirante [m s.m.m.]	910.57	910.21
Frano idraulico [m]	1.60	1.96

Tabella 18: franco idraulico in corrispondenza del ponte di progetto al passaggio della portata con tempo di ritorno pari a 200 anni ($Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$)

6.12.4. Stato di progetto - colata

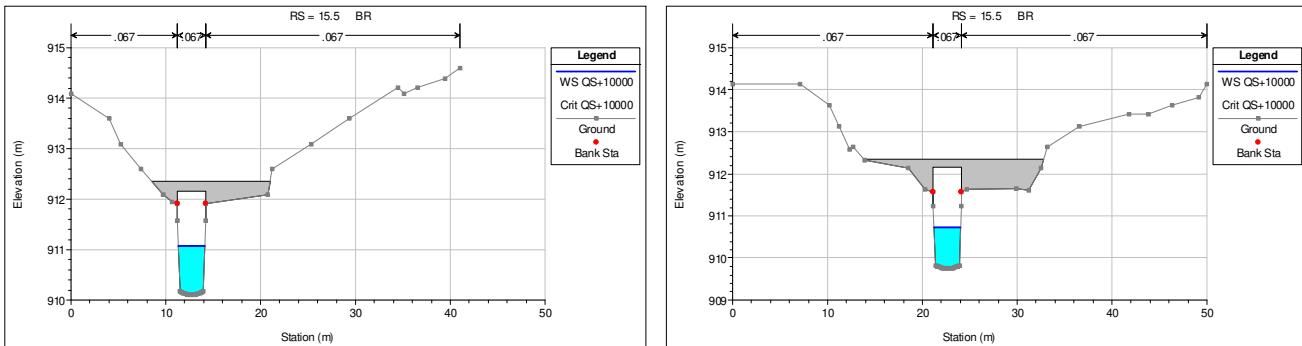


Figura 30: livelli idrici in corrispondenza del ponte oggetto degli interventi al passaggio della colata allo stato di progetto
 Come visibile dai dati riportati in

Tabella 19, la quota dell'intradosso del nuovo ponte assicura il passaggio della colata di progetto con un **franco minimo** pari ad **1.09 m**.

	Sezione monte (U)	Sezione valle (D)
Quota impalcato [m s.m.m.]	912.17	912.17
Quota tirante [m s.m.m.]	911.08	910.72
Franco idraulico [m]	1.09	1.45

Tabella 19: franco idraulico in corrispondenza del ponte di progetto al passaggio della colata con tempo di ritorno pari a 200 anni ($Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$)

7 CONCLUSIONI

Lo studio idrologico-idraulico del rio Fassanel ha permesso concludere che la sostituzione del ponte esistente con una nuova infrastruttura, il cui impalcato si trova ad una quota superiore di 60 cm rispetto all'esistente, **garantisce il rispetto del franco idraulico di 1.50 m** richiesto dalla normativa vigente al **passaggio della portata liquida con tempo di ritorno di 200 anni**.

Per quanto riguarda possibili fenomeni di **colata**, la simulazione idraulica effettuata ipotizzando un volume solido di 10'000 m³ evidenzia il mantenimento di un franco idraulico significativo (superiore ad 1 m) e **garantisce** quindi un'**adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo**, come richiesto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. Infrastrutture 17.01.2018).

Per definire il **volume della colata di progetto** si è fatto riferimento all'evento meteorico estremo che ha interessato il rio Fassanel nel corso della tempesta Vaia, nell'ottobre 2018: in tale occasione il corso d'acqua è stato interessato da una colata detritica di circa **10'000 m³**.

