

**MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A  
SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO  
IMPIANTO SRG  
MALBORGHETTO (UD)**

**Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente  
132kV/20kV**

**Storia delle revisioni Fornitore**

Rev.	Data	descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
01	19/01/2021	Modificato a seguito sorveglianza Terna: Vedi mail del 13/01/2021	Dott. Ing. D. Spartà Dr. Geol. N. Bistacchi	Dr. Geol. A. Uggeri	Dott. Geol. A. Uggeri
00	23/12/2020	Prima emissione per approvazione	Dott. Ing. D. Spartà Dr. Geol. N. Bistacchi	Dr. Geol. A. Uggeri	Dott. Geol. A. Uggeri
<b>Codice Elaborato Fornitore</b>		 servizi S.r.l. Società di Ingegneria  Indagini geognostiche  UNI EN ISO 9001:2008	Dr. Geol. A. Uggeri	Dott. Ing. D. Spartà	
20-170_modello a fondo mobile_Malborghetto_R0 0			 		

REVISIONI	N.	DATA	DESCRIZIONE	ESAMINATO	ACCETTATO
	00	13/01/2021	Prima emissione	P. Pierro ING APRI-NE	L. Simeone ING APRI-NE

NUMERO E DATA ORDINE: 400008330 / 22.01.2021

MOTIVO DELL'INVIO:  PER ACCETTAZIONE  PER INFORMAZIONE



CODIFICA ELABORATO

**RC1541174B2036212**




Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna Rete Italia S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna Rete Italia S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna Rete Italia S.p.A. is prohibiit.

 <p><b>Terna Rete Italia</b> T E R N A G R O U P</p>	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	   <p><b>Idrogea servizi S.r.l.</b> Società di Ingegneria</p>  
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## Sommario

1	PREMESSA .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3.1	PIANI DI BACINO .....	7
3.1.1	ALLUVIONE STORICA .....	8
3.1.2	NORME DI ATTUAZIONE .....	11
3.2	INVARIANZA IDRAULICA .....	14
4	DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	15
5	RILIEVI TOPOGRAFICI .....	21
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROMORFOLOGICO .....	24
7	RILIEVO IDROMORFOLOGICO DI DETTAGLIO E DEFINIZIONE DELLE GRANULOMETRIE PREVALENTI .....	27
7.1	RILIEVO IDROMORFOLOGICO DI DETTAGLIO .....	27
7.1.1	FORME FLUVIALI .....	28
7.1.2	PROCESSI FLUVIALI .....	31
7.2	DETERMINAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI .....	33
7.2.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA UTILIZZATA .....	33
7.2.2	DETERMINAZIONE DELLE CLASSI GRANULOMETRICHE SITO SPECIFICHE .....	35
7.3	OPERE DI DIFESA .....	39
8	ANALISI IDROLOGICA .....	40
8.1	TEMPI DI CORRIVAZIONE .....	41
8.2	ANALISI REGIME PLUVIOMETRICO .....	42
8.2.1	LSPP .....	42
8.2.2	PRECIPITAZIONI MASSIME DEGLI ULTIMI ANNI .....	44
8.2.3	PRECIPITAZIONI DI PROGETTO .....	45
8.3	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI .....	46
9	MODELLO IDRAULICO A FONDO FISSO .....	52
9.1	RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO .....	52
9.2	SIMULAZIONE DELL'ONDA PIENA .....	53
9.3	CONDIZIONI AL CONTORNO .....	53
9.4	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA .....	54
10	MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE .....	58
10.1	CODICE DI CALCOLO .....	58
10.1.1	Formule di trasporto .....	58
10.2	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO .....	60
10.2.1	Definizione della mesh di calcolo .....	60
10.2.2	Definizione della granulometria .....	62
10.3	Condizioni al contorno .....	64
10.3.1	Portate liquide .....	64

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

10.3.2	Portate solide .....	65
10.3.3	Scabrezza .....	69
10.4	Analisi dei risultati .....	69
10.4.1	Idrodinamica .....	69
10.4.2	Analisi di sensitività .....	72
10.4.3	Analisi dei risultati .....	75
10.5	Considerazioni complessive sui risultati del modello di trasporto .....	81
11	<b>CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI PROGETTUALI .....</b>	<b>83</b>
11.1	ATTREVERSAMENTO IN SUB-ALVEO.....	83
11.2	DIFESA SPONDALE A PROTEZIONE DELLA CENTRALE ELETTRICA.....	83
12	<b>APPENDICE .....</b>	<b>85</b>
12.1	VARIAZIONE DEL FONDO E D50 IN CORRISPONDENZA DI 9 PUNTI.....	85
12.2	DISTRIBUZIONE GRANULOMETRIA SUPERFICIALE .....	90
12.3	EROSIONE SIMULATA.....	92
12.3.1	Formula MPM .....	92
12.3.2	Formula di Parker .....	96
12.3.3	Formula Wilcock and Crowe.....	100
12.3.4	Formula di Wu.....	104

**Tavole**

DC1541174B2042446\_Tavola 1 - Rilievo idromorfologico di dettaglio

**Allegati**

Allegato 1 - RC1541174B2035111 - rapporti di prova analisi granulometriche

Allegato 2 - RC1541174B2036340 - report attività di rilievo fotogrammetrico e topografico

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 1 PREMESSA

La società Terna- Rete Elettrica Nazionale S.p.a ha incaricato Idrogea Servizi per la redazione di una relazione di compatibilità idraulica a supporto del progetto Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV ed elettrodotto MT di Malborghetto (UD) come indicato nelle specifiche PC1541174A825452.

La stazione elettrica in progetto sorgerà su una piana ubicata in sponda sinistra del fiume Fella in Comune di Malborghetto (UD) - località Ombrico (Figura 1) a una quota media di 684 m slm.




**Figura 1** Ubicazione Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV in progetto

Il documento redatto nel 2019 ha valutato la compatibilità idraulica della stazione elettrica analizzando i livelli idrici raggiunti dal fiume Fella in periodo di piena relativi all'area di progetto e comprendendo in particolare:

- la delimitazione del bacino scolante del fiume Fella sino all'area di progetto: il bacino comprende al suo interno lo scolo del rio Malborghetto, del torrente Uqua e del torrente Saisera;
- la determinazione del tempo di corrivazione per ciascun bacino;
- l'analisi del regime pluviometrico e l'individuazione di una precipitazione di progetto per il tempo di ritorno di 100 anni e 200 anni;
- la trasformazione afflussi-deflussi con il metodo SCS-CN e determinazione di una portata al colmo nell'alveo del fiume Fella in corrispondenza dell'area di progetto (portata centennale di 509,7 m<sup>3</sup>/s e duecentennale 620,7 m<sup>3</sup>/s);
- la realizzazione di un modello numerico per la simulazione idraulica monodimensionale a fondo fisso nel tratto del fiume Fella in prossimità dell'area di progetto per diversi tempi di ritorno.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

Le simulazioni di moto stazionario effettuate per entrambi i tempi di ritorno hanno evidenziato che:

- nel tratto analizzato l'alveo è in grado di smaltire le piene simulate stimate per i tempi di ritorno di 100 e 200 anni,
- i profili idrici simulati nel tratto di alveo corrispondente all'area di progetto hanno un ampio franco idraulico di sicurezza: il livello idrico delle piene raggiunge quote di circa 680 m slm, l'area di progetto giace invece a una quota media di 684 m slm.

Ricordando che il progetto definitivo della stazione elettrica dovrà essere redatto secondo i principi e le prescrizioni del Decreto Regionale n. 083 del 27 marzo 2018 *“Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque).”*, e nel rispetto della Norme di attuazione (Allegato alla delibera n. 1 del Comitato Istituzionale del 22 dicembre 2014 redatta dall'Autorità di Bacino), si è valutato che la stazione elettrica in progetto fosse compatibile a livello idraulico con il fiume Fella.

Il parere dell'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali (protocollo n°3548/2020 del 14/07/2020) riportava la seguente richiesta di approfondimento: *“la modellazione idraulica è stata svolta a fondo fisso. Questa scelta modellistica non consente di valutare eventuali criticità legate all'erosione al piede dell'opera di protezione spondale a protezione del terrapieno proposta a pag. 54. Si rappresenta quindi la necessità di verificare la stabilità della scogliera in progetto con un modello a fondo mobile costruito sulla base di un dato topografico ad adeguata risoluzione spaziale e tale da rappresentare correttamente l'influenza del ponte sulle condizioni idrauliche locali.”*

A seguito di tale nota è stato realizzato un modello idraulico a fondo mobile per il fiume Fella.

Tale modello, descritto dalla presente relazione, permette un approfondimento delle analisi idrauliche realizzate per il corso d'acqua valutando in aggiunta gli aspetti idromorfologici e le influenze locali dei piloni del ponte stradale sulla corrente e sull'erosione da essa provocata.

 <p>TERNA GROUP</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere in progetto sono suddivisibili in differenti ambiti:

- Stazione Elettrica di Smistamento a 132 kV della RTN, nel seguito chiamata “SE 132 kV RTN di Malborghetto”, comprensiva dei raccordi in entra esci alla linea 132 kV Chiusaforte - Tarvisio;
- Sottostazione Elettrica 132/220 kV per l’Utente SNAM Rete Gas, nel seguito chiamata “SSE 132/20 kV SRG di Malborghetto”, con i relativi collegamenti alla SE 132 kV RTN di Malborghetto e alle apparecchiature della centrale SRG di Malborghetto;
- Collegamenti in cavo AT e MT;
- Raccordi alla RTN Chiusaforte-Tarvisio.

Inoltre, relativamente all’area ove saranno realizzate le due stazioni elettriche, poiché trattasi di un’area in rilevato, si prevede la realizzazione di alcune opere di sostegno, di sottoscarpa e controripa, aventi altezza variabile.

### SE 132 kV RTN di Malborghetto

- Sistema monosbarra con isolamento in aria;
- Stalli linea completi delle relative apparecchiature (sezionatori di sbarra, di linea e by-pass, interruttori, TA, TV e scaricatori, TIP per alimentazione servizi ausiliari);
- Chioschi di stazione per le apparecchiature periferiche dei servizi ausiliari e del sistema di protezione, comando e controllo;
- Edificio per le apparecchiature centralizzate del sistema di controllo e servizi ausiliari, comprendente anche i servizi igienici per il personale;
- Edificio per il punto di consegna della linea MT di alimentazione dei servizi ausiliari;
- Sistema di protezione comando e controllo della stazione;
- Servizi ausiliari in c.a. e c.c. centralizzati e periferici, inclusi i quadri MT per il DG utente nel punto di consegna;
- Servizi generali e impianti tecnologici negli edifici e nelle aree esterne;
- Impianto di terra;
- Rete di drenaggi per la raccolta e convogliamento al corpo ricettore delle acque meteoriche ricadenti;
- Muro a protezione del terrapieno dove sorgerà la stazione;
- Scogliera in massi ciclopici a protezione delle fondazioni del muro.

### SSE 132/20 kV SRG di Malborghetto

- Sistema monosbarra con isolamento in aria;
- Stalli linea e stalli trasformatore completi delle relative apparecchiature (sezionatori di sbarra, di linea e by-pass, interruttori, TA, TV e scaricatori);
- Trasformatori AT/MT di tipo ONAF con variatore sottocarico con cavalletto porta apparecchiature
- MT sul secondario e cavi MT di collegamento al quadro MT nell’edificio.
- Armadi da esterno per le apparecchiature periferiche dei servizi ausiliari e del sistema di protezione, comando e controllo;
- Edificio per i quadri della sezione MT, per le apparecchiature centralizzate del sistema di controllo e servizi ausiliari incluso il trasformatore MT/BT per l’alimentazione dei SA, comprendente anche i servizi igienici per il personale;
- Edificio per il punto di consegna della linea MT di alimentazione dei servizi ausiliari e per il trasformatore S.A.;
- Sistema di protezione comando e controllo della stazione;
- Servizi ausiliari in c.a. e c.c. centralizzati e periferici, inclusi i quadri MT per il DG utente nel punto di consegna;
- Servizi generali e impianti tecnologici negli edifici e nelle aree esterne;
- Impianto di terra;
- Rete di drenaggi per la raccolta e convogliamento al corpo ricettore delle acque meteoriche ricadenti su strade e piazzali.
- Sistema di contenimento e raccolta delle acque piovane di dilavamento dei trasformatori, comprensivo di pompe di aggrottamento e apparecchiature per la rilevazione presenza olio e il blocco delle pompe.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

### Collegamenti in cavo AT e MT

Trovano impiego nei collegamenti tra sottostazione AT/MT e centrale SRG. I cavi avranno percorsi di tipo interrato con necessità di attraversamento del fiume Fella con scavo a sezione.

### Raccordi alla RTN Chiusaforte-Tarvisio

Per il collegamento tra la nuova stazione RTN e l'elettrodotto esistente 132kV "Chiusaforte-Tarvisio", si prevede l'utilizzo di una palificazione con sostegni del tipo troncopiramidale a struttura tralicciata.

La palificata si prevede di tipologia a doppia terna, armata quindi con sei fasi (tre per terna), ciascuna composta da un conduttore di energia.

Ciascun conduttore di energia è costituito da una corda di alluminio-acciaio, con diametro idoneo a garantire la portata di corrente e le prestazioni meccaniche.

In cima ai sostegni viene prevista la corda di guardia necessaria alla protezione contro le scariche atmosferiche.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per il presente studio di compatibilità idraulica è rappresentata da:

- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino,*
- Decreto Regionale n. 083 del 27 marzo 2018, recante disposizioni per l'applicazione dell'invarianza idraulica.

Nei paragrafi seguenti si descrive il quadro normativo dato dai due enti e si riportano stralci delle norme citate.

### 3.1 PIANI DI BACINO



L'area di studio è stata interessata nel 2003 da un evento alluvionale che ha dato origine a un successivo regime commissariale che ha riguardato gran parte del bacino idrografico del fiume Fella, sino alla realizzazione del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del sottobacino del fiume FELLA* da parte dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza e Brenta-bacchiglione.

I seguenti dati storici e geografici (riportati in corsivo) sono estratti dalla Relazione generale pubblicata nel dicembre 2014:

*Il Fella ha un bacino imbrifero di 706 Km<sup>2</sup>, che si innesta a circa 56 km dalle sorgenti dello stesso Tagliamento, in località Amaro (247 m s.m.), ed è alimentato da numerosi corsi d'acqua quali il Rio Pontebbana, il torrente Dogna, il Raccolana, il Resia e l'Aupa.*

*Il F. Fella nasce presso Camporosso in Valcanale, dall'unione dei Rii Fella e Cella, che scendono dal versante nord sopra la Sella di Camporosso. A monte di Ugovizza è alimentato dal Torrente Saisera, suo primo grosso affluente, che drena i massicci dello Jof Fuart e del Montasio. Presso Ugovizza il Fella riceve il Rio Uque che, con una serie di numerosi affluenti, drena un bacino abbastanza ampio.*



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 2** Rappresentazione corso del fiume Fella (in rosso) e delle aree di progetto (in blu)


### 3.1.1 ALLUVIONE STORICA

L'evento alluvionale che ha colpito il Friuli Venezia Giulia alla fine del mese di agosto del 2003 ha interessato essenzialmente la parte della Val Canale che va da Ugovizza fino a Pontebba, il Canal del Ferro sino circa a Dogna, e la Val Aupa.

I dissesti innescati da questo evento sono stati di vario tipo ma principalmente inquadrabili in due tipologie: fenomeni di colate detritiche, fenomeni alluvionali e di erosione spondale da parte del Fiume Fella e tutta una serie di fenomeni connessi quali: esondazioni (comuni di Pontebba e Dogna), riattivazione di movimenti franosi quiescenti (galleria per il passo Pramollo), accumuli di materiale ghiaioso e danneggiamento di manufatti idraulici e infrastrutture lungo numerose tratte della rete idrografica minore.

L'eccezionalità dell'evento va ricercata nei volumi di precipitazione affluiti, ma soprattutto nell'intensità della precipitazione. A titolo di esempio si consideri che, durante la fase critica dell'evento, dalle 14 alle 18 del 29 agosto, a Pontebba sono stati registrati 293 millimetri di pioggia in quattro ore. La massima intensità registrata storicamente in questa stazione per un periodo di 6 ore, risulta di 199 mm (22/06/96). Anche la stazione presso la galleria per Passo Pramollo ha registrato un'intensità analoga: 242,6 mm in 4 ore, purtroppo non confrontabile con serie storiche dato che la stazione è stata posizionata recentemente.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

*Se si confrontano i dati con le curve di possibilità pluviometrica (cioè le curve che stimano la quantità di precipitazione che può cadere in un determinato periodo di tempo a seconda dei diversi tempi di ritorno) elaborate dalla Provincia di Udine, si osserva che la quantità di pioggia caduta a Pontebba in 4 ore dovrebbe avere un tempo di ritorno superiore ai 500 anni. Anche la quantità di pioggia caduta in 24 ore a Malborghetto (354,6 mm) corrisponderebbe ad un tempo di ritorno superiore ai 500 anni. A titolo di esempio, alla stazione di Grauzaria di Moggio sono caduti più di 400 mm in 24 ore, dato approssimato per difetto in quanto è piovuto più della capacità massima del pluviometro.*

*Alla luce di questi dati si può certamente considerare tale evento come "eccezionale".*

*Peraltro, tipologie di dissesti come quelli verificatisi sono certamente tipici per questo territorio, basti pensare che ad Ugovizza (una delle località maggiormente colpite) eventi analoghi sono avvenuti nel 1903 e nel 1928.*

[...]

*In relazione al suo carattere di straordinaria impulsività, l'evento accaduto non può peraltro ritenersi un parametro significativo per verificare la capacità del P.A.I. di rappresentare a tutti gli effetti le condizioni di pericolosità, sia in termini di localizzazione, che di potenziale estensione. Va tuttavia considerato che quanto avvenuto ha sostanzialmente confermato la nota fragilità del territorio dell'alto bacino del Tagliamento, così come già in precedenza descritto nel P.A.I. del fiume Tagliamento.*

[...]

#### 1.1.1 MAPPE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

[...]

*Ferme restando le valutazioni fatte nel precedente paragrafo circa le difficoltà insorte nell'individuazione e delimitazione delle aree allagabili, va anche tenuto presente che le mappe della pericolosità forniscono informazioni in termini probabilistici e che le aree esondabili cartografate non corrispondono necessariamente a degli scenari di piena ben definiti, ma rappresentano piuttosto l'inviluppo dei possibili scenari che, con probabilità assegnata, potrebbero verificarsi lungo una determinata tratta fluviale.*

*La definizione della piena di riferimento richiede dunque l'individuazione di un adeguato valore del tempo di ritorno in relazione al quale condurre le valutazioni sulla pericolosità.*

*A tale proposito, è innanzitutto opportuno richiamare i contenuti dell'Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico nel quale sono indicati tre differenti "livelli" di rilevanza della piena cui fare riferimento nella individuazione delle aree pericolose:*

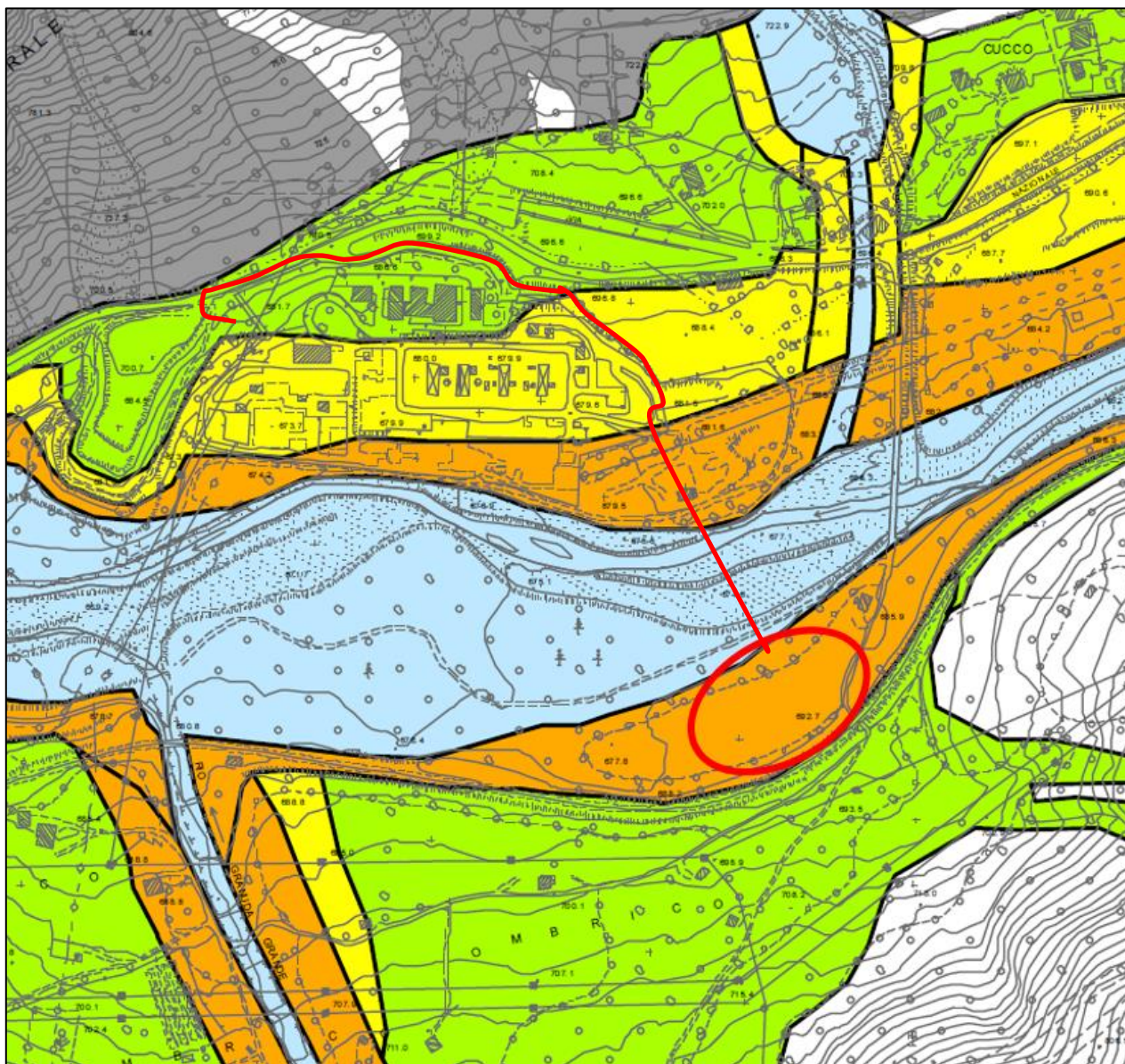
- eventi con tempo di accadimento dai 20-50 anni (alta probabilità di inondazione);
- eventi con tempo di accadimento dai 100-200 anni (media probabilità di inondazione);
- eventi con tempo di accadimento dai 300-500 anni (bassa probabilità di inondazione).

*Va tuttavia considerato che le leggi probabilistiche, ove riferite ad eventi con tempi di ritorno molto elevati (300-500 anni), divergono in maniera sensibile nei risultati così da rendere il campo dei valori forniti di scarsa utilità e che gli eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno di 50 e 100 anni presentano aree di esondazione non molto dissimili in estensione, in relazione al fatto che sono le evidenze morfologiche a giocare un ruolo fondamentale nella propagazione della lama d'acqua.*

*Pertanto, nell'ottica di mappare la "attitudine" e la "predisposizione" del territorio ad essere esondato, si è assunto quale evento di riferimento per l'individuazione delle aree pericolose l'evento di piena prodotto da precipitazioni caratterizzate da un tempo di ritorno di 100 anni.*






Come evidenziato dalla figura seguente estratta dalla Tavola 2 del documento sopra citato, l'area di studio per la realizzazione della centrale elettrica ricade in una zona delimitata come area a pericolosità idraulica elevata P3, in sponda sinistra del fiume Fella.