Con riferimento a questo aspetto, si osserva inoltre quanto segue:

- ✓ il rio Fassanel è stato oggetto nel corso degli anni di numerosi interventi di sistemazione idraulica volti alla stabilizzazione del fondo e delle sponde ed al contenimento di eventuali fenomeni di trasporto solido attraverso la realizzazione di piazze di deposito e di diverse tipologie di briglie nei tratti a monte dell'opera in progetto: possibili futuri eventi di debris flow dovrebbero essere trattenuti grazie alla presenza di queste opere;
- ✓ in particolare, tra le varie opere di sistemazione, si sottolinea che - come confermato dal Servizio bacini Montani - la presenza della **briglia filtrante** ha dimostrato nel corso degli anni una notevole efficienza, riuscendo a **contenere fino a 10'000 m³ di materiale solido** e contribuendo in maniera significativa alla mitigazione del rischio idraulico delle aree poste a valle della stessa;
- ✓ inoltre, il tratto a valle della briglia filtrante - fino a monte delle prime case - è stato **fortemente consolidato** al fine di **evitare possibili fenomeni di erosione** e, di conseguenza, essere fonte di produzione di materiale solido. Lo stesso tratto è stato anche modellato in modo da **favorire il deposito del materiale solido** eventualmente trasportato dalle sezioni poste a monte;
- ✓ la sostituzione dell'impalcato esistente e l'innalzamento di 60 cm della quota del sottotrae rappresenta un **netto miglioramento rispetto allo stato attuale**: oltre a garantire il **rispetto del franco idraulico di 1.50 m** al passaggio della piena con tempo di ritorno di 200 anni, un suo eventuale intasamento nel caso eventi di colata provocherà sicuramente effetti meno gravosi sulle aree circostanti;
- ✓ l'innalzamento dell'impalcato richiede conseguentemente un aumento della quota d'imposta della viabilità di collegamento al nuovo ponte: ciò assicurerà in ogni caso una maggiore protezione delle abitazioni poste a valle dello stesso, in sinistra idrografica del rio.

In considerazione degli esiti delle simulazioni idrauliche condotte e delle considerazioni sopra riportate, si ritiene l'intervento in progetto compatibile con il livello di pericolosità alluvionale torrentizia del rio Fassanel.

Sarà cura dell'Ente gestore dell'infrastruttura (il Comune di tesero) operare attraverso interventi quali la chiusura del ponte nel caso di previsione di eventi meteorici eccezionali al fine di ridurre la pericolosità residua legata alla presenza dell'attraversamento in esame.

8 RIFERIMENTI NORMATIVI

- ✓ D.M. Infrastrutture 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- ✓ Circolare C.S.LL.PP. 21.01.2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- ✓ D.P.R 15 febbraio 2006 - Norme di attuazione del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche
- ✓ L.P. 4 agosto 2015, n. 15 - Legge provinciale per il governo del territorio
- ✓ Deliberazione G.P. n. 1317 di data 4 settembre 2020 - Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg, e approvazione delle modifiche apportate al documento di "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penalità"

9 ALLEGATO

9.1. Profilo di moto allo stato attuale al passaggio della portata liquida

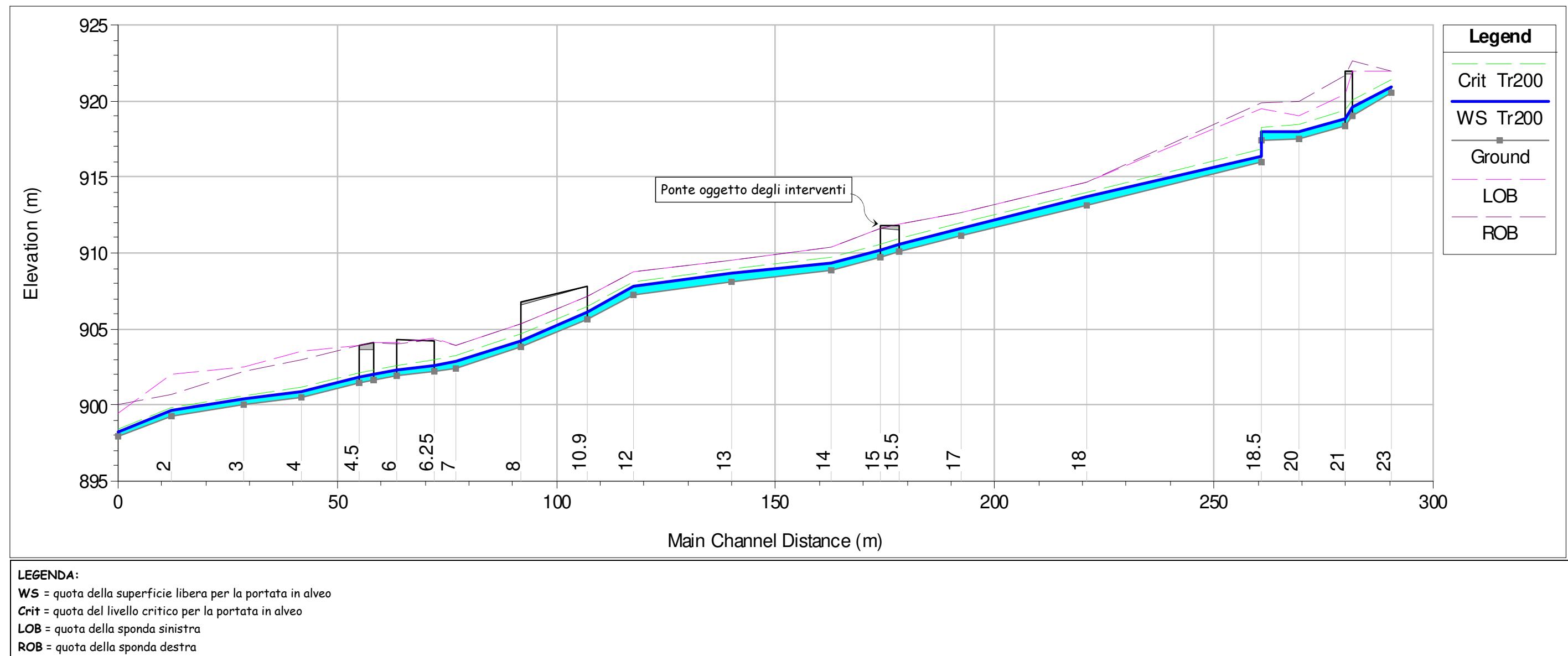


Figura 31: profilo di moto allo stato attuale al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