L'elettrodotto invece attraverserà interrato l'area fluviale F, e sempre interrato le aree P3, P2 e P1 in sponda destra.




**PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.**

**Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica**

-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

**Figura 3** Estratto della Tavola 2 - Carta della pericolosità idraulica – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Fella. In rosso si riportano il tracciato del cavidotto MT e l'area della stazione elettrica in progetto.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

Vengono definite “aree fluviali”, le aree del corso d’acqua morfologicamente riconoscibili o all’interno delle quali possono svolgersi processi morfodinamici e di invaso che le caratterizzano anche in relazione alla piena di riferimento nonché le aree delimitate dagli argini di qualsiasi categoria (anche se non classificati e/o in attesa di classifica) o, in mancanza, da sponde e/o rive naturali o artificiali.

Le aree P3 sono state definite dall’Autorità di Bacino con i seguenti criteri:

*Si è innanzitutto dedicata una particolare attenzione alle tratte sede di rotta storica o critiche secondo la modellazione matematica. È infatti parso opportuno tenere conto della notevole quantità di moto con cui, in fase di disalveazione, l’onda di sommersione investe l’area immediatamente a ridosso dell’argine. Sono state perciò individuate delle fasce, parallele e adiacenti alla struttura arginale, dell’ampiezza orientativa di 150 m e di una lunghezza complessiva pari a quella della rotta, incrementata indicativamente di 500 m sia verso monte che verso valle. A tali fasce è stato accordato un rilievo, in termini di pericolosità, maggiore di quello attribuito alle restanti aree allagabili e sono state classificate a pericolosità elevata P3, quando la criticità manifestata dal modello era confermata dal fattore storico o dal cattivo stato di manutenzione, a pericolosità media P2, quando la criticità era riconosciuta solo dal modello. Nei casi in cui è stato impiegato il metodo semplificato, le fasce così individuate sono state ulteriormente prolungate per un chilometro circa, sia verso monte che verso valle, e sono state classificate a pericolosità P2.*

[...]

*Per i territori non espressamente cartografati o per i quali lo stato delle conoscenze è carente è stata pertanto operata la scelta di considerare pericolose tutte le aree storicamente allagate per le quali, nel frattempo, non siano stati realizzati degli interventi di mitigazione, ovvero non si siano resi disponibili degli studi idrologico-idraulici specifici, oppure non sussistano specifici strumenti di pianificazione che già prevedono la classificazione del rischio idraulico.*

[...]


*Al fine di pervenire ad una caratterizzazione della pericolosità il più possibile completa ed esaustiva, nel Progetto di P.A.I. è stato dato mandato alle Regioni di provvedere alla perimetrazione e classificazione delle aree di pericolosità idraulica, con specifico riguardo al reticolo idrografico di montagna ed in generale ai territori di bacino non ancora cartografati:*

- *Classificando, se non note le caratteristiche del fenomeno, le aree storicamente allagate come aree di media pericolosità P2.*
- *Individuando comunque una fascia a pericolosità elevata P3, in adiacenza al corso d’acqua, costituita dalla porzione di terreno posta ad una quota (H max fascia) al massimo di 2 m superiore alla quota del ciglio della sponda (H ciglio sponda) ovvero, in caso di argine, alla quota del piede dell’argine a lato campagna (H piede argine). La larghezza L di questa fascia deve essere minore o uguale al doppio della larghezza dell’alveo (L alveo) o alla dimensione massima di 100 m.*
- *Individuando, in casi particolarmente critici e segnatamente lungo i corsi d’acqua a carattere torrentizio, le zone eventualmente interessate da importanti fenomeni di erosione e classificandole a pericolosità molto elevata P4, fatte salve ovviamente le perimetrazioni già definite con riguardo alla pericolosità geologica.*

*Nella valutazione della perimetrazione si è potuto inoltre far riferimento agli studi idraulici allegati agli strumenti urbanistici comunali e allo stato di manutenzione ed efficienza delle difese fluviali presenti sul tratto di corso d’acqua considerato. Per le caratteristiche del bacino si è inoltre preso in considerazione la propensione all’allagamento sulla base delle evidenze storiche (soprattutto degli eventi dell’agosto 2003 e del settembre 2009) e la tendenza al sovralluvionamento del tratto di corso d’acqua considerato (innalzamento generale del piano medio delle ghiaie a scapito del franco di sicurezza idraulica).*

### **3.1.2 NORME DI ATTUAZIONE**

Poiché le opere in progetto sono relative ad aree normate dal P.A.I., si riportano nel seguito il contenuto degli articoli 8, 9 e 10 delle norme di attuazione Allegato alla delibera n. 1 del Comitato Istituzionale del 22 dicembre 2014 redatta dall’Autorità di Bacino, sottolineando le parti di rilievo per il progetto della stazione elettrica.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	


**ART. 8 – Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica, valanghiva e per le zone di attenzione**

1. Le Amministrazioni comunali non possono rilasciare concessioni, autorizzazioni, permessi di costruire od equivalenti, previsti dalle norme vigenti, in contrasto con il Piano.
2. Possono essere portati a conclusione tutti i piani e gli interventi i cui provvedimenti di approvazione, autorizzazione, concessione, permessi di costruire od equivalenti previsti dalle norme vigenti, siano stati rilasciati prima della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'avvenuta adozione del presente Piano, fatti salvi gli effetti delle misure di salvaguardia precedentemente in vigore.
3. Nelle aree classificate pericolose e nelle zone di attenzione, ad eccezione degli interventi di mitigazione della pericolosità e del rischio, di tutela della pubblica incolumità e di quelli previsti dal Piano di bacino, è vietato, in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata:
  - a. eseguire scavi o abbassamenti del piano di campagna in grado di compromettere la stabilità delle fondazioni degli argini, ovvero dei versanti soggetti a fenomeni franosi;
  - b. realizzare tombature dei corsi d'acqua;
  - c. realizzare interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nelle aree franose;
  - d. costituire, indurre a formare vie preferenziali di veicolazione di portate solide o liquide;
  - e. realizzare in presenza di fenomeni di colamento rapido (CR) interventi che incrementino la vulnerabilità della struttura, quali aperture sul lato esposto al flusso;
  - f. realizzare locali interrati o seminterrati nelle aree a pericolosità idraulica o da colamento rapido.
4. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma precedente ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da:
  - a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolarle e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;
  - b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa;
  - c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, se possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;
  - d. minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica, geologica o valanghiva.
5. Tutte le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio devono prevedere il piano di manutenzione.
6. Tutti gli interventi consentiti dal presente Titolo non devono pregiudicare la definitiva sistemazione né la realizzazione degli altri interventi previsti dalla pianificazione di bacino vigente.

**ART. 9 – Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità molto elevata P4**

1. Nelle aree classificate a pericolosità molto elevata P4 può essere esclusivamente consentita l'esecuzione di:
  - a. opere di difesa, di sistemazione idraulica e dei versanti, di bonifica e di regimazione delle acque superficiali, di manutenzione idraulica e di sistemazione dei movimenti franosi, di monitoraggio o altre opere comunque volte ad eliminare, ridurre o mitigare, le condizioni di pericolosità o a migliorare la sicurezza delle aree interessate;
  - b. interventi di nuova realizzazione e manutenzione di piste per lo sci, qualora non ricadano in aree interessate da fenomeni di caduta massi, purché siano attuati i previsti piani di gestione del rischio;
  - c. opere, connesse con le attività di gestione e manutenzione del patrimonio forestale, boschivo e agrario, purché non in contrasto con le esigenze di sicurezza idraulica, geologica o valanghiva;
  - d. realizzazione e manutenzione di sentieri, purché non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e siano segnalate le situazioni di rischio;
  - e. interventi strettamente necessari per la tutela della pubblica incolumità e per ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti;
  - f. interventi di manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
  - g. realizzazione o ampliamento di infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, diverse da strade o da edifici, riferite a servizi essenziali non diversamente localizzabili o non delocalizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché, se necessario, dotate di sistemi di interruzione del servizio o delle funzioni; nell'ambito di tali interventi sono anche da ricomprendersi eventuali manufatti accessori e di servizio, di modesta dimensione e, comunque, non destinati all'uso residenziale o che consentano il pernottamento;



 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

*h. realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico nonché di piste ciclopedonali, purché siano contestualmente attuati i necessari interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio; in particolare gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture stradali devono anche essere coerenti alle previsioni del piano di protezione civile ove esistente; adeguamenti delle infrastrutture viarie esistenti sono ammissibili anche in deroga all'obbligo di contestuale realizzazione degli interventi di mitigazione solo nel caso in cui gli adeguamenti si rendano necessari per migliorare le condizioni di sicurezza della percorribilità delle stesse;*

*i. interventi di demolizione senza ricostruzione;*

*j. interventi di manutenzione riguardanti edifici ed infrastrutture, purché non comportino incremento di unità abitative o del carico insediativo;*

*k. interventi di adeguamento degli edifici esistenti per motivate necessità igienico-sanitarie per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di abbattimento delle barriere architettoniche, di sicurezza del lavoro e incremento dell'efficienza energetica;*

*l. sistemazioni e manutenzioni di superfici scoperte di edifici esistenti;*

*m. posizionamento delle strutture di carattere provvisorio, non destinate al pernottamento di persone, necessarie per la conduzione dei cantieri per la realizzazione degli interventi di cui al presente articolo, a condizione che siano compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile ove esistenti;*

*n. adeguamenti strutturali e funzionali di impianti per la lavorazione degli inerti solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti;*

*o. adeguamento strutturale e funzionale di impianti di depurazione delle acque reflue urbane imposti dalla normativa vigente;*

*p. realizzazione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;*

*q. interventi di riequilibrio e ricostruzione degli ambiti fluviali naturali nonché opere di irrigazione, purché non in contrasto con le esigenze di sicurezza;*

*r. prelievo di materiale litoide, sabbie, limi, argille, torbe o assimilabili solo previa verifica che questo sia compatibile, oltretutto con le pianificazioni di gestione della risorsa, con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochi un peggioramento delle stesse;*

*s. adeguamento di impianti produttivi artigianali o industriali solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti;*

*t. opere a verde.*

**2. Gli elaborati progettuali degli interventi di cui al comma 1 devono essere corredati da una relazione tecnica che tenga conto in modo approfondito della tipologia di pericolo, redatta da un tecnico laureato abilitato, se prevista dalla normativa di settore. Le indicazioni contenute nella suddetta relazione devono essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione.**

### **ART. 10 – Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità elevata P3**

**1. Nelle aree classificate a pericolosità elevata P3, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4, nonché i seguenti:**

*a. interventi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione di opere pubbliche o di interesse pubblico qualora non comportino mutamento della destinazione d'uso;*

*b. interventi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione di infrastrutture ed edifici, qualora non comportino aumento delle unità abitative o del carico insediativo;*

*c. ampliamento degli edifici esistenti, purché non comportino mutamento della destinazione d'uso, né incremento di superficie e di volume superiore al 10% del volume e della superficie totale, così come risultanti alla data di adozione del Progetto di Piano (7 ottobre 2004), e purché siano anche compatibili con la pericolosità del fenomeno;*

*d. realizzazione di locali accessori di modesta entità a servizio degli edifici esistenti;*

*e. realizzazione di attrezzature e strutture mobili o provvisorie non destinate al pernottamento di persone per la fruizione del tempo libero o dell'ambiente naturale, a condizione che siano compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile, che non ostacolino il libero deflusso delle acque e purché non localizzate in aree interessate da fenomeni di caduta massi;*

*f. realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico nonché ciclopedonali, non diversamente localizzabili o non delocalizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e non compromettano la possibilità di realizzazione degli interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio; in particolare gli interventi di*

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

realizzazione di nuove infrastrutture stradali devono anche essere compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile ove esistenti;

g. realizzazione di nuovi impianti di depurazione delle acque reflue urbane ove non diversamente localizzabili, purché dotati degli opportuni accorgimenti tecnico-costruttivi e gestionali idonei anche ad impedire il rilascio nell'ambiente circostante di sostanze o materiali per effetto dell'evento che genera la situazione di pericolosità.

2. Gli elaborati progettuali degli interventi di cui al comma 1 devono essere corredati da una relazione tecnica che tenga conto in modo approfondito della tipologia di pericolo, redatta da un tecnico laureato abilitato, se prevista dalla normativa di settore. Le indicazioni contenute nella suddetta relazione devono essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione.

[...]

### ART. 13 – Disciplina delle aree fluviali

1. Nelle aree fluviali, richiamate le disposizioni di cui all'art. 8, sono escluse tutte quelle attività e/o utilizzazioni che diminuiscono la sicurezza idraulica e, in particolare, quelle che possono:

- determinare riduzione della capacità di invaso e di deflusso del corpo idrico fluente;
- interferire con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico fluente;
- generare situazioni di pericolosità in caso di sradicamento e/o trascinarsi di strutture e/o vegetazione da parte delle acque.

2. Le coltivazioni arboree o pluriennali con strutture di sostegno fisso, esistenti alla data di adozione del presente piano (01.12.2012) e i nuovi impianti sono ammessi, previa autorizzazione della Regione competente, se gli stessi non recano ostacolo al deflusso delle acque e all'evoluzione morfologica del corso d'acqua e rispondono ai criteri di compatibilità idraulica. Il rinnovo per completare il ciclo produttivo in atto al momento della scadenza dell'autorizzazione potrà essere consentito in deroga (se opportunamente motivato).

3. Nelle aree fluviali, gli interventi di qualsiasi tipo devono tener conto della necessità di mantenere, compatibilmente con la funzione alla quale detti interventi devono assolvere, l'assetto morfodinamico del corso d'acqua. Ciò al fine di non indurre a valle condizioni di pericolosità.

Nelle aree fluviali è consentita, previa acquisizione dell'autorizzazione idraulica della Regione e nel rispetto dei criteri di cui al comma 1:

- la realizzazione degli interventi finalizzati alla navigazione, compresa anche la nautica da diporto;
- la realizzazione, ampliamento o manutenzione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;
- la realizzazione, ampliamento o manutenzione di strutture a rete e di opere di attraversamento stradale, ciclopedonale e ferroviario. Le nuove opere vanno realizzate a quote compatibili con i livelli idrometrici propri della piena di riferimento tenuto conto del relativo franco di sicurezza;
- l'installazione di attrezzature e strutture, purché di trascurabile ingombro, funzionali all'utilizzo agricolo dei suoli nelle aree fluviali.

## 3.2 INVARIANZA IDRAULICA

Il progetto della stazione elettrica dovrà essere redatto secondo principi e prescrizioni del Decreto Regionale n. 083 del 27 marzo 2018 "Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque)."

Tale decreto regionale prevede per i progetti aventi un livello di approfondimento analogo a quello di un definitivo e i piani che prevedono nuove trasformazioni urbanistico-territoriali, o fondiari, che comportano un'alterazione del regime idrologico-idraulico, siano corredati di un elaborato tecnico denominato "Studio di compatibilità idraulica ai fini dell'invarianza idraulica".

Il parere di compatibilità idraulica ai fini dell'invarianza idraulica o il motivato diniego dello stesso sono emessi dalla struttura regionale competente in materia di difesa del suolo o dall'ente gestore, entro sessanta giorni dalla presentazione dei piani o dei progetti.



 <p>TERNA GROUP</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b> Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

#### 4 DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Come rappresentato in Figura 1, la stazione elettrica sorgerà in sponda sinistra del fiume Fella sul rilevato semi-pianeggiante delimitato da conifere rappresentato in Figura 4.




**Figura 4** Foto sponda sinistra del fiume Fella e terrapieno dell'area di progetto



**Figura 5** Ubicazione e inquadratura delle Fotografie seguenti

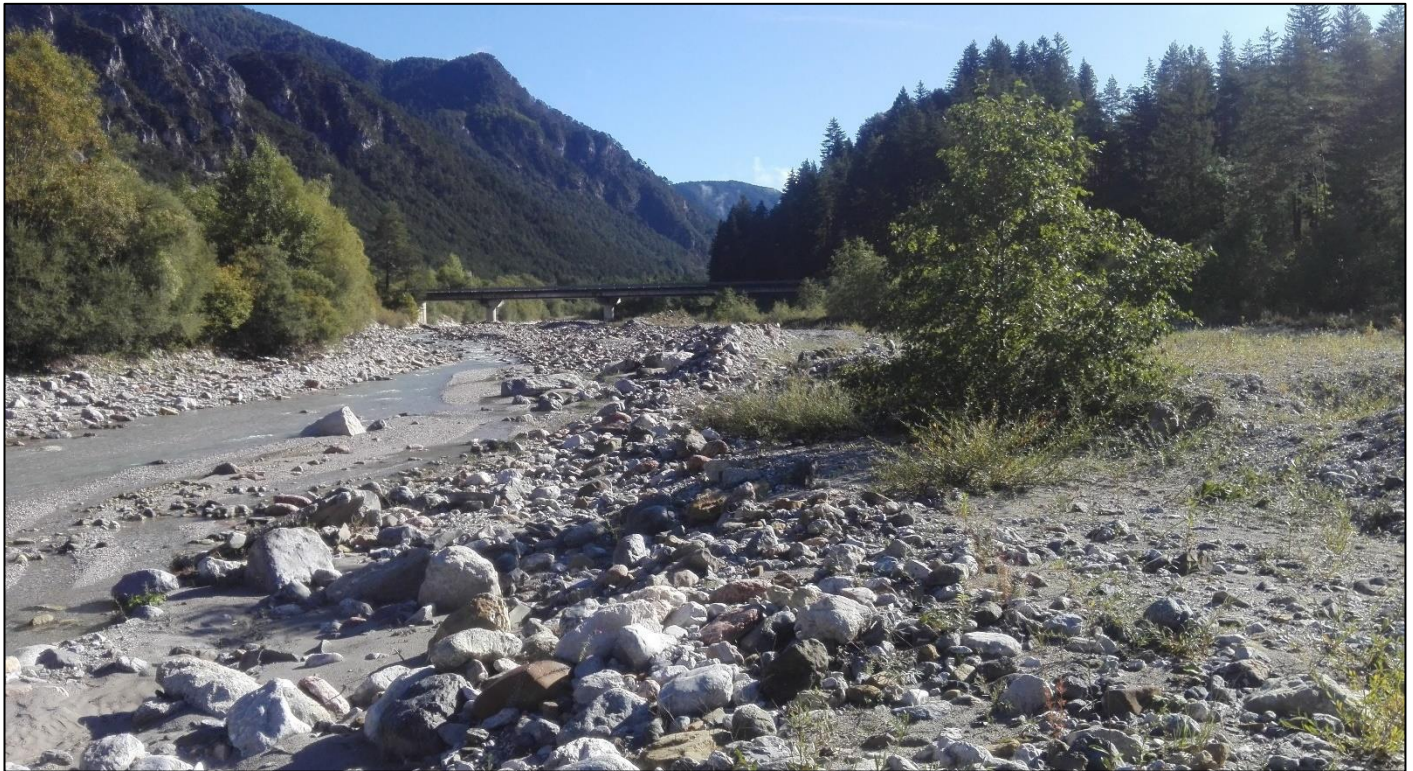


 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ UNI EN ISO 9001:2008 Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICM ISO 9001 - CERTIFICATO</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

In quest'area l'alveo del fiume presenta materiale ghiaioso-sabbioso e ciottoli di varia pezzatura movimentati dal corso d'acqua durante le piene (Figura 6). Ai lati dell'alveo sia in sponda destra che sinistra sono presenti delle golene formate dallo stesso materiale dell'alveo e vegetate da piccoli arbusti e da qualche albero.



In prossimità del ponte stradale a monte dell'area di progetto le golene sono delimitate in sponda sinistra da una scogliera sormontata dal muro di contenimento del terrapieno della strada (Figura 8) e in sponda destra da una scogliera in massi ciclopici (Figura 7).

Il terrapieno semi-naturale dove sorgerà la stazione in progetto è stato realizzato pareggiando la conformazione originaria, terrazzo con bassa inclinazione verso ovest, (vedi foto in Figura 11). L'area risulta rialzata rispetto alla quota dell'alveo di circa 7 m e di ca. 5 m rispetto alla golena. Il contorno del terrapieno è delimitato da una fila di conifere come evidenziato in Figura 9.



**Figura 6** Foto alveo fiume Fella da valle verso monte (area di progetto a dx)



 <p><b>Terna Rete Italia</b> T E R N A G R O U P</p>	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	





**Figura 7** Foto alveo fiume Fella da monte verso valle (area di progetto dopo il ponte sulla sx)



**Figura 8** Foto sponda sinistra a monte del ponte



 <p><b>Terna Rete Italia</b> T E R N A G R O U P</p>	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 9** Foto terrapieno dell'area di progetto



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 10** Foto f.Fella e del suo affluente rio Malborghetto scattata dall'argine dell'area di progetto in sponda sx



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:


20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 11** Foto piazzale area di progetto



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b> Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 5 RILIEVI TOPOGRAFICI

In data 28 ottobre 2020 è stato realizzato un rilievo dello stato attuale del fiume Fella nel tratto di valle di circa 2,5 km compreso tra l'abitato di Malborghetto e il ponte della SS13 in loc. Santa Caterina.

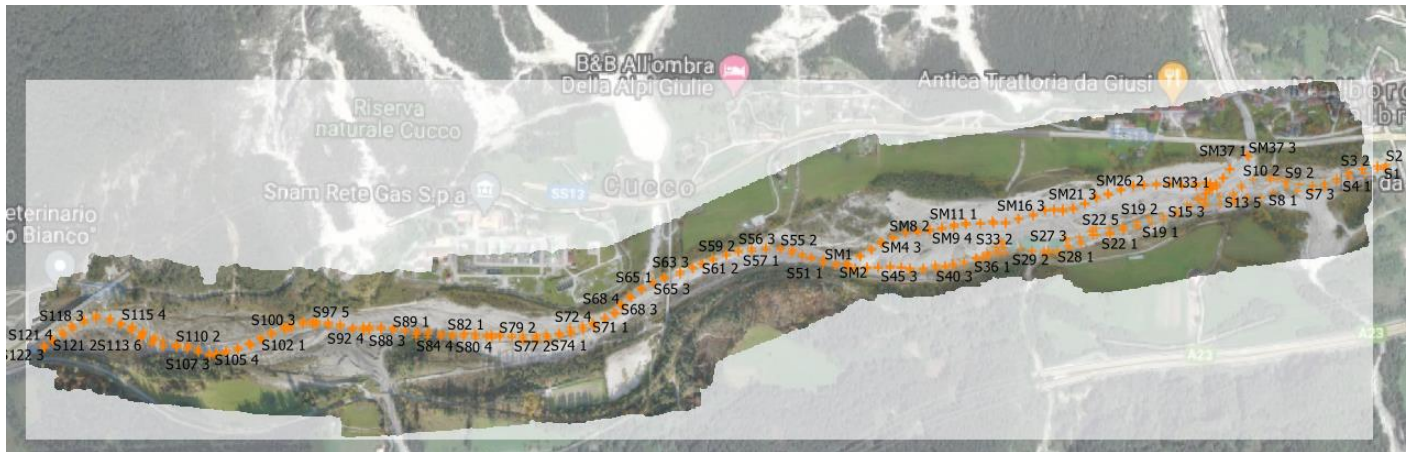
L'attività è stata realizzata utilizzando tre diverse metodologie combinate:

- Fotogrammetria da drone (Politecnico di Milano);
- Rilievo laser con Multistation (Politecnico di Milano);
- Rilievo con GNSS a precisione topografica (Idrogea Servizi).