9.2. Profilo di moto allo stato attuale al passaggio della colata

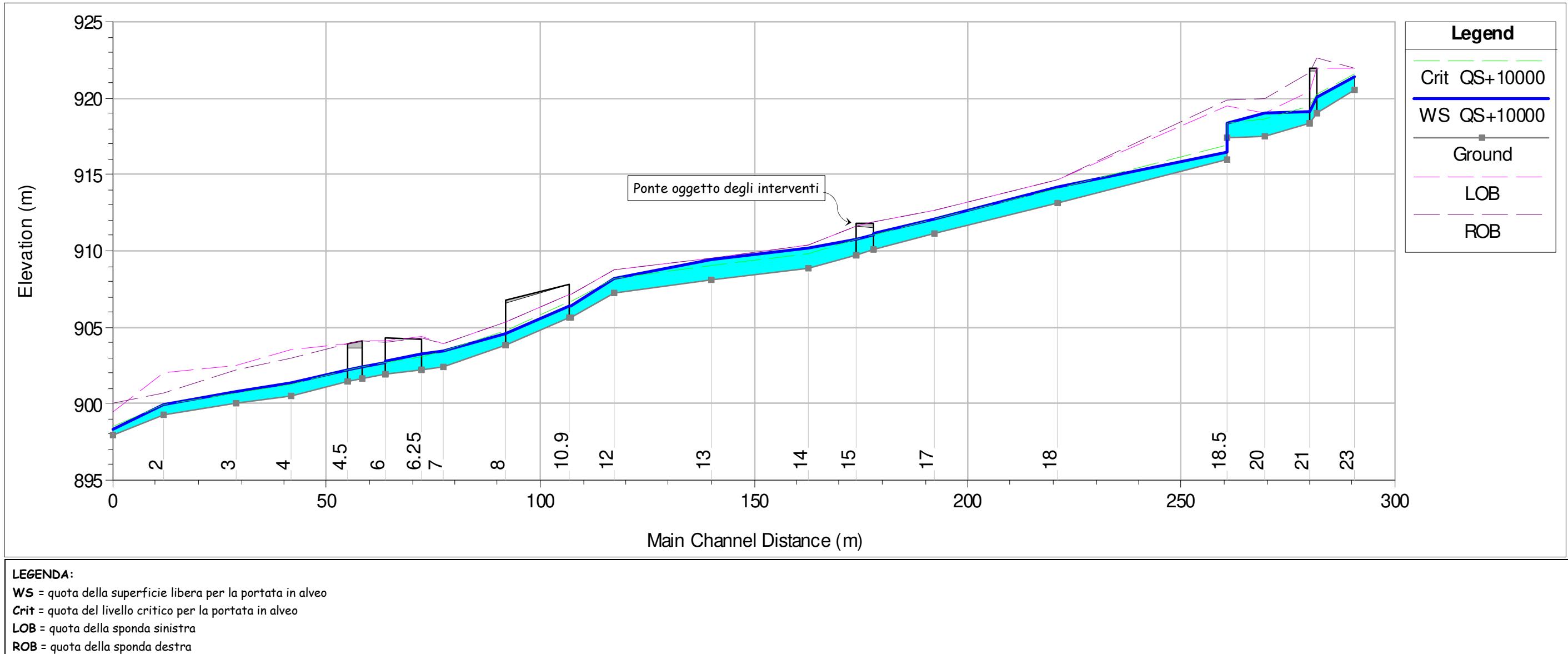


Figura 32: profilo di moto allo stato attuale al passaggio della colata $Q_{200} = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

9.3. Profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida

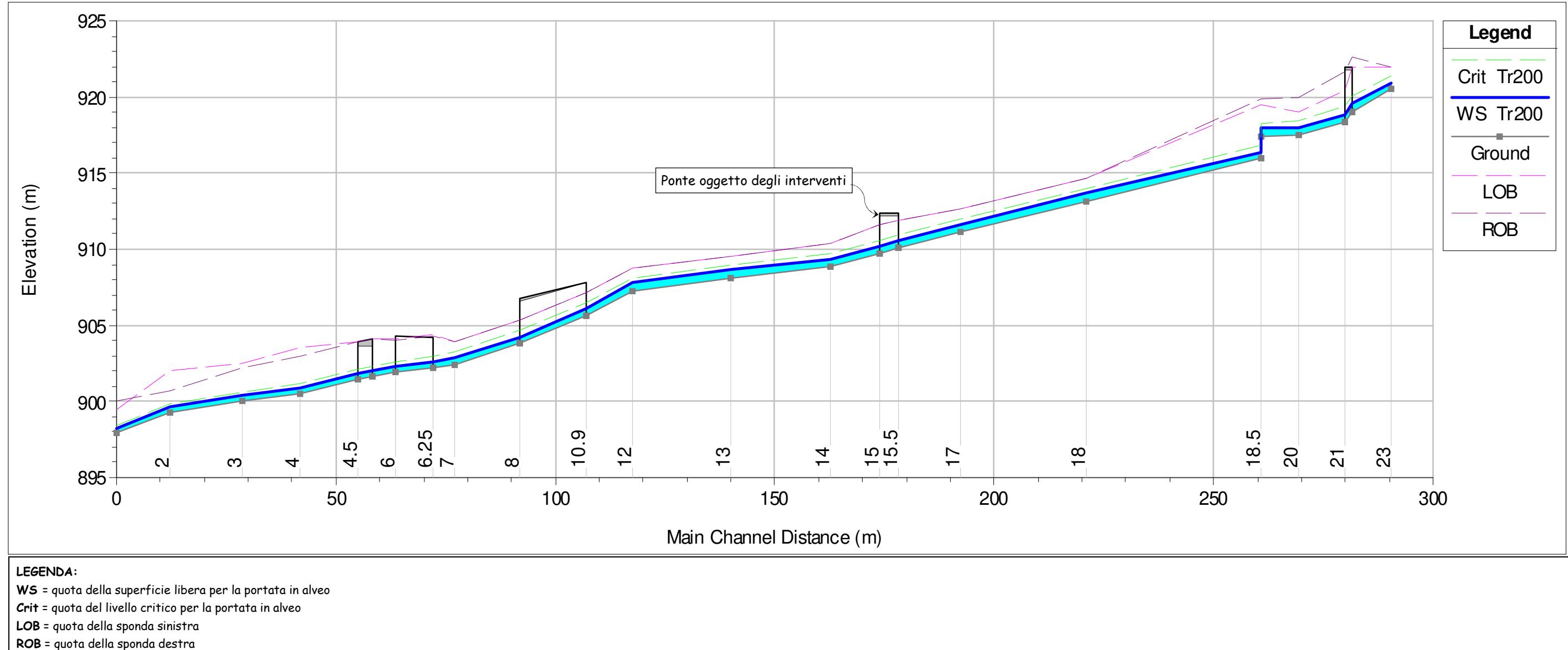
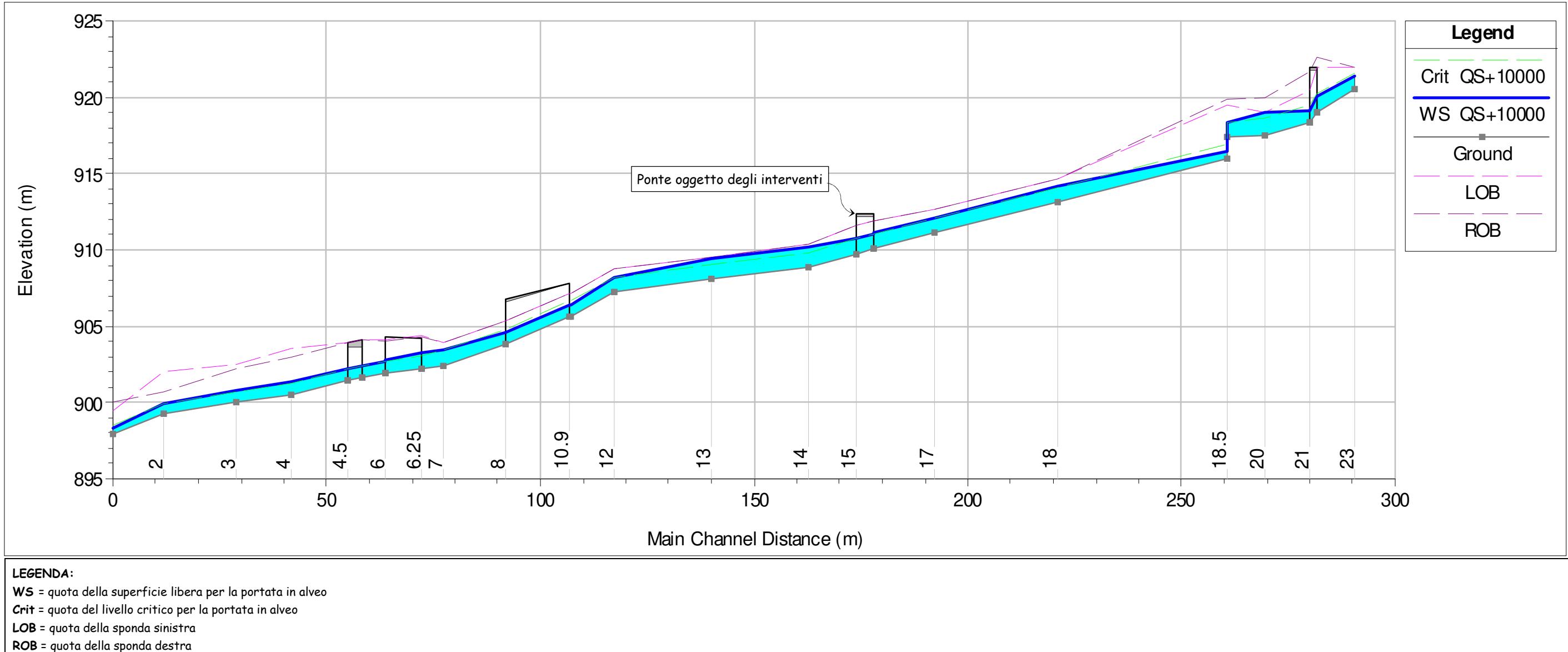