Tramite drone professionale (DJI Mavic 2 pro dotato di fotocamera Hasselblad) sono stati realizzati 5 voli con ripresa nadirale. Il rilievo con drone ha permesso di raccogliere dati fotogrammetrici dell'alveo fluviale di magra e di piena e delle relative sponde. I voli sono stati georeferenziati con target materializzati temporaneamente sul terreno e rilevati da drone e per mezzo di GNSS topografico utilizzato in modalità NRTK.

Poiché elevati battenti idrici possono "nascondere" alla fotocamera montata su drone il talweg fluviale, il rilievo fotogrammetrico è stato integrato con un rilievo a terra realizzato per mezzo di GNSS a precisione topografica, utilizzato in modalità NRTK. Tramite ricevitore GNSS (Stonex S9III+) sono stati battuti punti in corrispondenza dell'alveo fluviale cercando di prendere un punto sulla profondità massima e due al limite dei tratti bagnati.

L'ortofoto nadirale ottenuta dall'elaborazione delle riprese fotogrammetriche (risoluzione 20 cm) e i punti a terra rilevati sono rappresentati in Figura 12.

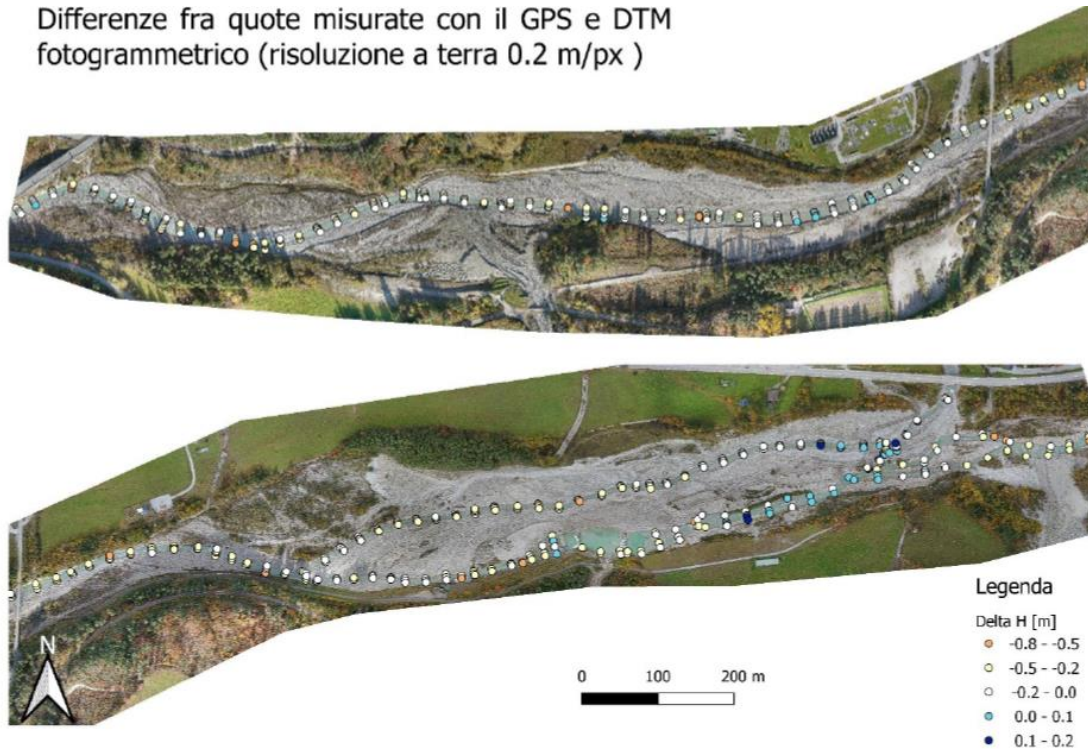


**Figura 12** Ortofoto Limiti area di rilievo con drone e punti battuti a terra

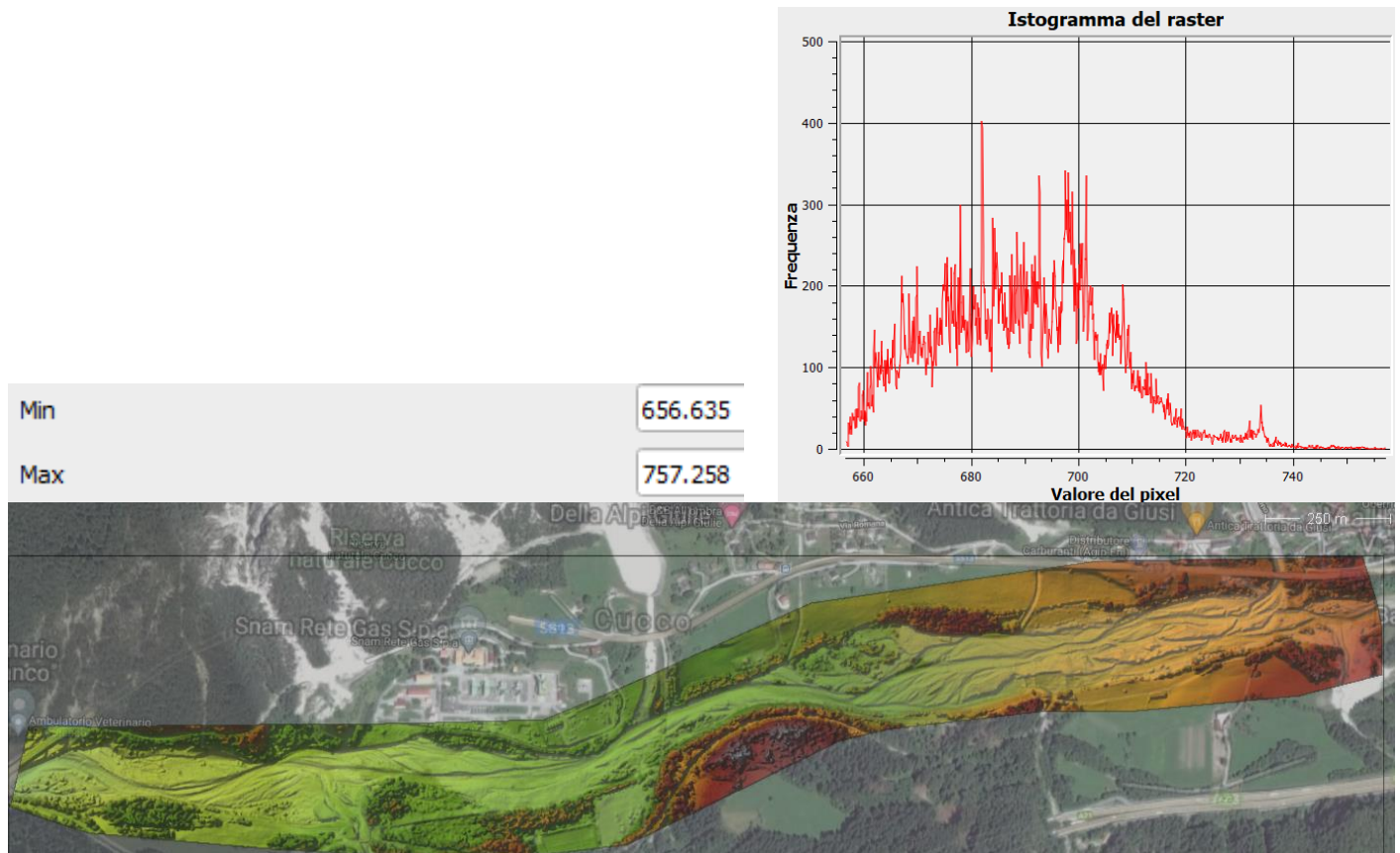
Nelle zone in cui c'era sovrapposizione il dato fotogrammetrico è stato confrontato con il dato a terra. Il confronto ha evidenziato una buona affidabilità del dato fotogrammetrico anche in presenza di acqua.

I dati topografici e fotogrammetrici sono stati elaborati congiuntamente per generare un DTM (digital terrain model) con maglia di griglia di 0.5 m, utilizzato come base topografica per il modello idraulico a fondo mobile.

Differenze fra quote misurate con il GPS e DTM  
fotogrammetrico (risoluzione a terra 0.2 m/px )



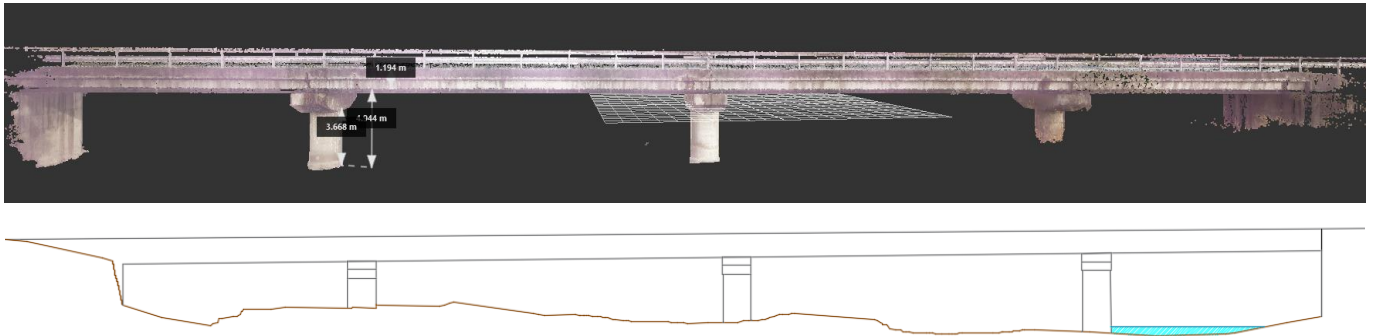
**Figura 13** Differenze fra quote misurate a terra con GNSS e elaborate da fotogrammetria



**Figura 14** Dtm ottenuto dall'elaborazione dei rilievi topografici e fotogrammetrici e relativo istogramma. Legenda della scala di colori dal marrone (quote maggiori) al verde (quote minori)

 <p>TERNA GROUP</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	


Infine si è realizzato un rilievo di dettaglio del ponte che attraversa il Fella in località Cucco, subito a monte delle opere in progetto. Il rilievo del ponte (pile e impalcato) è stato eseguito con una stazione totale con caratteristiche di misura di nuvole di punti tramite laser scanner (Multistation Leica Nova MS60) secondo uno schema geometrico di rilievo topografico classico con maglie di dimensioni minime di 5cmx3cm e precisione di  $\pm 1$  cm.



**Figura 15** Immagine della nuvola di punti ottenuta dal rilievo laserscanner del ponte e relativa sezione

Per maggiori dettagli su metodologia, precisione e elaborazioni si rimanda al report tecnico riportato in allegato alla presente relazione (Allegato 02).



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame è sostanzialmente suddivisibile in due distinti ambiti:

- **Ambito di versante;**
- **Ambito della piana alluvionale**

L'ambito di versante è caratterizzato dalla presenza del substrato roccioso in affioramento, prevalentemente costituito dalle dolomie massicce dello Schlern ed in parte minore dalle dolomie e dai calcari della Formazione a Bellerophon e dai termini terrigeni e carbonatici della Formazione di Werfen, che costituiscono da alte pareti subverticali a grado di tettonizzazione variabile riconducibile alla faglia Valsugana-Fella-Sava (su cui si impostano la valle ed il Fiume Fella). Queste due formazioni sono ricoperte, in particolare nelle porzioni basali dei versanti, da depositi glaciali, di versante in s.l. e di conoide generatisi in seguito alla disgregazione del substrato roccioso ed alle dinamiche di versante legate allo scorrimento delle acque superficiali.


L'ambito della piana alluvionale del Fiume Fella (area d'interesse del presente documento), è caratterizzato da un alveo ghiaioso-sabbioso di ampiezza pluridecаметrica bordato da ampi terrazzi scarsamente vegetati, ancora alluvionabili durante le piene maggiori.

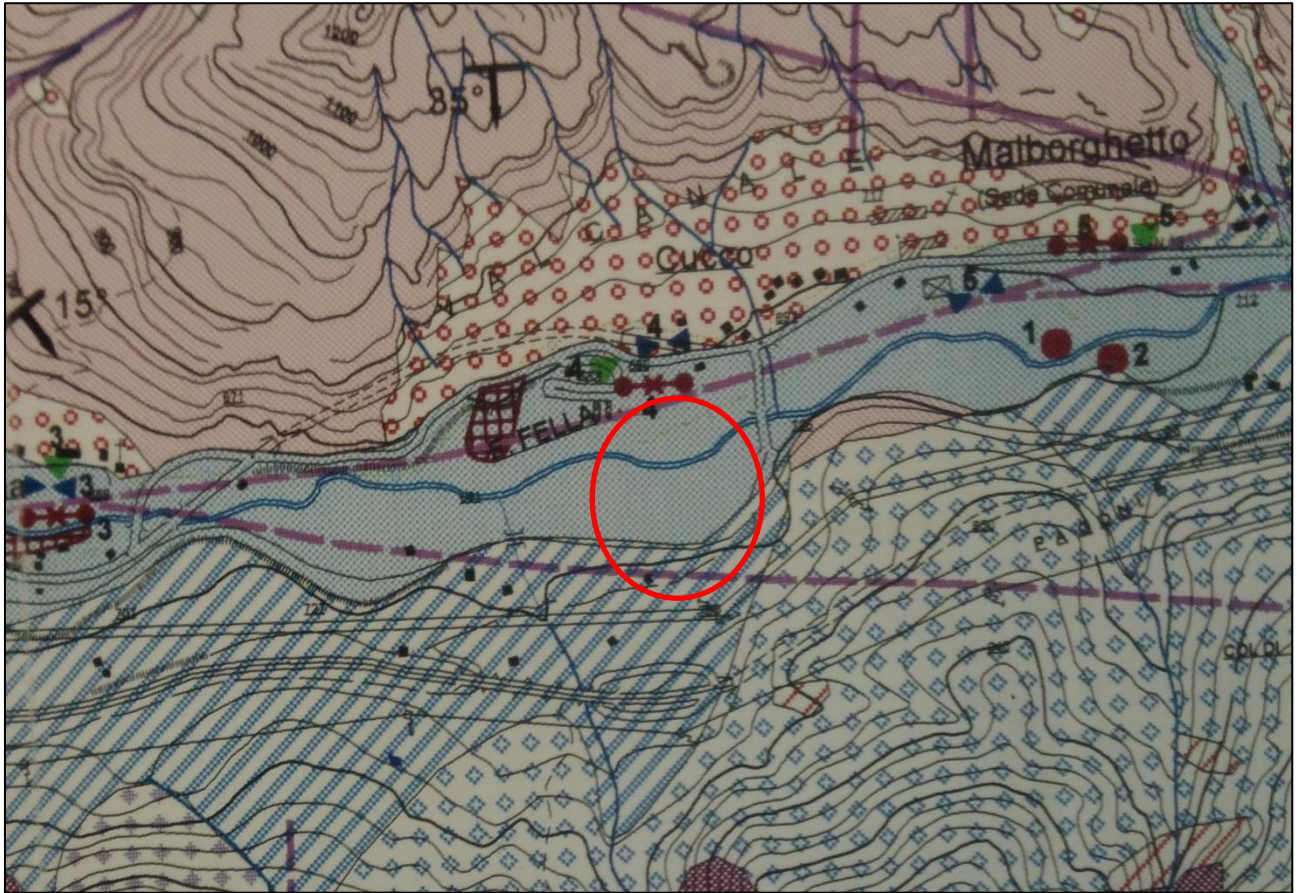
L'alveo del fiume è caratterizzato da elevata instabilità morfologica in quanto costantemente rimaneggiato dalle variazioni stagionali delle portate, mentre l'erosibilità attuale delle sponde, nel tratto d'interesse quasi completamente rivestite da scogliere in seguito ai massicci interventi post-evento 2003, è assai limitata.

In direzione dei versanti la piana alluvionale è spesso limitata da alcuni terrazzi, localmente parzialmente antropizzati, spesso sovrapposti e/o alterati dai depositi di conoide e di versante. Localmente, ed in particolare lungo la sponda destra del Fiume Fella, i terrazzi risultano intensamente urbanizzati e rimodellati per scopi agricoli, abitativi e/o produttivi. L'ampiezza totale della piana alluvionale attuale si aggira sui 150/200 m.

Dal punto di vista geologico, secondo quanto riportato nella Relazione Geologica del P.R.G.C. del Comune di Malborghetto, l'alveo del Fiume Fella e parte dei terrazzi sono costituiti in prevalenza da limi e sabbie con ghiaie e ciottoli in percentuali variabili. In particolare, come meglio definito nei paragrafi successivi, in alveo si riscontra la presenza di barre di dimensioni variabili costituite da sabbie e ghiaie con locale presenza di ciottoli di grosse dimensioni e blocchi. Tali depositi sono l'espressione di numerosi eventi alluvionali che interessano il corso del fiume in occasione di eventi di particolare entità. Essi hanno spessore variabile e, a causa della loro genesi e della loro posizione rispetto al corso del fiume, granulometria variabile passante da termini più fini quali sabbie e limi a termini più grossolani costituiti da ghiaie, ciottoli e trovanti anche di dimensioni notevoli.

Nella seguente figura si riporta uno stralcio della Carta geologica del P.R.G.C. del Comune di Malborghetto-Valbruna riguardate l'area d'interesse.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	





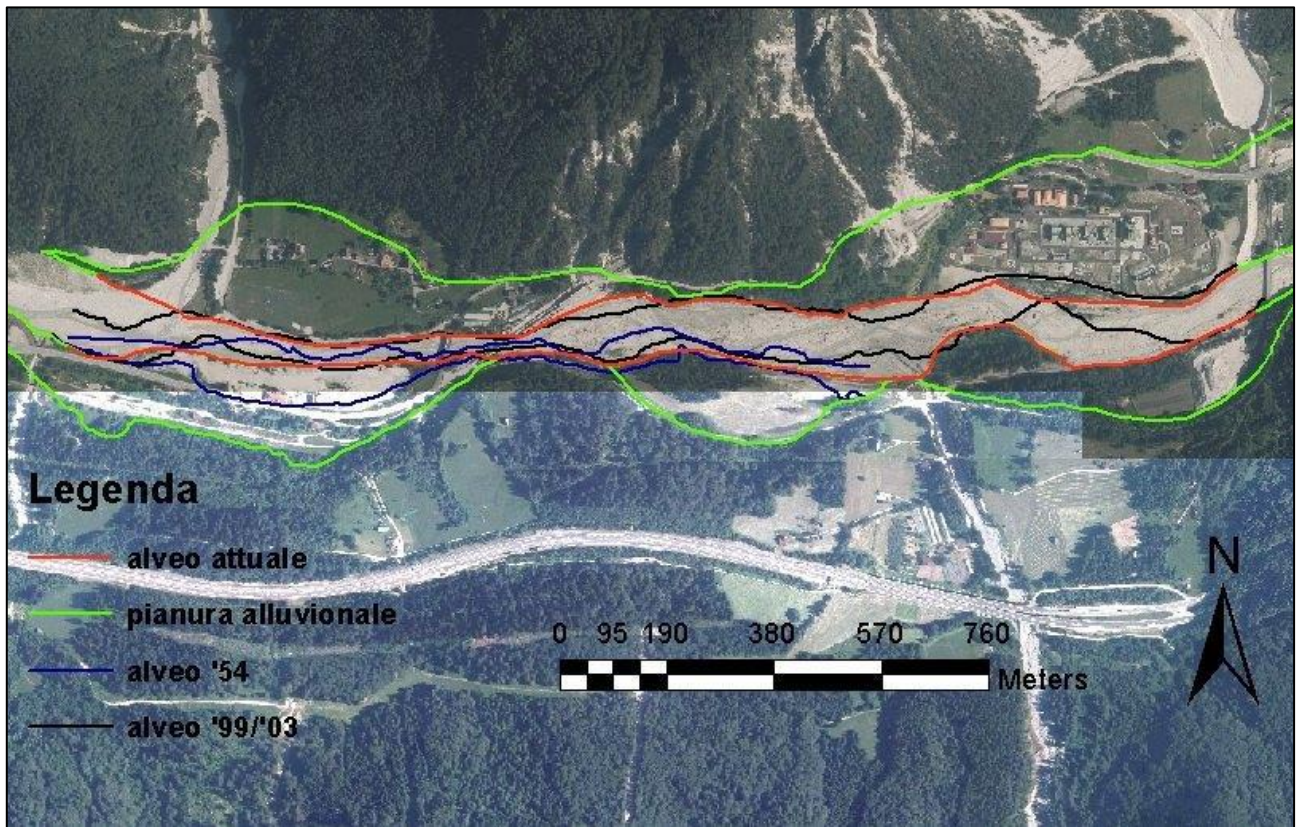
**Figura 16** Estratto della Carta Geologica del Comune di Malborghetto. Legenda: rosa: Dolomia dello Schlern; barrato marrone: Calcari a Bellerophon; viola: F.ne di Werfen; barrato blu: aree di conoide; rombi azzurri: depositi glaciali; rombi rossi: detrito di falda; puntinato azzurro: depositi fluviali.

Dal punto di vista idromorfologico, secondo quanto riportato nella bibliografia a disposizione ed in particolare nella tesi di laurea “*Fluvial dynamics and hazard assessment in the Tagliamento and Fella rivers (Friuli Venezia Giulia, northeastern Italy)*” (Palma – 2014), le morfologie d’alveo, ossia le configurazioni planimetriche degli alvei alluvionali a fondo mobile, sono classificabili come di tipo “*Transizionale Wandering*” (Palma, 2014). I corsi d’acqua *wandering* sono una forma transizionale tra *braided* e altre tipologie, caratterizzata da sponde con andamento pressoché subparallelo, da un alveo relativamente largo e poco profondo, occupato in gran parte (fino all’80-90%) da barre emerse, ma con un *Indice di Intrecciamento*<sup>1</sup> (li) più basso rispetto ai sistemi *braided* o, a volte, assente ( $1 < li < 1.5$ ). Da un punto di vista morfologico, i fiumi *wandering* presentano una configurazione instabile e indefinita, che può evolvere in senso *braided* o meandriforme (Picco, 2010). Questi sistemi sono in genere ritenuti un’evoluzione di quelli *braided* derivante dalle influenze antropiche e, sebbene poco noti, di fatto sono molto comuni in Italia e in particolare nelle zone montane. Nel caso in esame è probabile, invece, che la morfologia del tratto in esame evolva da una configurazione a canale monocursale, presente diffusamente nel tratto a monte, caratterizzato da maggior grado di confinamento. A titolo esemplificativo, nella figura seguente, si riporta una figura estratta dalla tesi di Palma (2014) in cui si evidenzia l’evoluzione della porzione di alveo compresa tra il ponte di Cucco e Pontebba, comprendente la porzione occidentale dell’area d’interesse. Nell’immagine viene evidenziato il carattere monocursale dell’alveo con evidenza dei limiti dell’alveo a partire dal 1954.

<sup>1</sup> Indice di intrecciamento = li = media del numero di canali con deflusso attivo misurati in un certo numero di sezioni con interdistanza inferiore alla larghezza dell’alveo




 <p><b>Terna Rete Italia</b> T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p><b>Idrogea servizi S.r.l.</b> Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 17** Tratto del Fiume Fella tra Cucco (Est) e Pontebba (Ovest) (da Palma, 2014)



 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICIM</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 7 RILIEVO IDROMORFOLOGICO DI DETTAGLIO E DEFINIZIONE DELLE GRANULOMETRIE PREVALENTI

Al fine di determinare gli aspetti salienti relativi alla morfologia, alla tipologia ed alla distribuzione dei depositi in alveo, nei giorni compresi tra il 26 ed il 29 ottobre è stato eseguito un rilievo idromorfologico di dettaglio e sono stati caratterizzati dal punto di vista granulometrico i sedimenti superficiali del tratto di alveo oggetto del presente studio idraulico.

Il tratto di alveo studiato è compreso tra il comune di Malborghetto, poco a monte della confluenza con il rio omonimo, a circa 700 m s.l.m. di quota, e il ponte della S.S.13 in località S. Caterina in comune di Pontebba, per una lunghezza di circa 2,5 km.

Per ricavare la distribuzione delle granulometrie in alveo, da utilizzare nella modellazione idraulica a fondo mobile, si è proceduto a:

- rilevamento delle forme fluviali (alveo, barre, piane inondabili e terrazzi) e delle opere di difesa spondale;
- individuazione di aree a granulometria superficiale omogenea;
- campionamento dei depositi in alveo in situazioni ritenute rappresentative.

La morfologia e le aree omogenee dal punto di vista granulometrico sono state inoltre digitalizzate e discriminate tramite un rilievo fotogrammetrico utilizzando come base cartografica le due ortofoto a colori con impronta a terra di 5 e 20 cm, appositamente realizzate in data 28 ottobre 2020 dal DICA (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) del Politecnico di Milano, mediante rilievo con drone. Per i dettagli delle procedure utilizzate nel rilevamento fotogrammetrico da drone si rimanda al capitolo 5.

### 7.1 RILIEVO IDROMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Lungo l'alveo del Fiume Fella è stato eseguito un rilievo idromorfologico di dettaglio con lo scopo di definire i processi e le forme fluviali che hanno portato alla deposizione dei sedimenti presenti. In particolare, il rilievo è stato eseguito nell'ottica di definire le aree a granulometria omogenea da inserire nello specifico modello di flusso a fondo mobile.

Il rilievo eseguito ha confermato che il Fiume Fella, nel tratto d'interesse, è un corso d'acqua montano caratterizzato da un alveo ghiaioso-ciottoloso ad elevata mobilità morfologica, che scorre in un ampio fondovalle alluvionale da semiconfinato a non-confinato.

La larghezza dell'alveo è compresa tra un minimo di 50 m (immediatamente a monte del ponte di Cucco) ed un massimo di ca. 150 m (in numerosi tratti); la pendenza media è del 1,68%, mentre la profondità media è compresa tra 50 e 150 cm.

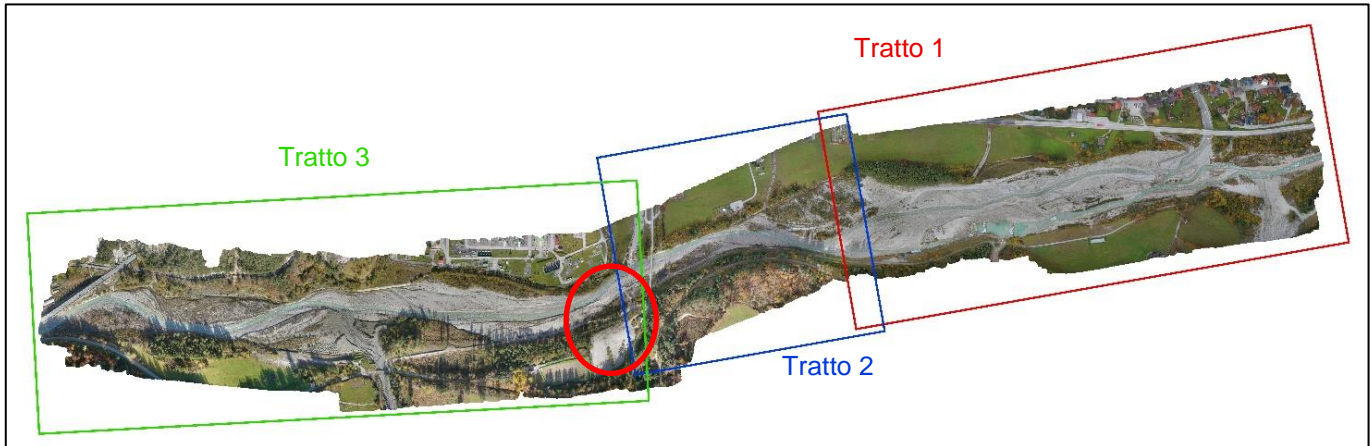
In particolare, il rilievo e la relativa analisi fotogrammetrica eseguiti ha permesso di suddividere il tratto in esame in tre tratti omogenei (Figura 18):

**Tratto 1:** compreso tra il ponte presso la confluenza con il rio Malborghetto e il cimitero. Il tratto è di tipo wandering, caratterizzato da grandi barre a losanga percorse da canali secondari e con resti in alveo della piana inondabile presente in sponda sinistra, isolati da un'avulsione nel corso dell'evento 2003;

**Tratto 2:** compreso tra il cimitero e il ponte di Cucco. La morfologia è a canale monocursale, con ampie barre laterali in alternanza, determinata dalla presenza di una stretta morfologica (confinamento) dovuta dall'avvicinamento del versante in sponda sinistra e dalla presenza di un terrazzo alto in sponda destra.

**Tratto 3:** compreso tra il ponte di Cucco e quello della S.S. 13. In questo tratto il fiume riacquista caratteri simili a quelli del tratto 1, di tipo wandering, caratterizzato da grandi barre a losanga percorse da canali secondari. In corrispondenza di uno sperone roccioso tettonizzato, ubicato al termine del terrazzo su cui sorge la centrale SNAM, affiora in alveo, per un tratto decametrico, il substrato carbonatico.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 18** Delimitazione dei tratti omogenei individuati, è cerchiata in rosso l'area di progetto

In generale, il rilievo eseguito ha sostanzialmente confermato quanto riportato nel lavoro di Palma (2014), infatti l'intero tratto esaminato è caratterizzato da una dinamica morfologica elevata, con marcata tendenza all'allargamento sia nel breve che nel lungo periodo e con un aumento di larghezza superiore al 150% dagli anni '50 a oggi (Palma, 2014). Le tendenze altimetriche del fondo per il breve (10-15 anni) e lungo periodo (50-60 anni) testimoniano una generale incisione, stimata in circa 0,5 m e poco più di 1,5 m, rispettivamente (Palma, 2014).

Il rilievo ha evidenziato come il trasporto solido in alveo avviene principalmente per trasporto al fondo (bedload), sostenuto dalla pressione di trascinamento sul contorno del canale. Il materiale movimentato è costituito da clasti grossolani, ghiaia, ciottoli e anche massi, che si muovono per rotolamento, strisciamento e saltazione in prossimità del fondo.

Dal punto di vista sedimentologico, l'espressione più tipica di questo trasporto trattivo è l'embriciatura, comunemente osservabile sulle barre, che arriva a coinvolgere classi granulometriche fino a 'massi', a testimonianza dell'intensità della piena che l'ha generata.

Tra le configurazioni di fondo prevalgono le sequenze riffle-pool, alternanza di tratti a corrente più veloce (turbolenta) e pendenza più sostenuta (riffle) con tratti a profilo più piatto, corrente relativamente lenta e profondità più elevate (pool).

Il rilievo idromorfologico ha sostanzialmente permesso di individuare le differenti tipologie di forme fluviali ed i relativi processi fluviali che caratterizzano il tratto di alveo in esame.

### 7.1.1 FORME FLUVIALI

Nel corso dei rilievi sono state individuate e cartografate le seguenti forme fluviali, definite come indicato nel lavoro di Surian et al. (2009), mediante assegnazione soggettiva del grado di attività delle superfici, considerando principalmente il grado ed il tipo di copertura vegetale e la distribuzione dei sedimenti recenti:

#### **Terrazzo (TE)**

In geomorfologia fluviale è una superficie pianeggiante adiacente all'alveo o alla piana alluvionale e rappresenta una antica piana abbandonata per processi di abbassamento del fondo e che si trova, pertanto, in posizione più elevata rispetto alla piana inondabile attuale; può essere raggiunto da piene con tempi di ritorno superiori ai 3 anni (Surian et al, 2009).

In questo lavoro il termine 'terrazzo' è inteso in accezione più ampia, come superficie non più soggetta ad eventi alluvionali, indipendentemente dalla loro frequenza.

#### **Piana inondabile (active o modern flood-plain) (PI)**

Superficie pianeggiante adiacente all'alveo formata dal corso d'acqua nelle presenti condizioni idrologico-climatiche e morfologiche di regime, con frequenza di inondazione nell'ordine di 1-3 anni. La piana inondabile si distingue dall'alveo sulla base di alcuni elementi:

- quote più elevate rispetto all'alveo, spesso in continuità morfologico – topografica con la sommità delle barre;

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

- copertura totale o quasi di vegetazione, con presenza a volte significativa di vegetazione arborea;
- evidenze di frequenti inondazioni



**Figura 19** Piane inondabili (vegetate) e barre nel settore occidentale del tratto di interesse

### **Barra e barra alta (BA)**

La barra è una superficie deposizionale costituita da sedimenti analoghi a quelli presenti sul fondo dei canali, in genere emersa in quanto interessata da flussi idrici solo durante gli eventi di piena. Le barre possono presentare una copertura vegetale discontinua e erbaceo-arbustiva (crescita stagionale o di pochi anni).

Nel tratto considerato, prevalgono lunghe barre laterali, presenti nei tratti di maggior confinamento e/o con canali più definiti, e grandi barre longitudinali e a losanga, percorse da canali secondari (di taglio e di morta). In corrispondenza dello sbocco del Rio Malborghetto si è conservata una barra di confluenza generata dalla deposizione incrociata di sedimenti provenienti dal Fiume Fella e dal Rio Malborghetto.

Lungo l'alveo si riscontra anche la presenza di "barre alte" (non distinte cartograficamente), caratterizzate da una posizione topografica più elevata e una copertura vegetazionale eventualmente più consistente che conta piante di pochi anni. Queste barre sono rappresentate eventi deposizionali più vecchi non rimaneggiati dalle alluvioni successive.

Poiché le barre alte presentano caratteri intermedi tra le barre in alveo e le piane inondabili, la loro distinzione risulta in alcuni casi problematica. In questo lavoro, le estese superfici caratterizzate da un'elevazione di circa 1/1.5 m al di sopra del livello dell'alveo attivo e da una diffusa copertura erbaceo-arbustiva sono state considerate, sebbene dubitativamente, come piane inondabili incipienti, che morfologicamente rivelano ancora la loro origine come barre a losanga e/o longitudinali escluse dalla morfogenesi fluviale in condizioni ordinarie.





**Figura 20** Barra di grandi dimensioni con canali secondari (C5 Superficie Modale; C6: Canale di morta)




**Figura 21** Barra alta grossolana al limite orientale (a monte) del tratto di interesse

### Alveo

L'alveo è definito dall'insieme dei canali, delle barre e delle isole. Nel tratto indagato i limiti sono sempre ben definiti da sponde, nella maggior parte dei casi protette da opere di difesa, che raccordano a piane inondabili o terrazzi.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 7.1.2 PROCESSI FLUVIALI

Tra i processi fluviali riscontrati in fase di rilievo si segnalano i seguenti:

### Avulsione fluviale

L'avulsione fluviale indica il fenomeno per cui, durante piene intense, il fiume può abbandonare il suo tracciato e proseguire su un nuovo percorso all'interno della piana alluvionale, portando alla dissezione di una parte di essa ed alla conseguente creazione di una nuova isola fluviale.



Nel tratto in esame è presente un punto di avulsione immediatamente a valle della confluenza con il rio Malborghetto. In questo tratto la piana inondabile in sponda sinistra è stata incisa da un ramo di piena; parte dei resti della piana sono ancora visibili in alveo come lembi parzialmente vegetati isolati dall'erosione (Figura 22).



**Figura 22** Resti di piana esondabile (in rosa) isolata dall'avulsione di un ramo del Fella in prossimità della confluenza con il rio Malborghetto

### Rotta fluviale

La rotta fluviale indica un'apertura degli argini del corso d'acqua, generalmente generata da intensi fenomeni alluvionali, che causa il divagamento delle acque e la deposizione di sedimenti in aree ormai abbandonate dall'alveo. Nel tratto in esame sono state individuati due punti, uno in sponda destra all'altezza del cimitero ed il secondo in sponda sinistra a valle del ponte di Cucco, dove sono presenti lobi deposizionali connessi a rotte fluviali (depositi di crevasse). Si tratta prevalentemente di depositi ghiaiosi fini (Figura 23). Si segnala che questi depositi sono stati successivamente livellati per interventi antropici.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICIM</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 23** Lobo deposizionale in sponda destra, all'altezza del cimitero di Malborghetto



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 7.2 DETERMINAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

### 7.2.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA UTILIZZATA

Per la definizione granulometrica dei sedimenti di un alveo, la cui curva granulometrica comprende termini da massi ad argilla, si ricorre a tre principali metodi:

- campionamento statistico (pebble counts): si raccoglie un numero predefinito di particelle superficiali secondo un passo costante (definito tenendo conto delle dimensioni dei clasti maggiori) lungo determinati stendimenti paralleli (o transetti), in modo da ricoprire superfici relativamente ampie (dell'ordine dei 100 m<sup>2</sup>);
- metodo della griglia (grid counts): si raccolgono tutti i ciottoli in corrispondenza dei nodi di una griglia, anche in questo caso con passo costante sui due lati della griglia stessa, in modo da ricoprire superfici relativamente piccole (dell'ordine di 1-10 m<sup>2</sup>);
- campionamento areale (areal samples): si raccolgono tutti i clasti superficiali che rientrano in una determinata area di piccole dimensioni (dell'ordine di 0.1-1 m<sup>2</sup>).

Per una descrizione dettagliata delle procedure dei tre metodi e delle relative differenze si rimanda a Bunte & Abt (2001).

Nel caso in esame, in considerazione della logistica sito specifica e delle dimensioni medie dei clasti, si è utilizzato un metodo ibrido, che include sia il conteggio di superficie (campionamento areale), mediante acquisizione ed elaborazione fotogrammetrica di immagini digitali (Photo Sieve Analysis), che l'esecuzione di classiche analisi granulometriche di laboratorio per le frazioni al di sotto del 6 cm di diametro. Di seguito si riporta una breve descrizione della metodologia utilizzata:

#### Conteggio Superficiale e Photo Sieve Analysis


Per il conteggio di superficie si è ricorsi all'acquisizione digitale di immagini pari ad una superficie 1 m<sup>2</sup> su superfici variabili tra 6 e 9 m<sup>2</sup>, a seconda delle granulometrie prevalenti (maggiore la granulometria prevalente maggiore l'area investigata) dalle quali, attraverso un conteggio digitale, si è risaliti alla curva di distribuzione granulometrica.

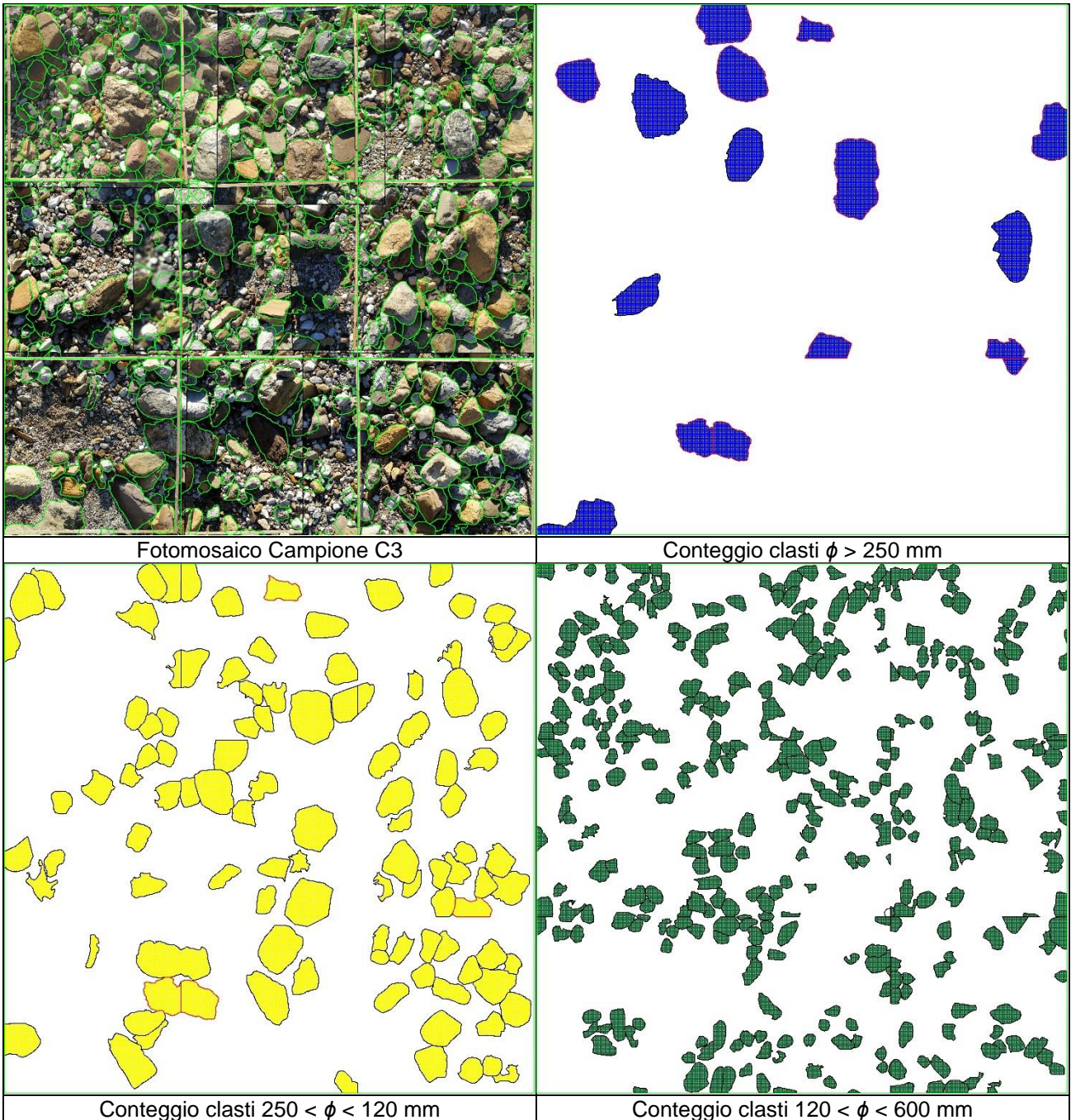
Dopo aver acquisito le singole immagini queste sono state montate in un fotomosaico al fine di ricostruire il quadrato originale. Una volta montate le immagini, su supporto CAD, si è proceduto alla definizione ed al conteggio dei singoli ciottoli ( $\phi > 60.0$  mm) ed alla definizione, per classi, dell'area da essi occupata.

Le classi utilizzate per la definizione della curva granulometrica dei clasti superiori a 60.0 mm è la seguente.

Ghiaia	< 60.0 mm
Ciottoli Piccoli	< 120 mm
Ciottoli Medi	< 250 mm
Ciottoli Grandi	< 500 mm
Blocchi	> 500 mm

Nella figura seguente si riporta a titolo esemplificativo la procedura utilizzata per il conteggio superficiale e la Photo Sieve Analysis relativa alla determinazione della curva granulometrica dei clasti superiori a 60.0 mm.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	



**Figura 24** Schema elaborazione Photo Sieve Analysis


**Analisi Granulometriche di Laboratorio:**

Al fine di eseguire le analisi granulometriche di laboratorio della frazione più fine ( $\phi < 60.0$  mm) si è proceduto alla raccolta di campioni del peso di circa 10 kg ciascuno.

Il materiale, una volta giunto al laboratorio geotecnico Tecnoln S.p.a. di Napoli, è stato trattato in base ai metodi canonici dell'analisi granulometrica di laboratorio che consiste nella vagliatura meccanica mediante setacci secondo le dimensioni fissate dal Metodo ASTM (American Society for Testing and Materials) a partire dal setaccio da 3" (75.0 mm) sino al setaccio n. 200 (0.075 mm) su materiale a secco. I rapporti di prova dei singoli campioni sono riportati in Allegato 1.

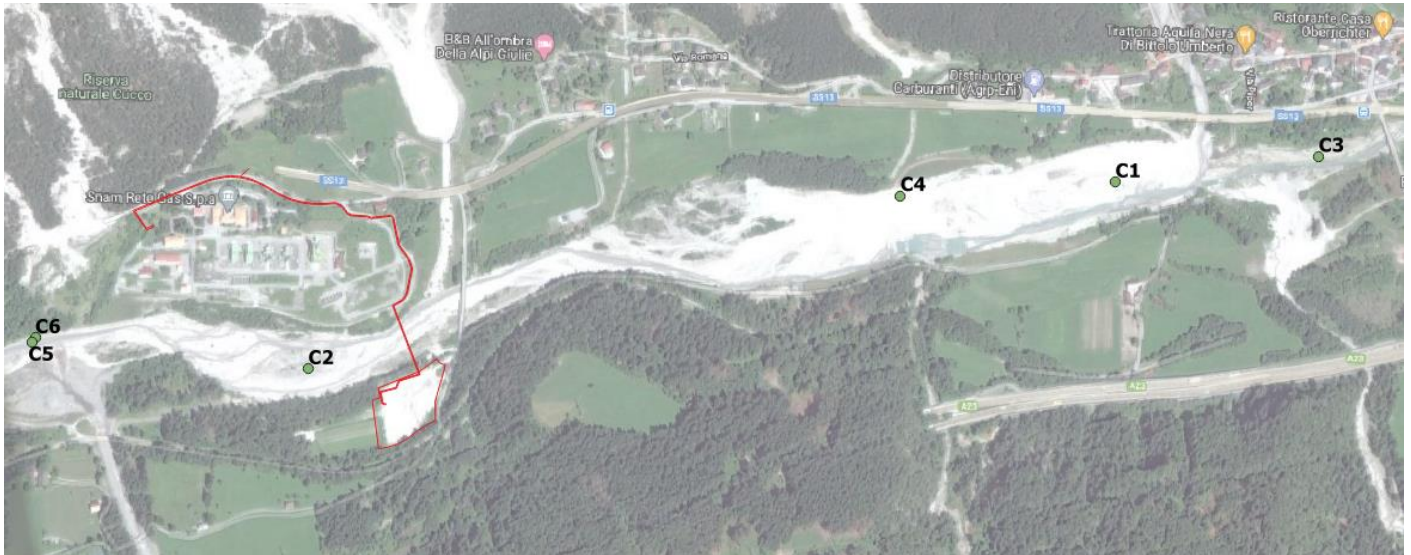
Le frequenze curve granulometriche definite con i due metodi sopra descritti sono state infine unite e normalizzate per ottenere la distribuzione granulometrica totale del campione.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 7.2.2 DETERMINAZIONE DELLE CLASSI GRANULOMETRICHE SITO SPECIFICHE

Nel corso del rilevamento sono state individuate 6 differenti tipologie di classi granulometriche rappresentative di situazioni ricorrenti per le quali sono state eseguite le analisi sopra descritte e sono stati prelevati i relativi campioni. L'ubicazione dei campioni prelevati è rappresentata in Figura 25.



**Figura 25** Ubicazione dei campioni granulometrici prelevati e analizzati

Nella tabella seguente si riporta la descrizione delle 6 classi distinte.

Campione	Descrizione/Ambiente
<b>C1</b>	Barre a granulometrie ghiaiosa fine, provenienti in prevalenza dagli apporti del Rio Malborghetto
<b>C2</b>	Piane inondabili/barre a granulometria ghiaiosa fine
<b>C3</b>	Barre a granulometria grossolana; base delle scarpate in barre e piane inondabili
<b>C4</b>	Barre/piane inondabili a granulometria media
<b>C5</b>	Barre ghiaia fine e sabbiosa con ciottoli e blocchi
<b>C6</b>	Canali secondati a granulometria ghiaiosa fine e sabbiosa con rari ciottoli

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle analisi granulometriche di laboratorio, i cui rapporti di prova completi sono contenuti in Allegato 1, e la loro integrazione con i conteggi via photo sieve analysis per i clasti di dimensioni maggiori a 60.0 mm.