Figura 33: profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida $Q_{200} = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

9.4. Profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della portata liquida



ASSEVERAZIONE DELLA RELAZIONE O DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ

(l.p. 4 agosto 2015, n. 15, articolo 15, l.p 27 maggio 2008, n. 5, Capo IV)

relativo all'intervento edilizio

situato nel COMUNE DI Tesero

p.f. 5795/16, 5795/21 e 5795/20 p.ed. _____ nel C.C. Tesero

Coordinate geografiche di 2 spigoli opposti dell'area di intervento o della costruzione (sistema di riferimento UTM-ETRS89)			
Spigolo 1	Est 694588.08	Nord 51284312.92	
Spigolo 2	Est 694604.35	Nord 51258427.38	

Il sottoscritto Anna Vecchietti

nato a Trento il 11.02.1972 C.F. VCCNNA72B51L3780

residente a Trento via Chini 21

Iscritto all'Ordine INGEGNERI

della Prov. di Trento n. iscriz. 2113

consapevole delle pene previste dal codice penale e dalle leggi speciali in materia per le dichiarazioni non veritieri e per la falsità in atti, risponde ai sensi degli articoli 47 e 76 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445 recante "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di documentazione amministrativa", per le attestazioni e le dichiarazioni contenute nel presente modello. Resta ferma ogni altra forma di responsabilità prevista dall'ordinamento vigente.

PREMESSO

- che è in possesso dei requisiti professionali richiesti per la predisposizione di relazioni o studi di compatibilità ai sensi del Capo IV delle norme di attuazione del Piano urbanistico provinciale (l.p. 27 maggio 2008, n. 5)
- che opera nella qualità di tecnico incaricato di valutare la compatibilità di un intervento ricadente in area con:¹

Classi di penalità	Tipo di fenomeno
<input checked="" type="checkbox"/> elevata (P4, norme del PUP, art. 15, c. 4)	
<input type="checkbox"/> media (P3, norme del PUP, art. 16, c. 3)	<input checked="" type="checkbox"/> idraulici
<input type="checkbox"/> bassa (P2, norme del PUP, art. 17, c. 2)	<input type="checkbox"/> geologici
<input type="checkbox"/> da approfondire (APP, norme del PUP, art. 18, c. 2)	<input type="checkbox"/> valanghivi
<input type="checkbox"/> residua da valanga (PRV, norme del PUP, art. 18, c. 2)	<input type="checkbox"/> incendi boschivi

- che ha preso visione dei contenuti delle carte della pericolosità in relazione a tutti i fenomeni attesi e dei contenuti della Carta di sintesi della pericolosità rispetto alle diverse tipologie di fenomeni e alle relative classi di penalità;

¹ Barrare la casella di interesse o più caselle nel caso di concomitanza di più classi di penalità