<b>Analisi Granulometrica di Laboratorio</b>			
Campione	Granulometria di laboratorio	%	Classificazione AGI
<b>C1</b>	Ciottoli (>60 mm)	5.00	Ghiaia sabbiosa debolmente ciottolosa
	Ghiaia (<60 mm)	73.46	
	Sabbia (<2 mm)	21.49	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	0.05	


	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>	Codifica Elaborato <Fornitore>: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b>	

<b>Analisi Granulometrica di Laboratorio</b>			
<b>Campione</b>	<b>Granulometria di laboratorio</b>	<b>%</b>	<b>Classificazione AGI</b>
<b>C2</b>	Ciottoli (>60 mm)	-	Ghiaia con sabbia
	Ghiaia (<60 mm)	71.23	
	Sabbia (<2 mm)	27.47	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	1.30	
<b>C3</b>	Ciottoli (>60 mm)	8.00	Ghiaia sabbiosa debolmente ciottolosa
	Ghiaia (<60 mm)	75.12	
	Sabbia (<2 mm)	5.48	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	1.40	
<b>C4</b>	Ciottoli (>60 mm)	3.5	Ghiaia sabbiosa
	Ghiaia (<60 mm)	75.61	
	Sabbia (<2 mm)	19.49	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	1.40	
<b>C5</b>	Ciottoli (>60 mm)	5.00	Ghiaia sabbiosa debolmente ciottolosa
	Ghiaia (<60 mm)	69.59	
	Sabbia (<2 mm)	22.41	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	3.00	
<b>C6</b>	Ciottoli (>60 mm)	-	Ghiaia sabbiosa
	Ghiaia (<60 mm)	82.66	
	Sabbia (<2 mm)	15.14	
	Limo+argilla (<0.06 mm)	2.20	

Sulla base delle evidenze granulometriche di campo, l'analisi fotointerpretativa è stata eseguita solo sui campioni denominati C2, C3, C4 e C5, la cui curva granulometrica comprendeva termini di grosse dimensioni, superiori a 60.0 mm, con percentuali superiori al 5%

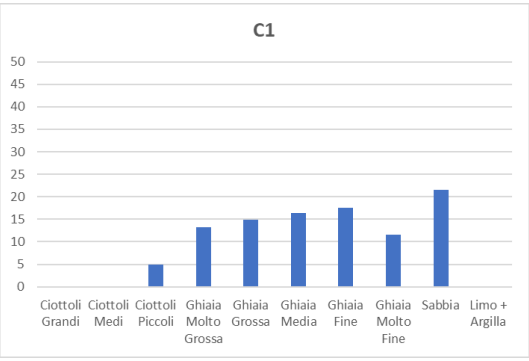
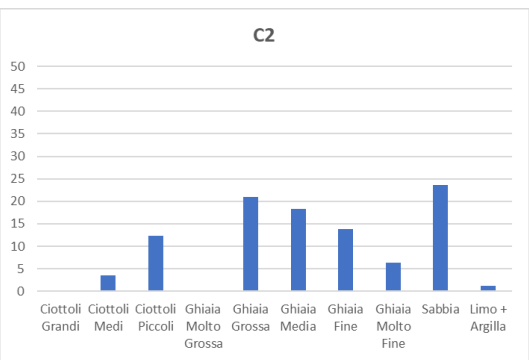
<b>Photo Sieve Analysis</b>				
<b>Campione</b>	<b>Area Investigata</b>	<b>Classe granulometrico e diametro</b>	<b>Area sottesa (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
<b>C2</b>	1.7 m <sup>2</sup>	Blocchi > 500 mm	-	-
		Ciottoli Grandi > 250 mm	-	-
		Ciottoli Medi > 120 mm	0.21	3.53
		Ciottoli Piccoli > 60.0 mm	0.06	12.33
		Ghiaia+Sabbia+Limo+Argilla < 60.0 mm	1.43	84.14
<b>C3</b>	9.0 m <sup>2</sup>	Blocchi > 500 mm	-	-
		Ciottoli Grandi > 250 mm	0.75	8.38
		Ciottoli Medi > 120 mm	2.21	24.59
		Ciottoli Piccoli > 60.0 mm	1.97	21.85
		Ghiaia+Sabbia+Limo+Argilla < 60.0 mm	4.07	45.18
<b>C4</b>	6.0 m <sup>2</sup>	Blocchi > 500 mm	-	-



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>	Codifica Elaborato <Fornitore>: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b>	
Rev. < 01 >	Rev. < 01 >	

		Ciottoli Grandi > 250 mm	0.17	2.77
		Ciottoli Medi > 120 mm	0.56	9.36
		Ciottoli Piccoli > 60.0 mm	0.93	15.53
		Ghiaia+Sabbia+Limo+Argilla < 60.0 mm	4.34	72.34
<b>C5</b>	6.0 m <sup>2</sup>	Blocchi > 500 mm	-	-
		Ciottoli Grandi > 250 mm	0.16	2.74
		Ciottoli Medi > 120 mm	0.45	7.48
		Ciottoli Piccoli > 60.0 mm	0.44	7.38
		Ghiaia+Sabbia+Limo+Argilla < 60.0 mm	4.94	82.39

Sulla base delle risultanze analitiche e di calcolo ottenute tramite l'applicazione dei due metodi sopra descritti è stato possibile definire le seguenti classi granulometriche sito specifiche per il tratto di alveo di interesse. Si precisa che, al fine di ottenere una migliore modellizzazione delle dinamiche fluviali in fase di simulazione, su indicazione dei modellisti, sono state ridefinite alcune classi granulometriche come di seguito riportato. La definizione dei nuovi intervalli granulometrici è stata eseguita a livello grafico in ambiente CAD.

<b>Determinazione delle Curve Classi Granulometriche Finale</b>			
<b>Campione</b>	<b>Classe granulometrica e diametro</b>	<b>%</b>	<b>Curva di distribuzione granulometrica</b>
<b>C1</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	-	
	Ciottoli Medi > 120 mm	-	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	5.00	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	13.18	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	14.82	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	16.32	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	17.55	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	11.59	
	Sabbia < 2.0 mm	21.49	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	0.05	
<b>C2</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	-	
	Ciottoli Medi > 120 mm	3.53	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	12.33	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	0.00	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	20.9	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	18.24	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	13.7	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	6.35	
	Sabbia < 2.0 mm	23.63	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	1.24	

Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

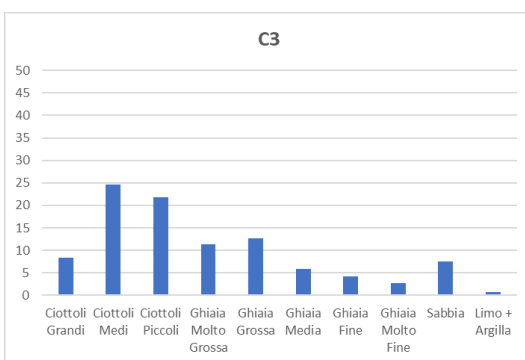
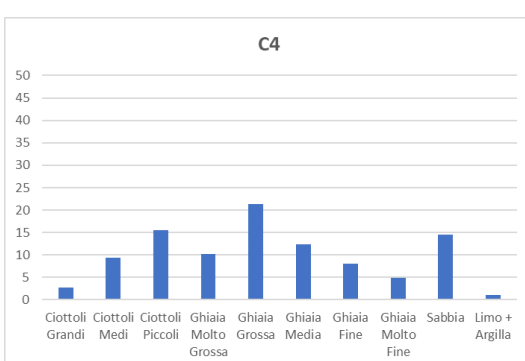
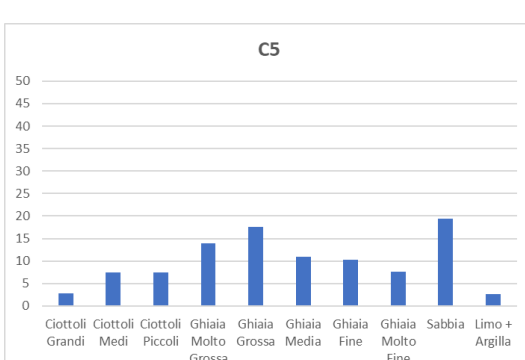
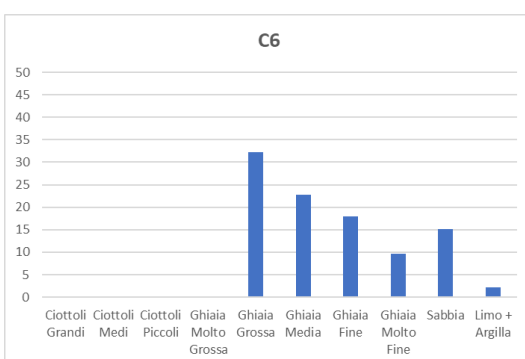
Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:


20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

**Determinazione delle Curve Classi Granulometriche Finale**

Campione	Classe granulometrica e diametro	%	Curva di distribuzione granulometrica
<b>C3</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	8.38	
	Ciottoli Medi > 120 mm	24.59	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	21.85	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	11.37	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	12.70	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	5.88	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	4.25	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	2.70	
	Sabbia < 2.0 mm	7.60	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	0.69	
<b>C4</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	2.77	
	Ciottoli Medi > 120 mm	9.36	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	15.53	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	10.29	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	21.26	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	12.31	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	8.00	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	4.83	
	Sabbia < 2.0 mm	14.61	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	1.05	
<b>C5</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	2.74	
	Ciottoli Medi > 120 mm	7.48	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	7.38	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	13.95	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	17.50	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	10.98	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	10.27	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	7.65	
	Sabbia < 2.0 mm	19.44	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	2.60	
<b>C6</b>	Ciottoli Grandi > 250 mm)	-	
	Ciottoli Medi > 120 mm	-	
	Ciottoli Piccoli > 60 mm	-	
	Ghiaia Molto Grossa < 60 mm	-	
	Ghiaia Grossa < 32.0 mm	32.25	
	Ghiaia Media < 16.0 mm	22.74	
	Ghiaia Fine < 8.0 mm	18.03	
	Ghiaia Molto Fine < 4.0 mm	9.64	
	Sabbia < 2.0 mm	15.14	
	Limo + Argilla < 0.06 mm	0	



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
Codifica Elaborato Terna: <p align="center">&lt; RC1541174B2036212 &gt;</p>	Codifica Elaborato <Fornitore>: <p align="center">20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

<b>Determinazione delle Curve Classi Granulometriche Finale</b>			
<b>Campione</b>	<b>Classe granulometrica e diametro</b>	<b>%</b>	<b>Curva di distribuzione granulometrica</b>
	Limo + Argilla < 0.06 mm	2.20	

I risultati delle analisi hanno evidenziato un grado di eterogeneità dei campioni rappresentativi dei differenti ambiti granulometrici relativamente ristretto anche in situazioni in cui visivamente ci si attendeva una maggiore diversificazione granulometrica.

### 7.3 OPERE DI DIFESA

Durante il rilievo, oltre alla definizione delle classi granulometriche e delle dinamiche e delle forme fluviali, sempre nell'ottica di ottimizzare il modello idraulico a fondo mobile, sono state rilevate anche le opere di difesa realizzate in seguito all'evento alluvionale del 2003. Le opere, che hanno interessato buona parte delle sponde nel tratto di interesse, hanno visto la realizzazione di massicci interventi di sistemazione dell'alveo e delle sponde, volti a ripristinare ed estendere le opere di difesa fluviale già esistenti.

Attualmente sono presenti le seguenti opere di difesa:

#### **Scogliere a massi ammassati in calcestruzzo:**

- in ambito strettamente fluviale: utilizzate per le opere di difesa e sostegno spondale, sono presenti con notevole continuità lungo l'intero tratto in esame su entrambe le sponde. Sono limitatamente usate anche come soglie di fondo (presso la derivazione idroelettrica a valle della confluenza del rio Malborghetto).
- in ambito di affluenti e tributari secondari: estesamente utilizzate sia come argini di difesa spondale da colate detritiche, sia come platee antiersive per la stabilizzazione del fondo.
- muri di contenimento: muri a gravità in calcestruzzo, comunemente accoppiati a scogliere a massi. Sono presenti lungo brevi tratti


**Briglie, barriere paramassi e barriere per debris flow:** massicciamente utilizzate, come difese da colate detritiche o da caduta massi, nella sistemazione degli affluenti secondari e delle aree soggette a dissesti, in particolare modo sul versante destro.

Oltre a questi interventi sono state effettuate attività di estrazione e redistribuzione in alveo, mediante escavatori, dei sedimenti mobilizzati durante l'evento del 2003. Tali lavori si sono concentrati nell'area di confluenza con il Rio Malborghetto e con il Rio Granuda Grande, che hanno apportato rilevanti quantità di sedimenti.

Altri interventi, più contenuti, sono distribuiti in corrispondenza di numerose aree di barra e piana inondabile. Tra di essi si segnala la regolarizzazione (spianamento) di estesi depositi di ghiaie fini (lobi deposizionali connessi a ventagli di rotta) accumulati su due piane inondabili (a valle del ponte di Cucco e all'altezza del cimitero di Malborghetto).

In sponda sinistra, poco a valle della confluenza con il rio Malborghetto, è anche presente l'opera di presa di un mini-impianto per la produzione di energia idroelettrica che alimenta una centralina nel comune di S. Leopoldo Laglesie. In corrispondenza della derivazione si contano tre briglie e una serie di repellenti e muri arginali.

L'attuale tendenza del fiume alla tipologia wandering, è, presumibilmente, da mettere in relazione agli estesi interventi di sistemazione fluviale e, in particolare, alle opere di difesa spondale, che, stabilizzando le rive hanno condizionato i processi di dinamica morfologica.

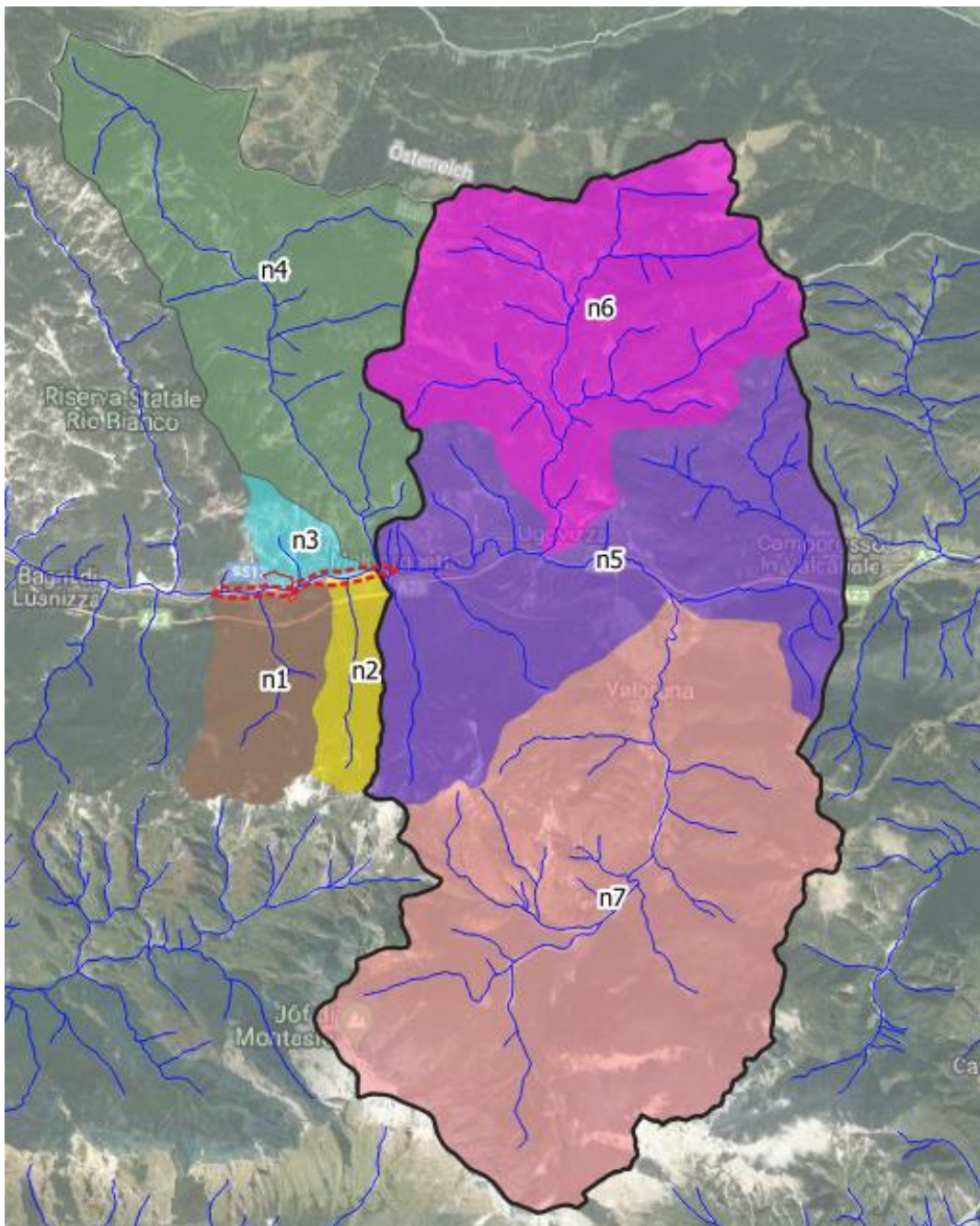
	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 8 ANALISI IDROLOGICA

Per la realizzazione dei modelli idraulici è stato innanzitutto necessario realizzare un'analisi idrologica per calcolare le portate di piena attese nel fiume Fella in prossimità dell'area di studio per tempi di ritorno compatibili con le opere in progetto.

In particolare sono stati individuati tutti i bacini scolanti al fiume Fella fino al ponte della SS13, a Pontebba in località Santa Caterina.

In Figura 26 sono rappresentati i 7 bacini scolanti individuati. La delimitazione dei bacini è stata realizzata incrociando le informazioni dello *shape file* denominato "BACINI\_NATURALI\_shp\_6708" e del *DTM* con passo 10 m resi disponibili dalla Regione FVG sul geoportale *IRDAT*.



**Figura 26** Individuazione del bacino scolante e dei sottobacini. Con una linea rossa tratteggiata si riporta l'area di rilievo topografico. Con linea rossa continua le aree di progetto.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>	Codifica Elaborato <Fornitore>: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b>	
Rev. < 01 >	Rev. < 01 >	

Le loro principali caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

ID bacino	Nome corso d'acqua	affluente	Area [km <sup>2</sup> ]	Quota max (m slm)	Quota min (m slm)
n1	Granuda Grande	sinistro	5.79	2043	668
n2	Palug	sinistro	2.96	2048	695
n3	cucco dx a monte di snam	destro	1.74	1479	680
n4	Rio Malborghetto	destro	23.09	1998	702
n5	f. Fella (parziale) a Malborghetto	-	26.39	2745	676
n6	t. Uqua	destro	23.79	2050	760
n7	t. Saisera	sinistro	45.22	2752	780
n5+n6+n7	f. Fella fino a Malborghetto	-	95.41	2752	702

## 8.1 TEMPI DI CORRIVAZIONE

Per l'analisi di trasformazione afflussi-deflussi, descritta nei paragrafi seguenti, viene calcolato un intervallo di tempo caratteristico, definito tempo di corrvazione. Il tempo di corrvazione corrisponde al tempo necessario affinché una particella d'acqua caduta nel punto più lontano della superficie scolante raggiunga la sezione di chiusura del bacino in analisi.

Per la stima del tempo di corrvazione esistono in letteratura numerosi metodi di calcolo con differenti campi di applicazione in base alle dimensioni del bacino considerato (Giandotti, Ventura, Pasini, Puglisi, Kirpick, Johnstone and Cross, Viparelli, Pezzolli, Tournon).

Per ciascun bacino sono stati calcolati i tempi di corrvazione con vari metodi e per i soli metodi compatibili con l'estensione del bacino i valori ottenuti sono stati mediati.

Nella seguente tabella si riporta le stime ottenute per tempi di corrvazione dei bacini analizzati.

ID bacino	Nome corso d'acqua	affluente	area	Tempo di corrvazione	t lag
			area [km <sup>2</sup> ]	ore	ore
n1	Granuda Grande	sinistro	5.79	0.60	0.36
n2	Palug	sinistro	2.96	0.40	0.24
n3	cucco dx a monte di snam	destro	1.74	0.41	0.25
n4	Rio Malborghetto	destro	23.09	2.07	1.24
n5	f. Fella (parziale) a Malborghetto	-	26.39	3.75	2.25
n6	t. Uqua	destro	23.79	1.77	1.06
n7	t. Saisera	sinistro	45.22	2.81	1.68
n5+n6+n7	f. Fella fino a Malborghetto	-	95.41	4.32	2.59

I bacini n1, n2 e n3 hanno tempi di corrvazione minori dell'ora. I bacini n4, n6 e n7 hanno invece tempi di corrvazione di circa 2 ore. Se infine consideriamo il bacino del fiume Fella chiuso a Malborghetto, all'abitato di Malborghetto, il tempo di corrvazione è di ca. 4,3 ore.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

## 8.2 ANALISI REGIME PLUVIOMETRICO

L'analisi del regime pluviometrico ha previsto l'utilizzo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate da Regione FVG per le piogge di durata 1-24 ore e il loro confronto con le massime precipitazioni registrate in due stazioni meteorologiche dal 2012 al 2018.