- che dalle analisi effettuate, come illustrato nei contenuti della relazione o dello studio e riportato espressamente nel capitolo relativo alle "CONCLUSIONI DELLA RELAZIONE O DELLO STUDIO" in ordine alla compatibilità degli interventi, emerge quanto segue:²

- ⑦ nel caso di interventi di ristrutturazione degli edifici esistenti, di cui all'articolo 15, comma 4 delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P4, la relazione tecnica allegata al progetto dimostra l'idoneità degli accorgimenti costruttivi o di utilizzazione degli edifici a ridurre la vulnerabilità delle persone e dei beni;
- ⑦ nel caso di bonifiche agrarie, se con superficie inferiore a un ettaro, ricadenti nelle aree con penalità P4 e con penalità P3 lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere localizzativo e/o strutturale per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni;
- ⑦ nel caso di interventi di cui all'articolo 16, comma 3, lettere a) e c) delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P3, lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni;
- ⑦ nel caso di interventi di cui all'articolo 16, comma 3, lettera d) delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P3, lo studio di compatibilità allegato al progetto prevede la realizzazione di apposite opere difensive che consentono il declassamento della pericolosità o l'adozione, in relazione ai fenomeni attesi, di adeguate misure di sicurezza afferenti l'utilizzazione degli immobili (regole gestionali) o, in ragione della situazione locale, di accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità degli immobili;
- ⑦ nel caso di interventi di cui all'articolo 17, comma 2 delle norme di attuazione del PUP, la relazione tecnica allegata al progetto attesta la compatibilità e assicura, in fase di redazione della medesima relazione tecnica, l'adozione degli accorgimenti che andranno recepiti in sede progettuale, per garantire la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi;
- ⑦ nel caso di interventi di cui all'articolo 18, comma 2 delle norme di attuazione del PUP, ricadenti
 - ⑦ nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico, lo studio allegato al progetto attesta la compatibilità dell'intervento con l'assetto del corso d'acqua, con il pericolo atteso e le caratteristiche strutturali e idrauliche delle sezioni di deflusso se il corso d'acqua è coperto o tombinato;
 - ⑦ nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni valanghivi, la relazione nivologica allegata al progetto individua gli accorgimenti (opere difensive e/o misure gestionali) atti a tutelare l'incolumità delle persone;
 - ⑦ nelle aree con penalità residua da valanga, lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni.
- ⑦ (altro)

ASSEVERA

che la relazione o lo studio di compatibilità in oggetto analizza compiutamente la specifica pericolosità dei fenomeni indicati in premessa nonché i loro potenziali effetti sull'intervento proposto, e consente di attestarne la compatibilità mediante i seguenti **accorgimenti**, dettagliatamente descritti nel capitolo conclusivo della relazione o dello studio di compatibilità:

- realizzazione di opere di difesa

² Barrare la casella di interesse o più caselle nel caso di concomitanza di più classi di penalità

- adozione di accorgimenti costruttivi di carattere
- strutturale
- localizzativo
- architettonico (aumento quota sottotrave impalcato)
- adozione di specifiche misure gestionali e/o di utilizzazione del bene
- (altro) _____
- (altro) _____

Data Trento, 13.12.2021



Ai sensi dell'articolo 38 del d.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la presente dichiarazione è stata:

- sottoscritta, previa identificazione del/i richiedente/i, in presenza del dipendente addetto

(indicare in stampatello il nome del dipendente)

- sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del/i sottoscrittore/i.



Cognome	...VECCHIETTI
Nome	ANNA
nato il	11/2/1972
(atto n.	280 P. 1 S. A.....)
a...	TRENTO (.....TN..)
Cittadinanza	ITALIANA
Residenza	TRENTO
Via	VIA E. CHINI 21
Stato civile	STATO LIBERO
Professione	INGEGNERE
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI	
Statura	CM 165
Capelli	CASTANI
Occhi	CASTANI
Segni particolari //