### 8.2.1 LSPP

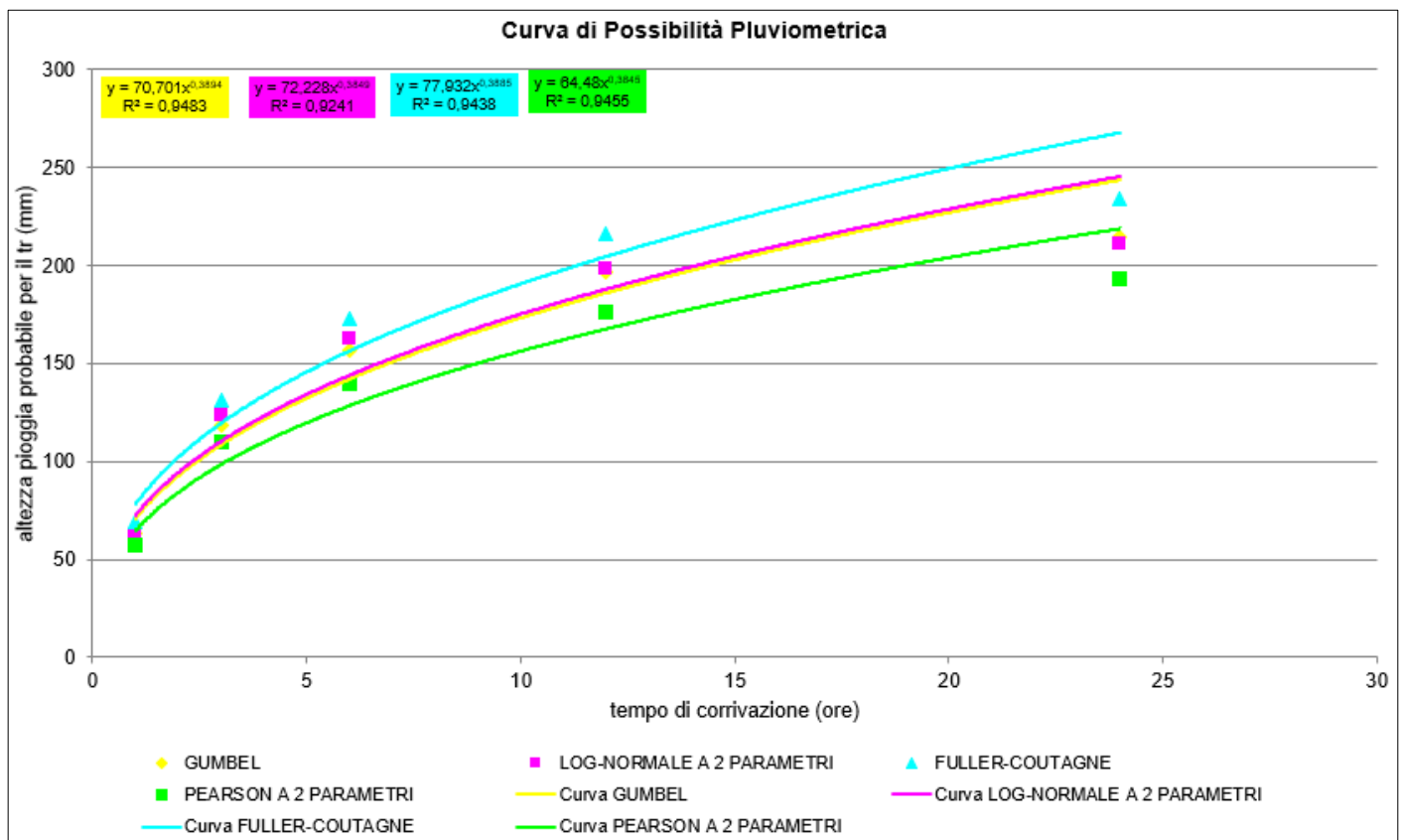
Le linee di possibilità pluviometrica (LSPP) sono delle curve calcolate con metodi statistici (Gumbel, LOG-normale, etc.) che correlano le altezze di pioggia, espresse in mm alla durata D dell'evento pluviometrico, secondo la seguente equazione a tre parametri:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

i parametri  $a_1$ ,  $n$  e  $w(T_r)$  variano, a seconda della quota altimetrica, dell'ubicazione geografica e del tempo di ritorno considerato. Il tempo di ritorno è un concetto probabilistico che indica il tempo in cui un determinato evento estremo può essere raggiunto o superato mediamente una volta sola.

Le LSPP sono state fornite da Regione FVG sottoforma di curve già calcolate in corrispondenza di diverse stazioni meteorologiche e per diversi tempi di ritorno.

L'immagine seguente (Figura 27) mostra le curve LSPP calcolate dai massimi valori di precipitazione registrati in eventi pluviometrici di diversa durata nella stazione di Malborghetto per tempo di ritorno 200 anni.



**Figura 27** LSPP calcolate per Tr di 200 anni a Malborghetto

I valori LSPP ricevuti dalla Regione sono stati inoltre confrontati con quelli ottenuti dall'applicativo software *RainMapFVG* (Figura 28), che si basa sulla raccolta, aggiornata, di dati pluviometrici orari provenienti da 130 stazioni pluviometriche nel periodo di osservazione 1920-2013.

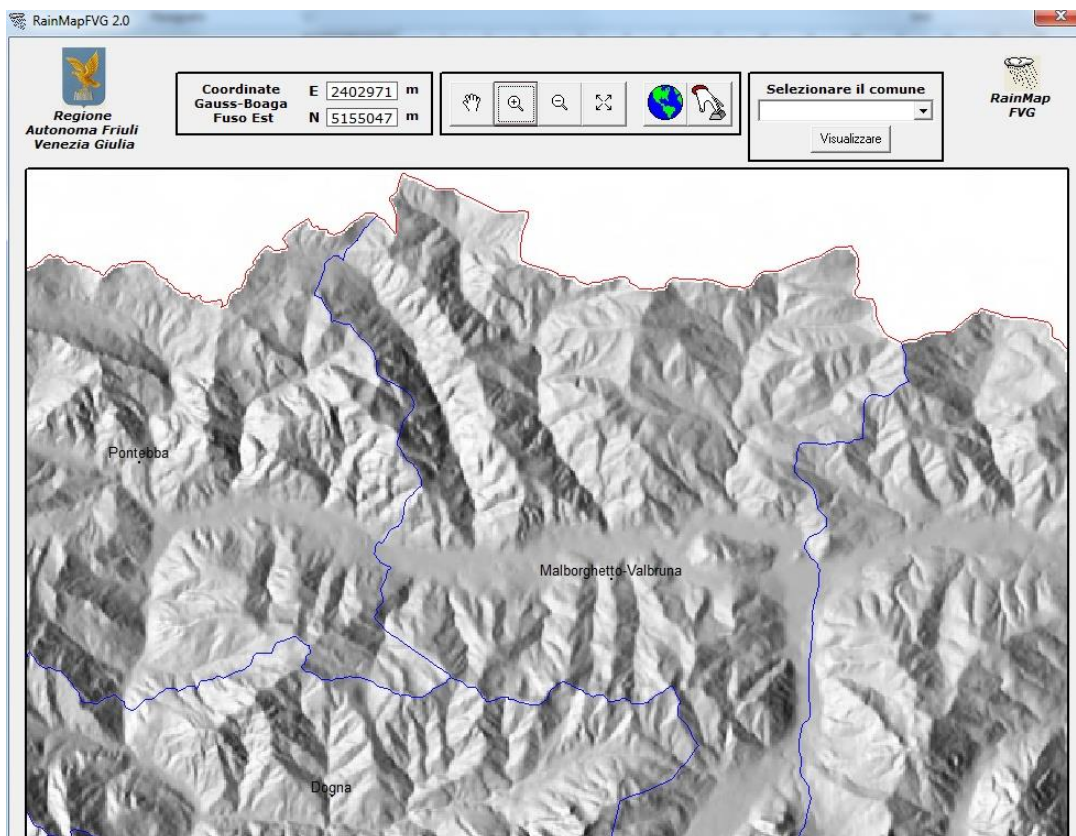



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

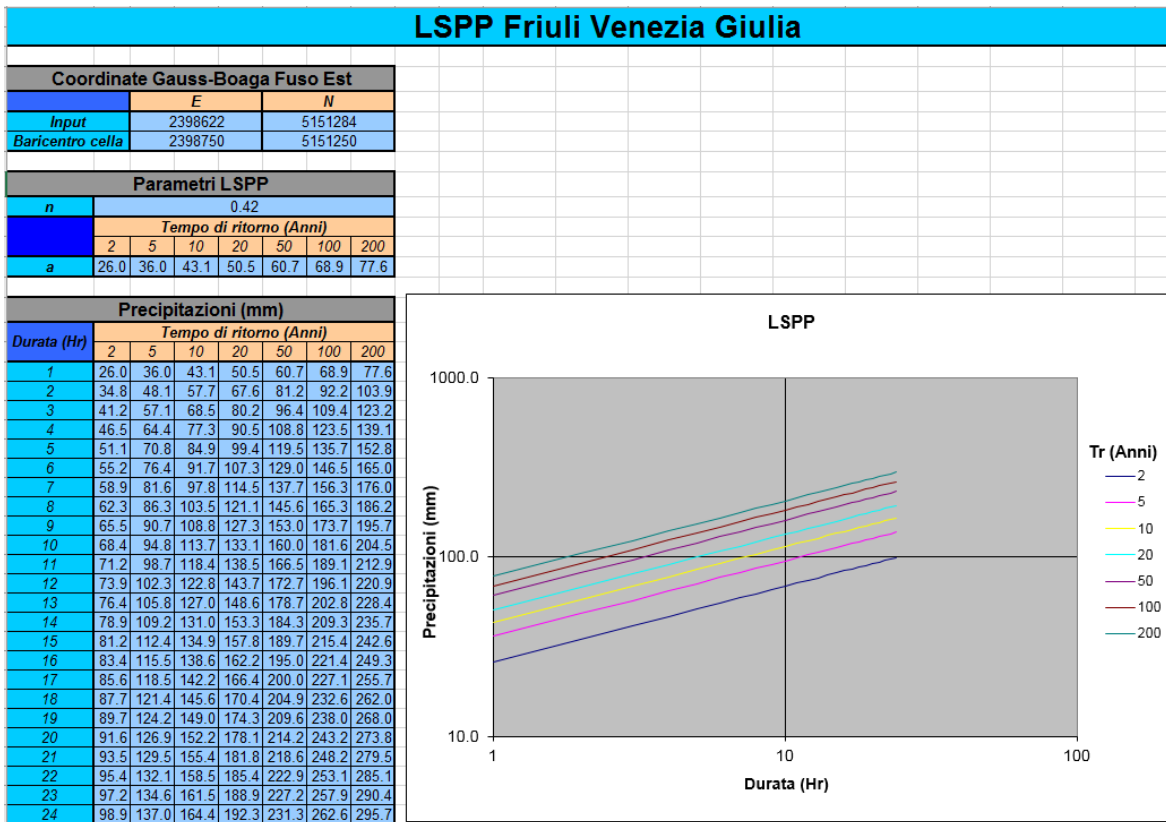
Poiché i valori di altezza pluviometrica indicati da RainMap risultavano leggermente differenti rispetto a quelli stimati dalle LSPP ricevute (in genere maggiori), si è deciso di considerare tra i due database a disposizione quello che restituiva valori più conservativi, ovvero altezze di pioggia maggiori a parità di durata e tempo di ritorno dell'evento meteorico considerato.

La seguente tabella riporta i mm di pioggia relativi a diversi tempi di ritorno (Tr) calcolati per eventi di diversa durata dall'applicativo *RainMapFVG* in corrispondenza della posizione geografica dell'area di interesse.

Tempo di ritorno	mm di pioggia					
	in 1h	in 2h	in 3h	in 6h	in 12h	in 24h
Tr=20 anni	50.47	67.57	80.2	107.31	143.67	192.35
Tr=50 anni	60.68	81.24	96.4	129.02	172.73	231.26
Tr=100 anni	68.90	92.24	109.4	146.48	196.11	262.56
Tr=200 anni	77.59	103.88	123.2	164.96	220.86	295.69



	<b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b> Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV	
	Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>	
	Rev. < 01 >	Rev. < 01 >




**Figura 28** Applicativo software RainMapFVG

### 8.2.2 PRECIPITAZIONI MASSIME DEGLI ULTIMI ANNI

La seguente tabella riporta le precipitazioni massime per varie durate temporali registrate nella stazione di Malborghetto e di Val Ugovizza dalla Regione negli ultimi 7 anni. L'ubicazione delle stazioni è rappresentata in Figura 29.

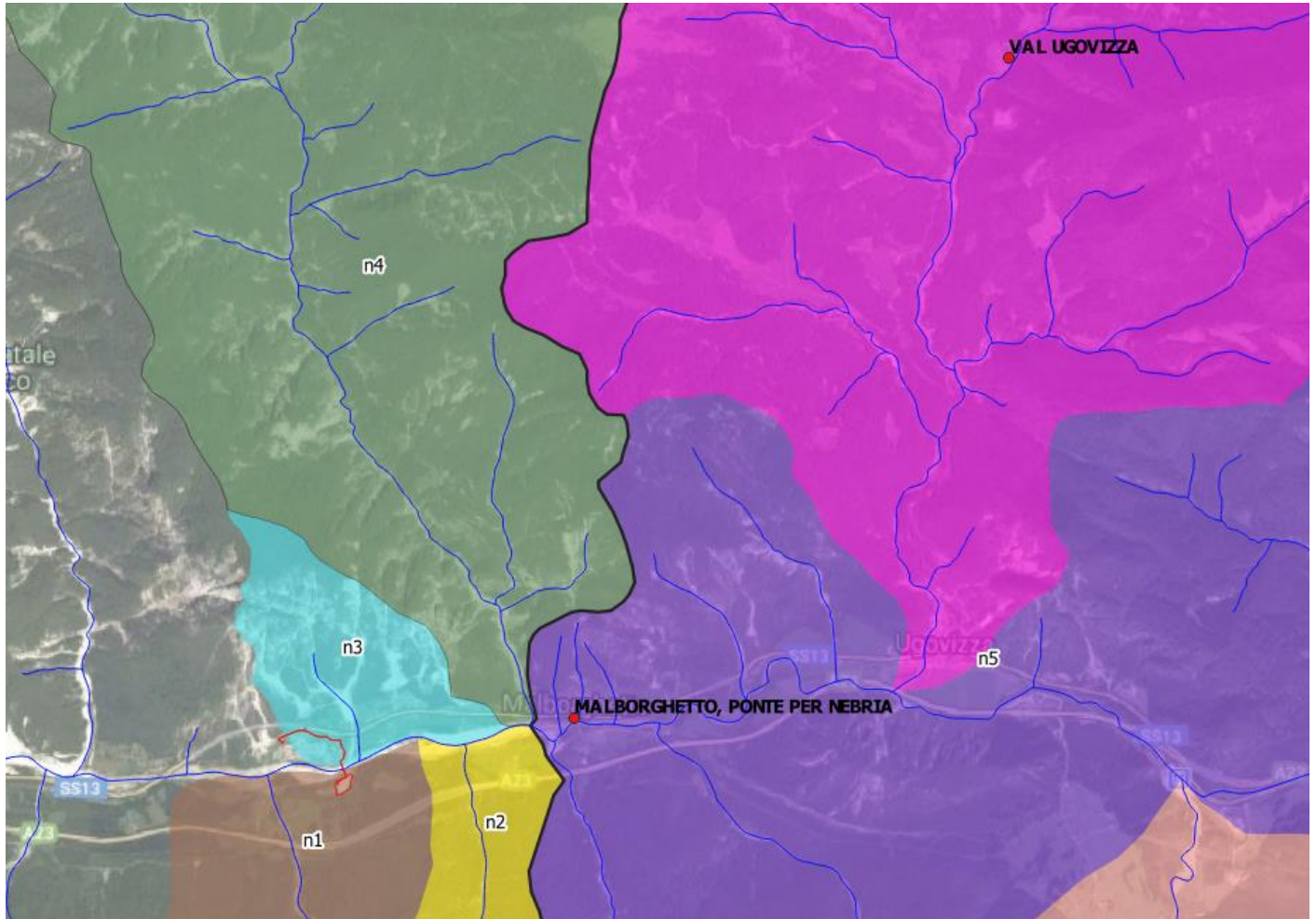
Piogge consecutive massime nell'anno della durata di:	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	max
	<b>Malborghetto F. Fella</b>							
1 ora	24.8	17.2	30.2	18.2	26.8	22.6	16.2	<b>30.2</b>
3 ore	42.6	21.2	38.8	36.6	52.4	37.4	38.2	<b>52.4</b>
6 ore	47.6	35	48.2	49.4	67.4	45	62.4	<b>67.4</b>
12 ore	82	49	55.4	91.6	93.2	57.2	86	<b>93.2</b>
24 ore	92.8	76	85.4	101.6	119.8	93.2	119	<b>119.8</b>
<b>Val Ugovizza</b>								
1 ora	25	18.4	25.8	16.6	24.2	21.2	21.4	<b>25.8</b>
3 ore	37.6	23.4	36.2	25.4	32.8	34.8	28.8	<b>37.6</b>
6 ore	44.2	34	59.2	34.6	53.4	39.6	45.6	<b>59.2</b>
12 ore	79.4	46.8	66.4	59.8	70.2	57	62	<b>79.4</b>
24 ore	88.4	71.2	82.8	67.2	87.2	69	78.8	<b>88.4</b>



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

Poiché per bassi tempi di ritorno ( $Tr < 20$  anni) non sono stati registrati eventi pluviometrici di intensità maggiori rispetto a quelli indicati LSPP, si possono considerare tali curve statisticamente valide e pertanto possono essere utilizzate per i fini del presente studio idraulico.

Come già indicato in precedenza tra i due database a disposizione, LSPP Regione e applicativo RainMapFVG, si è scelto il secondo perché nell'area di studio restituisce valori più conservativi, ovvero altezze di pioggia maggiori a parità di durata e tempo di ritorno dell'evento meteorico considerato.



**Figura 29** Posizione stazioni meteorologiche, rispetto ai bacini scolanti e all'area di studio

### 8.2.3 PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Per le analisi di trasformazione afflussi-deflussi realizzate nel presente studio si è considerando un evento pluviometrico con tempo di ritorno di 200 anni di durata pari a 2 e 5 ore, pari ai tempi di corrivazione del bacino del f. Fella fino a Malborghetto. Di seguito i valori di altezze di pioggia:

Tempo di ritorno	mm di pioggia in 2 h	mm di pioggia in 5 h
Tr=200 anni	103.8	152.54

Per tali eventi meteorici sono stati realizzati degli ietogrammi di tipo Chicago utili alla trasformazione afflussi-deflussi di seguito descritta.

Il tempo di ritorno di 200 anni è stato scelto in considerazione dell'importanza dell'opera in progetto e della sua collocazione in fascia di Pericolosità fluviale P3.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

### 8.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

Solo una parte dell'acqua delle precipitazioni contribuisce alla formazione del deflusso idrico superficiale, definito *runoff*. La quantità d'acqua superficiale di runoff dipende da diversi fattori: dal tipo di terreno, dal suo grado di saturazione, dal tipo di copertura vegetale, dalla pendenza dei versanti.

La trasformazione afflussi-deflussi è stata realizzata con il metodo sperimentato dal Servizio Statunitense di Conservazione del Suolo (SCS-CN, 1972). Tale metodo noto come 'Curve Number' (Chow, 1988) consente di tenere conto delle perdite di volumi di pioggia che avvengono all'inizio dell'evento precedentemente descritte attraverso la seguente equazione:

$$P_{netta} = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

dove P [mm] è l'afflusso meteorico lordo dell'evento meteorico considerato, P<sub>netta</sub> [mm] è la pioggia efficace che genera il deflusso superficiale, Ia [mm] rappresenta le perdite iniziali ed S [mm] il massimo assorbimento potenziale; da relazioni empiriche ricavate da numerosi casi sperimentali si ha inoltre:

$$Ia = 0.2S$$

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad e \quad S = S_0 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il parametro CN è un numero adimensionale che varia tra 100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili) e circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione.


Il CN è essenzialmente legato a:

- natura litologica del suolo;
- tipo di copertura (uso del suolo);
- condizioni iniziali di umidità del suolo antecedenti un evento meteorico;
- stagione di riposo o crescita della vegetazione.

L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), precedentemente nota come Soil Conservation Service, ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN. Innanzitutto ha suddiviso il suolo in quattro classi in base alla capacità di assorbimento:

GRUPPO	DESCRIZIONE
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili.
<b>B</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
<b>C</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
<b>D</b>	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

Una volta determinata la classe del suolo si consulta la seguente Tabella dove sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

USO DEL SUOLO	A	B	C	D
Terreno coltivato senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo - cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo - buone condizioni	39	61	74	80
Praterie-buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestali - terreno sottile sottobosco povero senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestali - sottobosco e copertura discreti	36	60	73	79
Spazi aperti, prati rasati, parchi - buone cond, con >75% area con copertura erbosa	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi - cond, normali con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali - impermeabilità 85%	89	92	94	95
Distretti industriali - impermeabilità 72%	81	88	91	93
Aree residenziali - impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali - impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali - impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree agricole eterogenee	58	73	82	87
Aree estrattive, discariche e cantieri	46	69	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade - pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade - inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Aree incolte	77	86	91	94

Per il caso in esame l'uso del suolo è stato analizzato per mezzo dello *shape files* "CORINELANDCOVER\_FVG2000" reso disponibile dal portale regionale IRDAT (Figura 30) e il Curve Number medio (CN<sub>tot</sub>) è stato calcolato come la media pesata dei CN delle singole aree con diversa copertura del suolo:

$$CN_{tot} = \frac{\sum CN_i A_i}{A_{tot}}$$

Nel bacino in esame, date le evidenze geomorfologiche, si è considerata una classe di suolo B e si è calcolato un Curve Number medio di 79,5.

Codifica Elaborato Terna:

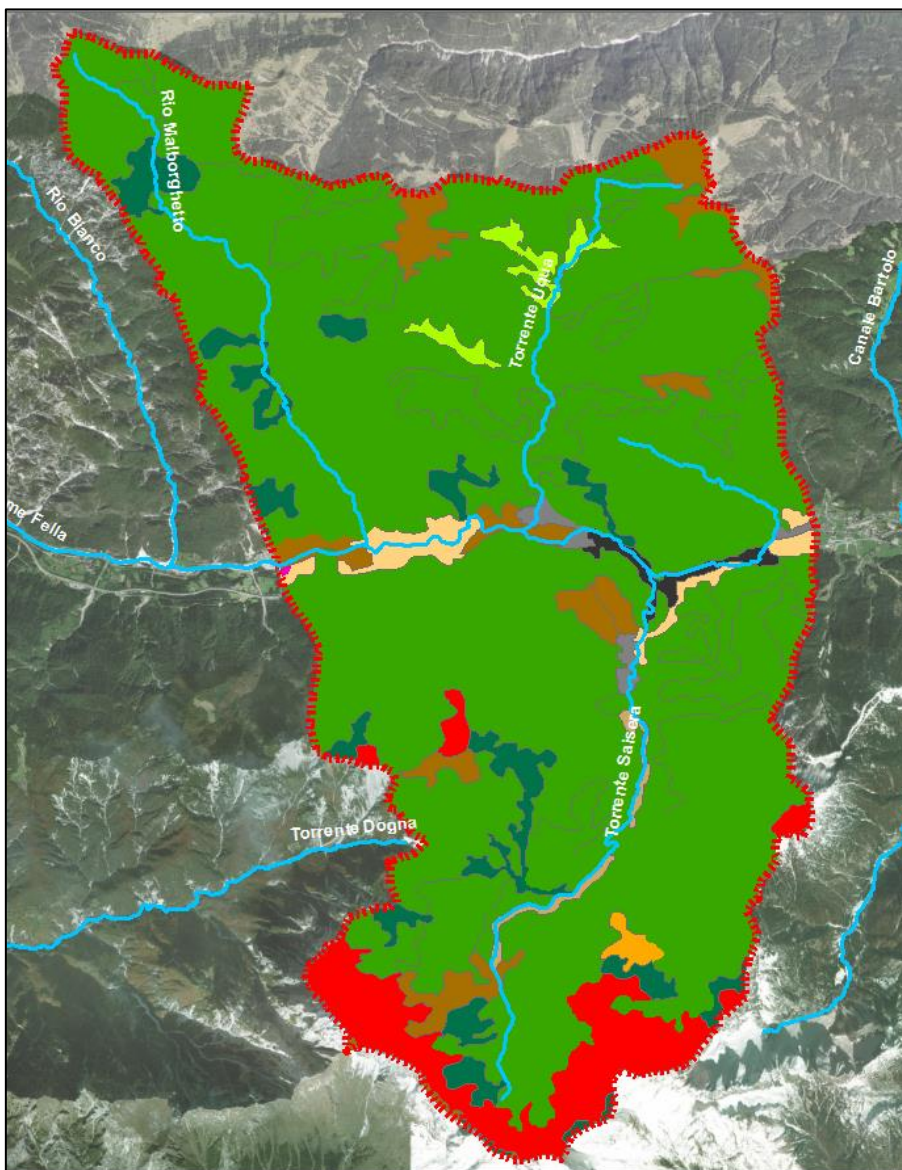
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >


Codifica Elaborato <Fornitore>:

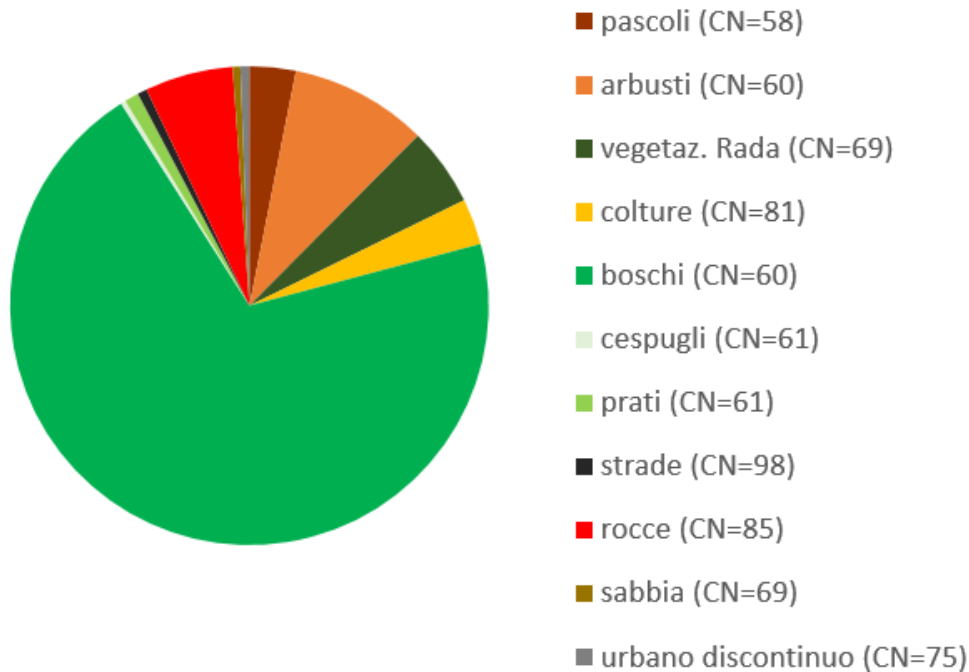
20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >





	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	





**Figura 30** Uso del suolo all'interno del bacino

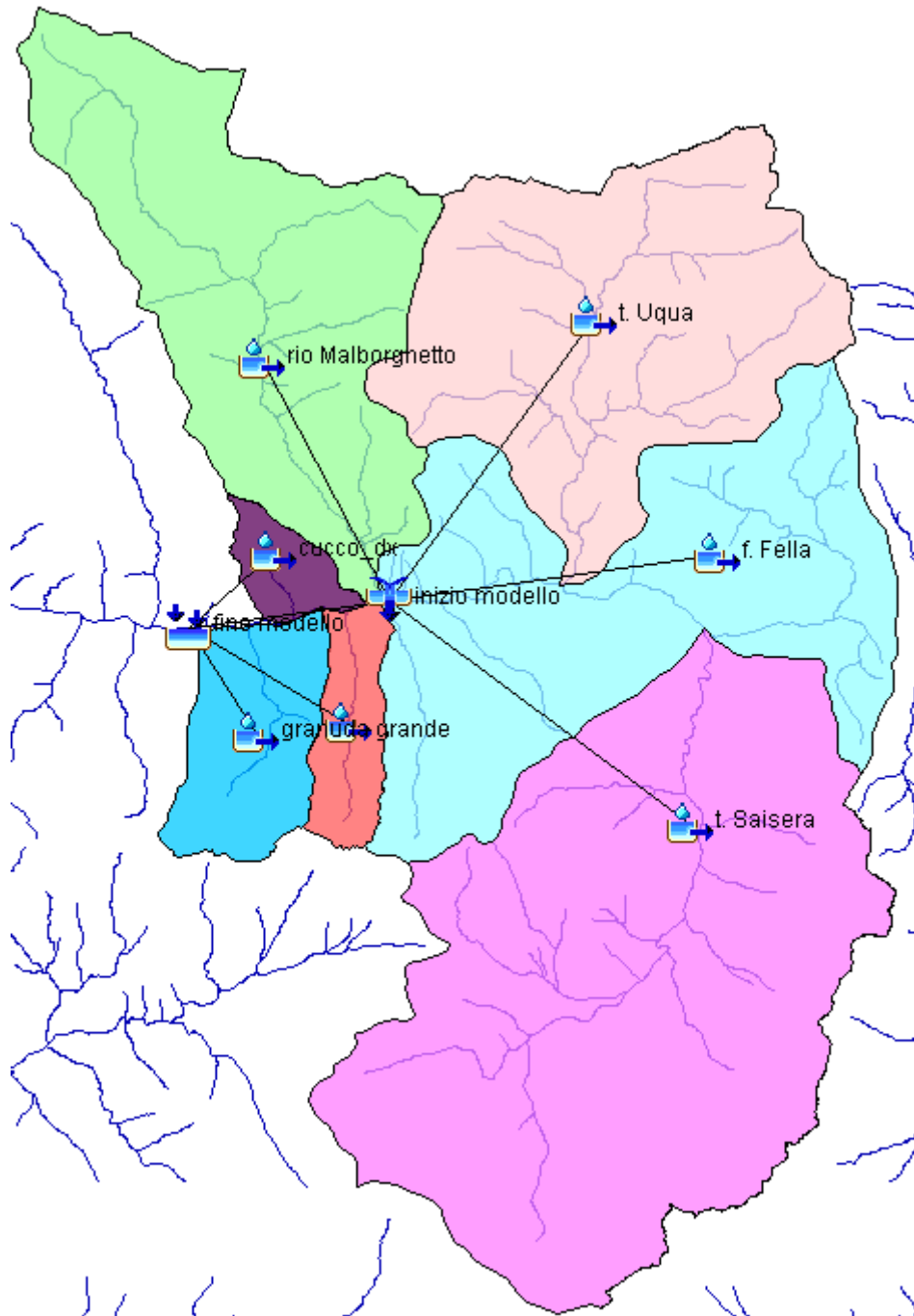
Attraverso il CN stimato è stata calcolata la precipitazione netta.

Per il calcolo degli idrogrammi di piena di ciascun sottobacino e per valutare il loro sviluppo durante l'evento meteorico di riferimento, è stato utilizzato il software *HEC-HMS (hydrologic modeling system)*, sviluppato da *US Army Corps of Engineers*. Tale software permette di realizzare analisi numeriche e simulazioni di trasformazione afflussi-deflussi in bacini idrografici con differenti metodi.

L'analisi numerica realizzata ha previsto le seguenti fasi:

- Disegno dello schema dei 7 bacini scolanti individuati come rappresentato in Figura 31;
- simulazione di un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni della durata di 2 e 5 ore (pari al tempo di corrivazione  $t_c$  dei bacini scolanti) secondo uno ietogramma di Chicago;
- stima del tempo di ritardo ( $t_L$ ) per ciascun sottobacino, calcolati dal rapporto  $t_L/t_c$  pari a 0.6 calcolato empiricamente dal metodo SCS;
- trasformazione afflussi-deflussi attraverso il metodo SCS-CN descritto in precedenza utilizzando un idrogramma unitario di tipo Snyder per ciascun bacino;
- calcolo dell'idrogramma di portata generato in ciascun bacino e della loro somma alla sezione di chiusura individuata (Figura 32);
- scelta dell'evento meteorico che genera portate al picco maggiori in prossimità dell'area di studio.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICIM</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	





**Figura 31** Schema di bacino utilizzato nelle analisi idrologiche con HEC-HMS

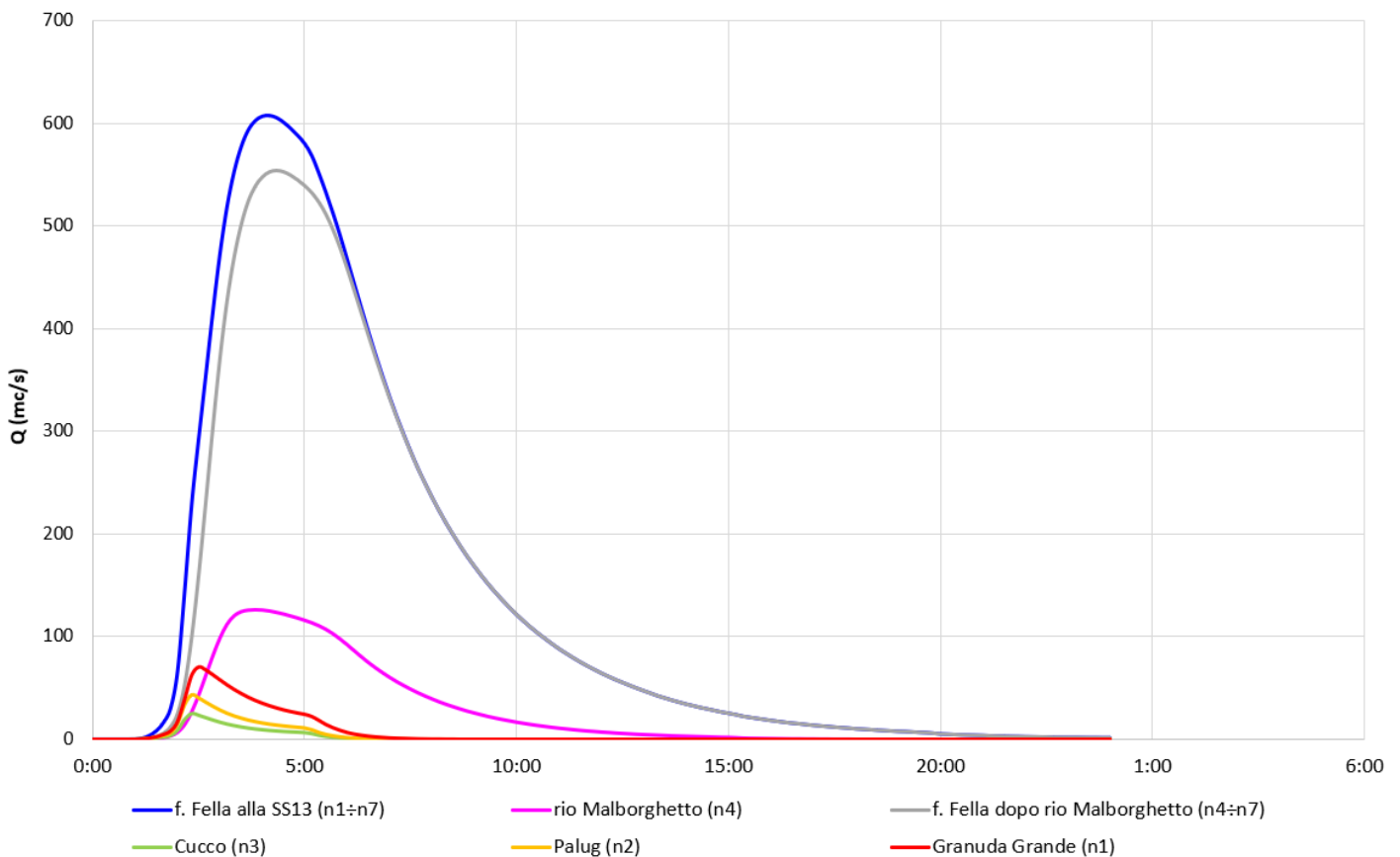
Gli idrogrammi generati da un evento meteorico di durata 5 ore (valutato come evento critico) e con tempo di ritorno di 200 anni sono rappresentati in Figura 32.

Le portate al colmo alla chiusura di ogni sottobacino e in corrispondenza delle affluenze tra vari rami sono riassunti nella seguente tabella. Il colmo di piena duecentennale in corrispondenza dell'area di interesse risulta di **607,4 m<sup>3</sup>/s**.




	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

ID bacino	Nome corso d'acqua	Portata al picco (mc/s)
n1	Granuda Grande	69.7
n2	Palug	42.9
n3	cucco dx a monte di snam	25
n4	Rio Malborghetto	126
n5	f. Fella (parziale) a Malborghetto	143.4
n6	t. Uqua	98.9
n7	t. Saisera	203.3
picco generato dalla somma degli idrogrammi:		
n4÷n7	f. Fella a valle della confluenza con rio Malborghetto	553.3
n1÷n7	f. Fella in loc. Santa Caterina	<b>607.4</b>



**Figura 32** Idrogrammi generati da un evento meteorico con durata di durata 5 ore e tempo di ritorno di 200 anni

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 9 MODELLO IDRAULICO A FONDO FISSO

Al fine di verificare i livelli idrici massimi raggiunti da F. Fella in prossimità dell'area di progetto durante le piene è stato definito un modello idraulico a fondo fisso di un tratto di corso d'acqua lungo circa 1 km.

Il modello idraulico realizzato intende verificare le altezze idriche raggiunte dalla piena con il solo scopo di:

- valutare la compatibilità idraulica della stazione elettrica in progetto;
- confrontare i tiranti idrici con quelli ottenuti dal modello idraulico a fondo mobile (descritto nel capitolo seguente).

La modellazione idraulica ha seguito le seguenti fasi:

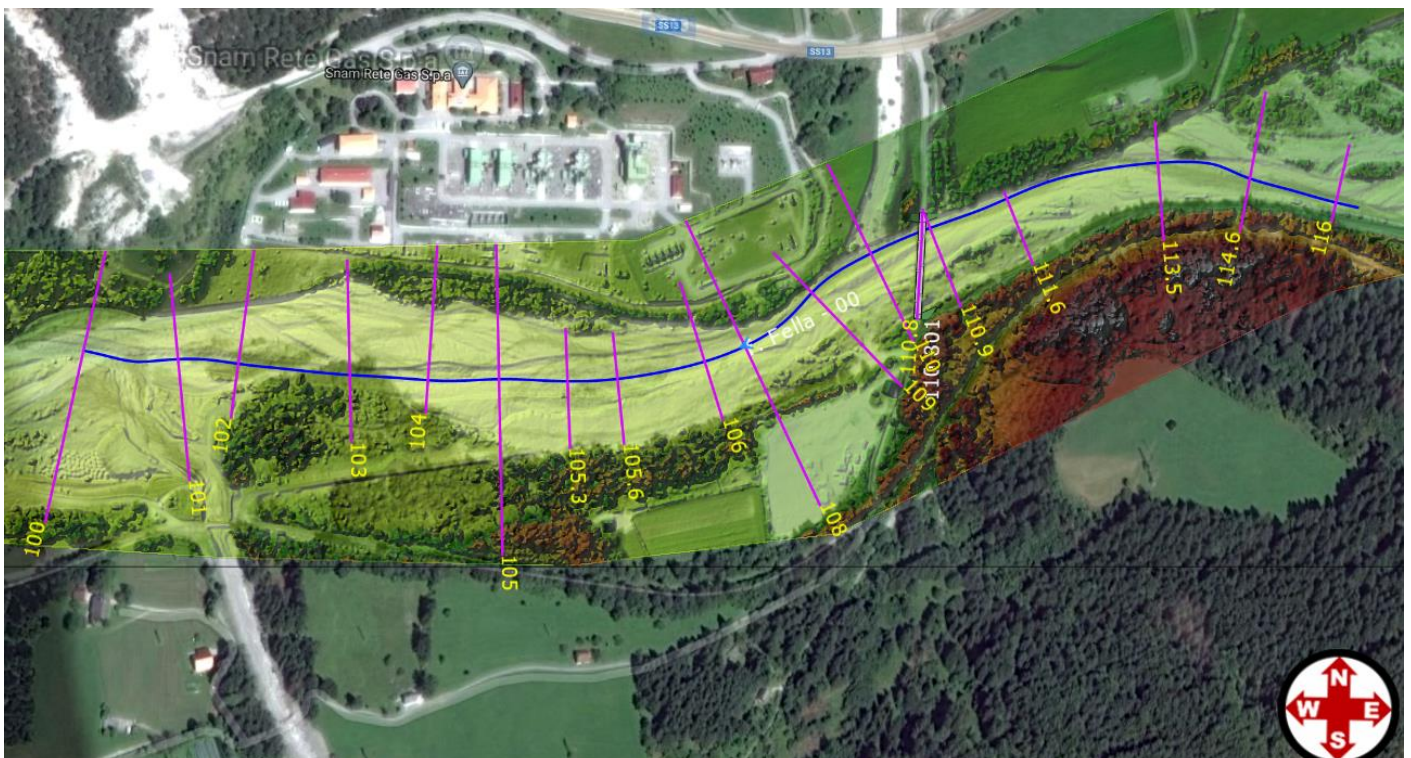
- Elaborazione rilievo topografico esistente per l'area di interesse,
- ricostruzione digitale della geometria dell'area,
- simulazione idraulica monodimensionale nel tratto di interesse tempo di ritorno di 200 anni.

Il modello a fondo fisso per sua natura non intende valutare la posizione del cavo interrato, per il quale si rimanda alle analisi eseguite con il modello a fondo mobile.

### 9.1 RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO


Per le simulazioni idrauliche è stato utilizzato il software GeoHECRAS della CivilGEO che si basa sul modello HEC-RAS dell'Hydrologic Engineering Centre dell'US Army Corps of Engineers, versione 5.0.6, programma di calcolo che consente lo svolgimento di analisi idrauliche in moto stazionario o vario, di tipo monodimensionale o bidimensionale, in regime subcritico e supercritico. Per la simulazione idraulica di tipo monodimensionale il software HEC-RAS, presuppone che siano fornite le seguenti informazioni:

- disegno dell'asta principale nel tratto di interesse e degli eventuali affluenti,
- geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali,
- inserimento delle strutture trasversali, quali briglie e ponti,
- inserimento dei coefficienti di scabrezza,
- inserimento delle condizioni al contorno.



**Figura 33** schematizzazione sezioni in Hec Ras



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

La geometria delle sezioni trasversali al corso del fiume è stata estratta dal DTM descritto al capitolo 5. In Figura 33 si rappresenta l'ubicazione delle sezioni trasversali.

I coefficienti di scabrezza (numero di Manning in s/m<sup>-1/3</sup>) impostati nel modello sono 0.045 sia in corrispondenza dell'alveo che delle sponde.

## 9.2 SIMULAZIONE DELL'ONDA PIENA

Per l'analisi idraulica è stato implementato un modello monodimensionale (ipotesi che la componente longitudinale della quantità di moto sia preponderante rispetto a quella trasversale) di propagazione dell'onda di piena in moto permanente.

Per l'analisi in 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 del bilancio energetico,

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

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;
- $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  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:

$$h_e = L * S_f + C * \left| \alpha_2 V_2^2 / 2g - \alpha_1 V_1^2 / 2g \right|$$

dove:

- $L$  è la lunghezza del tronco considerato;
- $S_f$  è la cadente media 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 cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della 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.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinata mediante una risoluzione iterativa delle due equazioni sopra riportate. Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali.

Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

## 9.3 CONDIZIONI AL CONTORNO

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime transcritico, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle.

Il software dedicato *HEC-RAS* ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

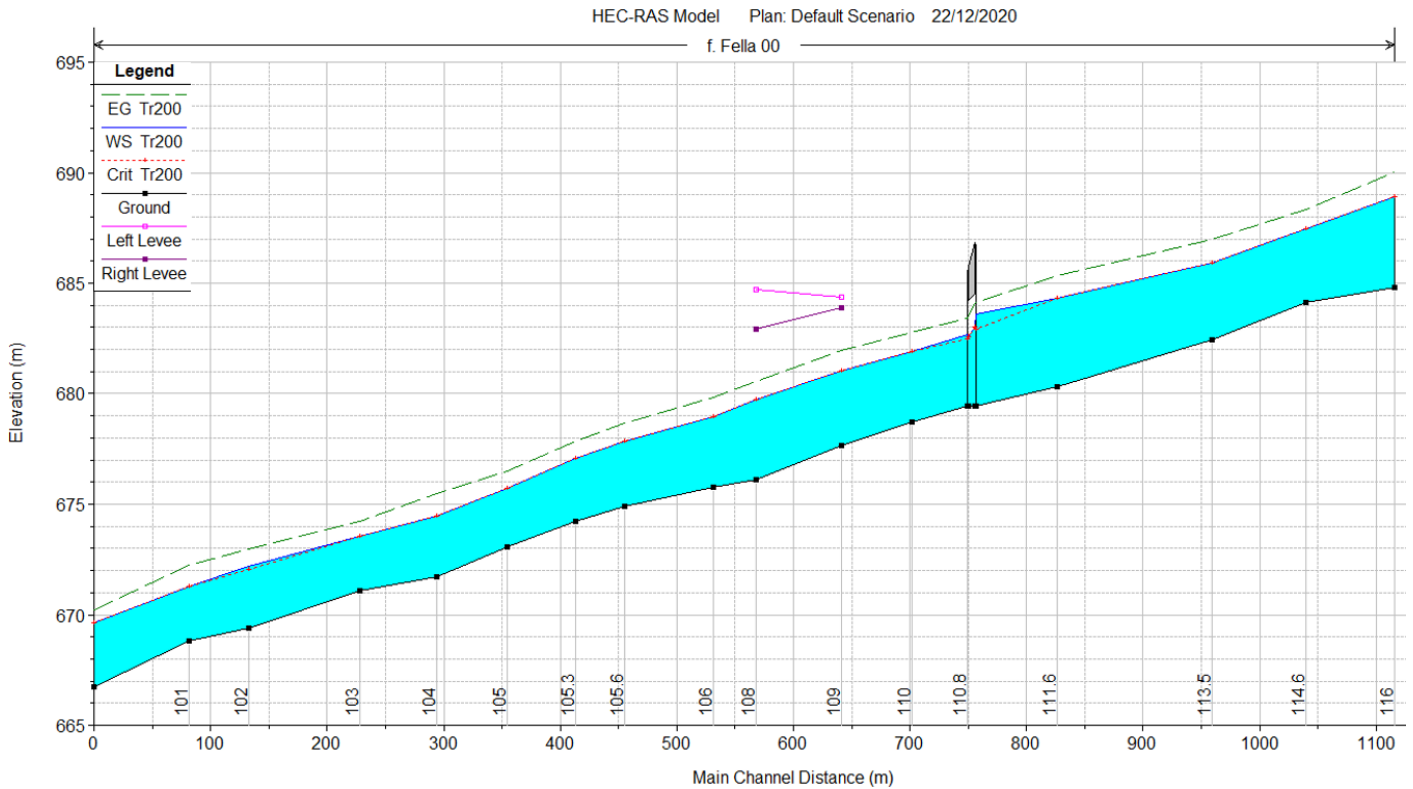
Come **condizione al contorno di monte e di valle** si è impostato un valore di 0.015 di *normal depth*, che indica la pendenza della linea dei carichi totali.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICM</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

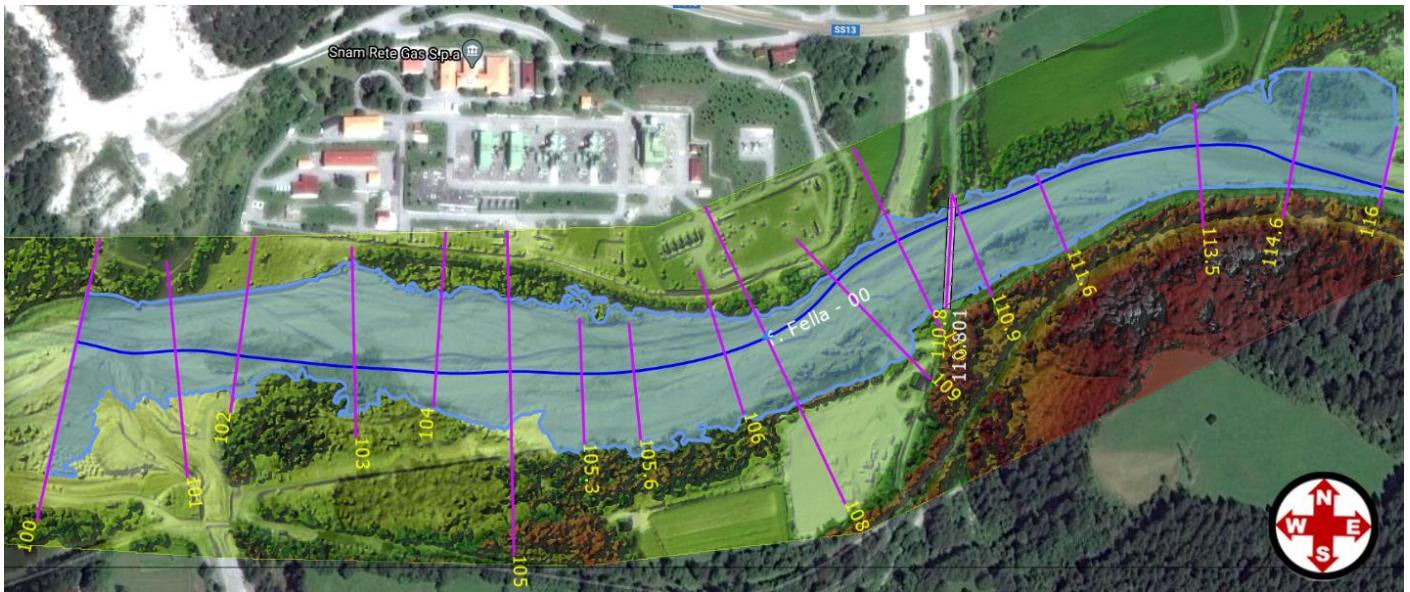
La portata liquida inserite nel software per la simulazione di moto permanente è pari a **607,4 m<sup>3</sup>/s** (portata per TR=200 anni), così come calcolata al paragrafo 8.3.

### 9.4 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

La Figura 34 e Figura 35 rappresentano rispettivamente il profilo e la planimetria di corrente in corrispondenza del massimo di piena in ogni singola sezione (condizione asincrona) per il tempo di ritorno considerato (200 anni).





**Figura 34** Profilo simulazione 1D di moto stazionario (Tr=200 anni)



**Figura 35** Planimetria simulazione 1D di moto stazionario (Tr=200 anni)



	<b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b> Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV		    
	Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>	Rev. < 01 >	

La Tabella riporta i risultati calcolati da Hec-Ras in forma numerica sezione per sezione.

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
116	Tr200	607.40	684.78	688.91	688.91	690.01	0.011391	5.40	139.76	59.51	0.91
114.6	Tr200	607.40	684.13	687.47	687.47	688.32	0.010063	4.59	166.35	91.07	0.85
113.5	Tr200	607.40	682.43	685.90	685.90	686.99	0.014155	4.79	133.49	61.59	0.97
111.6	Tr200	607.40	680.31	684.31	684.31	685.35	0.010658	5.59	146.72	63.21	0.91
110.9	Tr200	607.40	679.43	683.58	682.93	684.15	0.005277	3.97	189.37	69.32	0.64
110.801	Bridge										
110.8	Tr200	607.40	679.45	682.66	682.49	683.42	0.012542	3.84	158.10	80.29	0.87
110	Tr200	607.40	678.71	681.91	681.91	682.80	0.012883	4.94	153.51	84.46	0.93
109	Tr200	607.40	677.67	681.05	681.05	681.96	0.010327	4.84	158.69	88.45	0.87
108	Tr200	607.40	676.13	679.72	679.72	680.55	0.009634	4.45	167.52	95.43	0.83
106	Tr200	607.40	675.78	678.98	678.98	679.83	0.012020	4.37	157.95	89.20	0.90
105.6	Tr200	607.40	674.92	677.86	677.86	678.66	0.010735	4.59	166.58	95.65	0.87
105.3	Tr200	607.40	674.23	677.10	677.10	677.86	0.010989	4.54	171.27	103.00	0.87
105	Tr200	607.40	673.07	675.74	675.73	676.50	0.014337	4.36	162.88	100.62	0.95
104	Tr200	607.40	671.72	674.48	674.48	675.50	0.018107	5.44	143.81	95.07	1.10
103	Tr200	607.40	671.08	673.55	673.55	674.25	0.013366	4.51	173.76	123.14	0.94
102	Tr200	607.40	669.41	672.19	672.04	672.96	0.012090	4.30	159.92	83.75	0.89
101	Tr200	607.40	668.83	671.26	671.26	672.24	0.015826	4.58	142.10	76.84	1.01
100	Tr200	607.40	666.75	669.64	669.64	670.23	0.012147	4.21	194.43	149.50	0.89

La centrale elettrica in progetto sorgerà sul piano in cima al rilevato presente in sponda sinistra in corrispondenza della sezione 108 a una quota compresa tra 683,5 e 684,5 m slm.

Le simulazioni di moto stazionario effettuata per tempo di ritorno di 200 anni evidenzia che:

- nel tratto analizzato l'alveo è in grado di smaltire le piene simulate in tutte le sezioni; la piena rimane infatti sempre all'interno della valle incisa dal corso d'acqua (Figura 35);
- le velocità in alveo sono comprese tra 4 e 6 m/s;
- la corrente simulata mostra altezza critica per tutto il tratto simulato con la sola eccezione del ponte di via Cucco, dove il regime è di corrente lenta per un breve tratto;
- i tiranti idrici in alveo in corrispondenza dell'area di progetto (sezione 108, sponda sinistra) arrivano al massimo a 3.6 m da fondo alveo;
- i profili idrici simulati in prossimità dell'area di progetto hanno un ampio franco idraulico di sicurezza: il livello idrico delle piene raggiunge quota di 679,7 m slm, l'area di progetto ha una quota media di 684 m slm (Figura 38).

Di seguito si riportano le sezioni idrauliche in corrispondenza dell'area di progetto (Figura 36) e del ponte stradale subito a monte (Figura 37).

Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

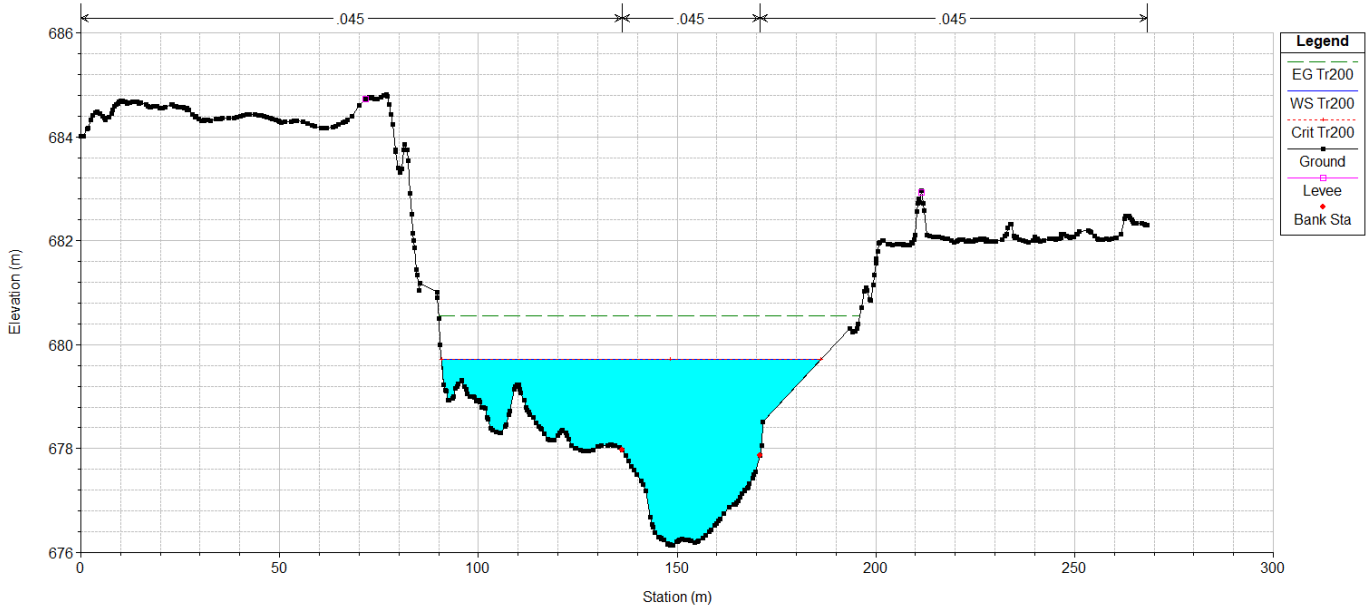
Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

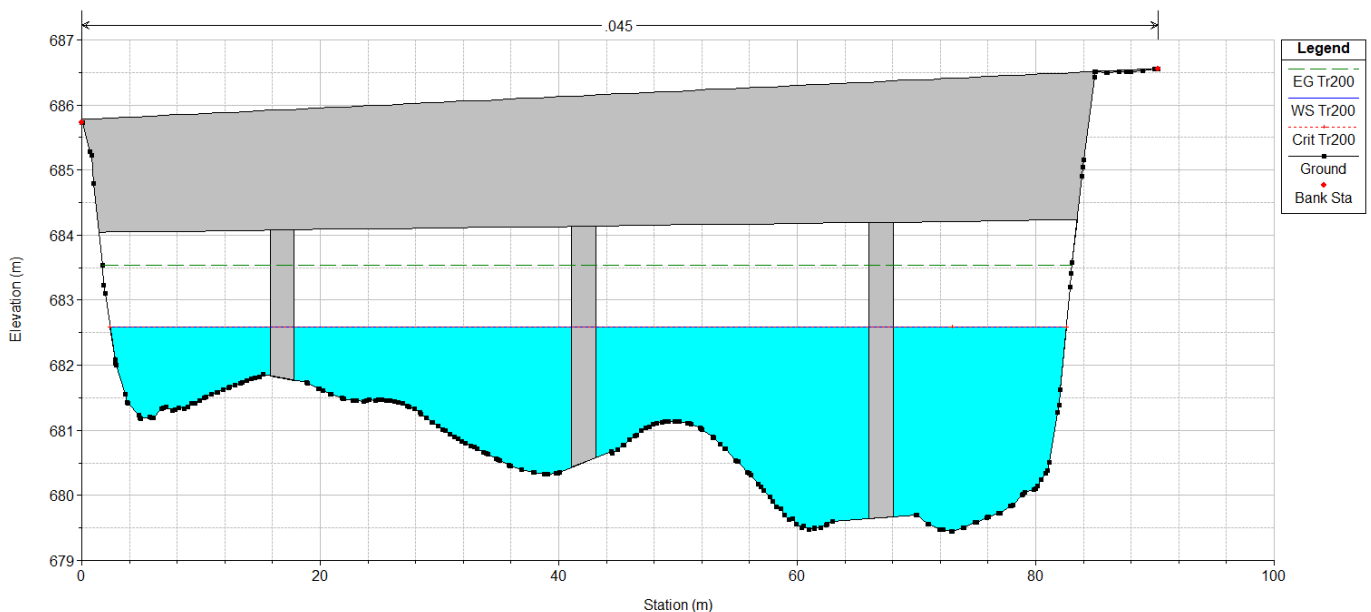
Rev. < 01 >

HEC-RAS Model Plan: Default Scenario 22/12/2020



**Figura 36** Sezione 108

HEC-RAS Model Plan: Default Scenario 22/12/2020



**Figura 37** Sezione 1010.8



Codifica Elaborato Terna:

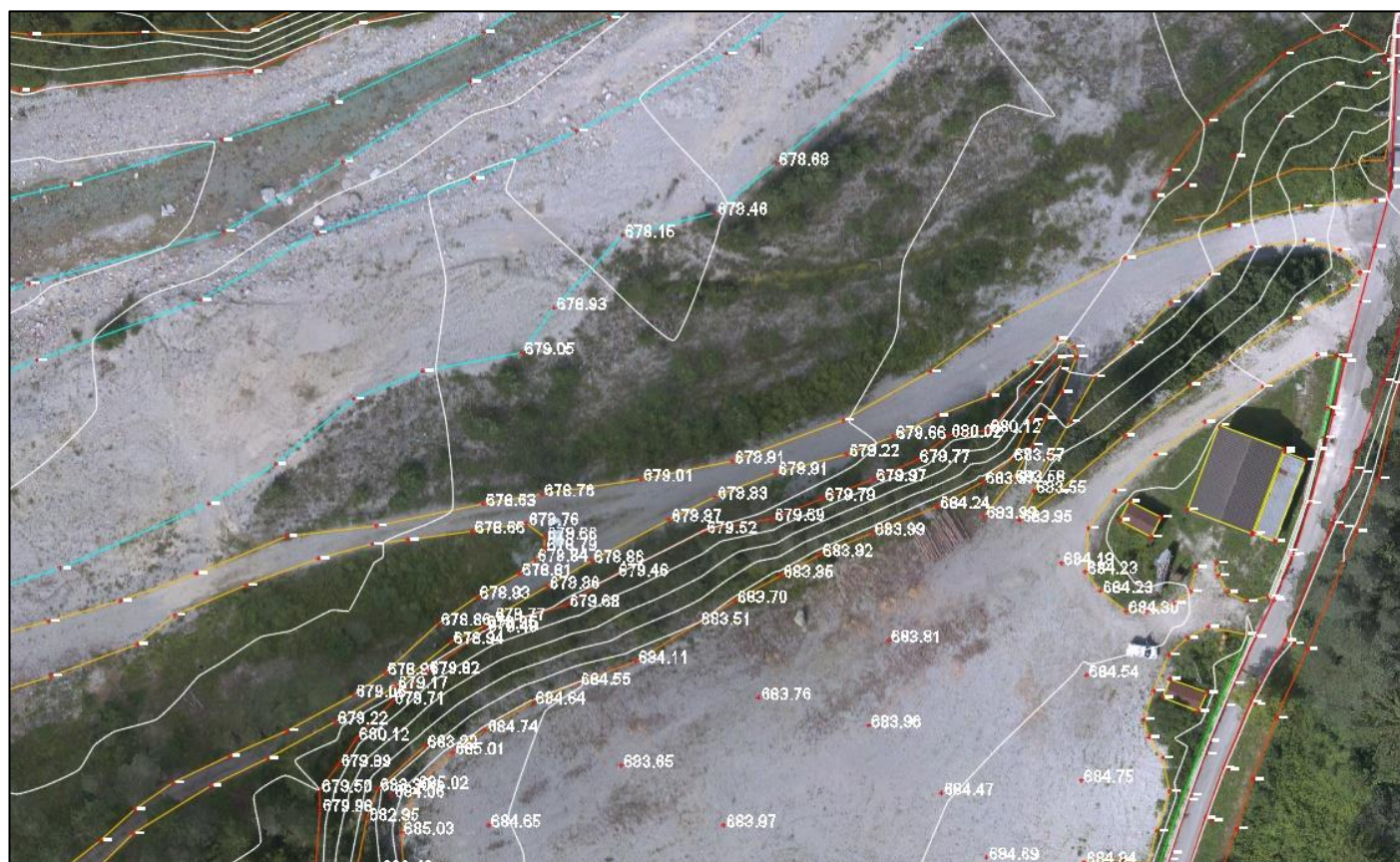
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 38** estratto rilievo con quote a terra rilevate nell'area di progetto

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 10 MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE

Come richiesto dall’Autorità di bacino, è stato realizzato un modello idraulico a fondo mobile di un tratto del fiume Fella di circa 2.2 km, centrato nell’area delle opere in progetto.

Il modello a fondo mobile permette valutazioni non solo idrauliche ma anche idromorfologiche. Tali informazioni aggiuntive risultano utili per la progettazione delle opere di protezione della centrale elettrica e per il posizionamento della condotta che attraverserà il fiume in sub-alveo.

### 10.1 CODICE DI CALCOLO

Per la verifica degli interventi previsti è stato utilizzato il codice di calcolo SRH-2D (version 3) sviluppato da U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Denver Colorado (USA), codice che si può scaricare gratuitamente da: <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/computer%20software/models/srh2d/index.html>

SRH-2D è un modello bidimensionale che risolve le equazioni del moto e del trasporto dei sedimenti in ambiti fluviali.

Le principali caratteristiche di SRH-2D sono:

- le equazioni idrodinamiche sono risolte in campo bidimensionale con la tecnica dei volumi finiti;
- possono essere simulate condizioni di moto stazionario o moto permanente;
- l’integrazione nel tempo è realizzata con uno schema implicito per ottenere una soluzione efficiente ed accurata;
- la discretizzazione del dominio di calcolo viene effettuata con griglie non strutturate che possono includere sia elementi triangolari che quadrangolari;
- condizioni di corrente lenta, corrente rapida o di transizione possono essere simulate simultaneamente all’interno dello stesso dominio di calcolo;
- il calcolo si basa su un algoritmo di allagamento (asciugamento) accurato;
- è possibile considerare nella simulazione diversi diametri della curva granulometrica;
- ogni classe di sedimenti considerata è simulata con le equazioni alle derivate parziali del trasporto (equazioni di trasporto diffusione), permettendo di considerare il trasporto in condizioni di non equilibrio;
- il fondo può essere schematizzato con vari strati, ognuno dei quali con la sua curva granulometrica, è quindi possibile simulare gli effetti del corazzamento;
- è consentita la scelta tra numerose formule di trasporto presenti in letteratura;
- il modello considera gli effetti delle correnti secondarie presenti nelle curve e della gravità;
- possono essere simulati sia sedimenti non coesivi che coesivi.

Il codice è stato largamente testato ed utilizzato ed esistono diversi articoli nella letteratura scientifica dove sono presentati i risultati di casi test ed applicazioni a situazioni reali.

#### 10.1.1 Formule di trasporto

Le formule implementate in SRH-2D che meglio si applicano alla granulometria rilevata e che sono state utilizzate per le simulazioni condotte sono:

- Meyer-Peter and Muller (1948) modificata da Wong and Parker (2006),
- Parker (1990),
- Wilcox and Crowe (2003),
- Wu (2004),

di seguito brevemente descritte.


##### 10.1.1.1 Meyer-Peter and Muller (MPM)

La formulazione originaria di Meyer-Peter and Muller è:

$$\frac{q_b}{\sqrt{g(s-1)d^3}} = 8 \left( \frac{(k_s/k_r)^{3/2} \gamma R_H i}{(\gamma_s - \gamma)d} - 0.047 \right)^{3/2}$$

dove:

- $q_b$  volume di trasporto per unità di larghezza
- $\gamma$  e  $\gamma_s$  peso specifico dell’acqua e dei sedimenti
- $s$  densità relativa

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

- $i$  pendenza della linea dell'energia
- $R_H$  raggio idraulico
- $k_s$  coefficiente di scabrezza di Strickler
- $k_r = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$  coefficiente di scabrezza di Muller

Wong e Parker rianalizzando i dati utilizzati da Meyer-Peter e Muller scoprono che la correzione della pendenza della linea dell'energia ( $k_s/k_r$ ) non è necessaria. La formulazione modificata da loro suggerita è:

$$\frac{q_b}{\sqrt{g(s-1)d^3}} = 3.97 \left( \frac{R_H i}{(s-1)d} - 0.0495 \right)^{3/2}$$

ed è la formula implementata in SRH-2D.

### 10.1.1.2 Parker (1990)

Parker ha sviluppato una funzione empirica del trasporto di materiale ghiaioso basato sul concetto di egual mobilità e su dati di campo; la funzione è:

$$\frac{q_{bi} g(s-1)}{p_i (\tau_g / \rho)^{1.5}} = 11.93 f(\phi_i)$$

dove:

- $q_b$  volume di trasporto per unità di larghezza
- $g$  accelerazione di gravità
- $s$  densità specifica ( $\rho_s/\rho$ )
- $\tau_g$  sforzo tangenziale sul grano
- $\phi_i = \theta_i / (\xi_i \theta_c)$  sforzo tangenziale relativo
- $\theta_c$  parametro di Shield pari a 0.0386 come indicato da Parker
- $\theta_i = \tau_g / (\gamma(s-1)d_i)$  parametro di Shield per la classe  $i$ -esima
- $d_i$  diametro della classe  $i$ -esima
- $\xi_i = (d_i/d_{50})^{-\alpha}$  fattore di esposizione, che modifica lo sforzo tangenziale in base al diametro del grano
- $\alpha = 0.905$  come indicato da Parker

Lo sforzo di taglio sul grano  $\tau_g$  è calcolato in base alla velocità e al diametro rappresentativo del grano:

$$\frac{U}{\sqrt{\tau_g / \rho}} = 2.5 \ln \left( \frac{12.27 R'}{k_s} \right)$$

con:

- $U$  velocità
- $R'$  raggio idraulico definito da  $\tau_g = \gamma R' S_f$
- $k_s = 2 d_{90}$  come indicato da Parker

La funzione  $f(\phi_i)$  definita sulla base dei dati di campo è:

$$f(\phi_i) = \begin{cases} (1 - 0.853/\phi)^{4.5} & \text{per } \phi > 1.59 \\ 0.000183 \exp[14.2(\phi - 1) - 9.28(\phi - 1)^2] & \text{per } 1 < \phi \leq 1.59 \\ 0.000183 \phi^{14.2} & \text{per } \phi \leq 1 \end{cases}$$



### 10.1.1.3 Wilcock and Crowe (2003)

La formulazione adottata da Wilcock and Crowe è simile a quella di Parker:

$$\frac{q_{bi} g(s-1)}{p_i (\tau_g / \rho)^{1.5}} = 14 f(\phi_i)$$

in cui i parametri sono gli stessi di quelli della formula di Parker. Il parametro  $k_s$  è calcolato come  $2d_{65}$  e la funzione  $f$  è definita come:



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

$$f(\phi) = \begin{cases} (1 - 0.894/\sqrt{\phi})^{4.5} & \text{per } \phi \geq 1.35 \\ 0.000143 \phi^{7.5} & \text{per } \phi < 1.35 \end{cases}$$

dove:

$$\phi_i = \theta_i / (\xi_i \theta_c)$$

$$\theta_c = 0.021 + 0.015 [1 - \exp(10.1\sigma_{sg} - 14.14)]^{-1}$$

$$\sigma_{sg} = \sum_{i=1}^N p_i \left[ \frac{\ln(d_i/d_m)}{\ln(2)} \right]^2$$

La funzione di "nascondimento" è definita come:

$$\xi = (d_i/d_m)^{-\alpha}$$

con  $d_m$  media geometrica del diametro dei grani e  $\alpha$  calcolato come:

$$\alpha = 1 - 0.67 [1 + \exp(1.5 - d_i/d_m)]^{-1}$$

#### 10.1.1.4 Wu (2004)

La formulazione di Wu calcola il trasporto solido totale come somma del trasporto di fondo e del trasporto in sospensione:

$$q_t = q_b + q_s$$

Il trasporto di fondo è calcolato come:

$$\frac{q_{bi}}{p_i \sqrt{g(s-1)d_i^3}} = 0.0053 \left[ \left( \frac{n'}{n} \right)^{1.5} \frac{\tau_b}{\tau_{ci}} - 1 \right]^{2.2}$$

dove:

- $n' = 0.05 d_{50}^{1/6}$
- $n$  coefficiente di scabrezza secondo la formulazione di Manning
- $\tau_{ci} = \theta_c (s-1) d_i \xi_i$  con  $\theta_c=0.03$  ma modificabile dall'utente
- $\xi_i = \left( \frac{p_{hi}}{p_{ei}} \right)^\alpha$  fattore di esposizione
- $\alpha=0.6$  parametro variabile dall'utente
- $p_{hi} = \sum_{j=1}^N \frac{p_j d_j}{(d_i+d_j)}$  probabilità di nascondimento
- $p_{ei} = \sum_{j=1}^N \frac{p_j d_i}{(d_i+d_j)}$  probabilità di esposizione

Il trasporto in sospensione è calcolato come:



$$\frac{q_{si}}{p_i \sqrt{g(s-1)d_i^3}} = 0.0000262 \left( \frac{U}{w_{fi}} \left( \frac{\tau_b}{\tau_{ci}} - 1 \right) \right)^{1.74}$$

## 10.2 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO

### 10.2.1 Definizione della mesh di calcolo

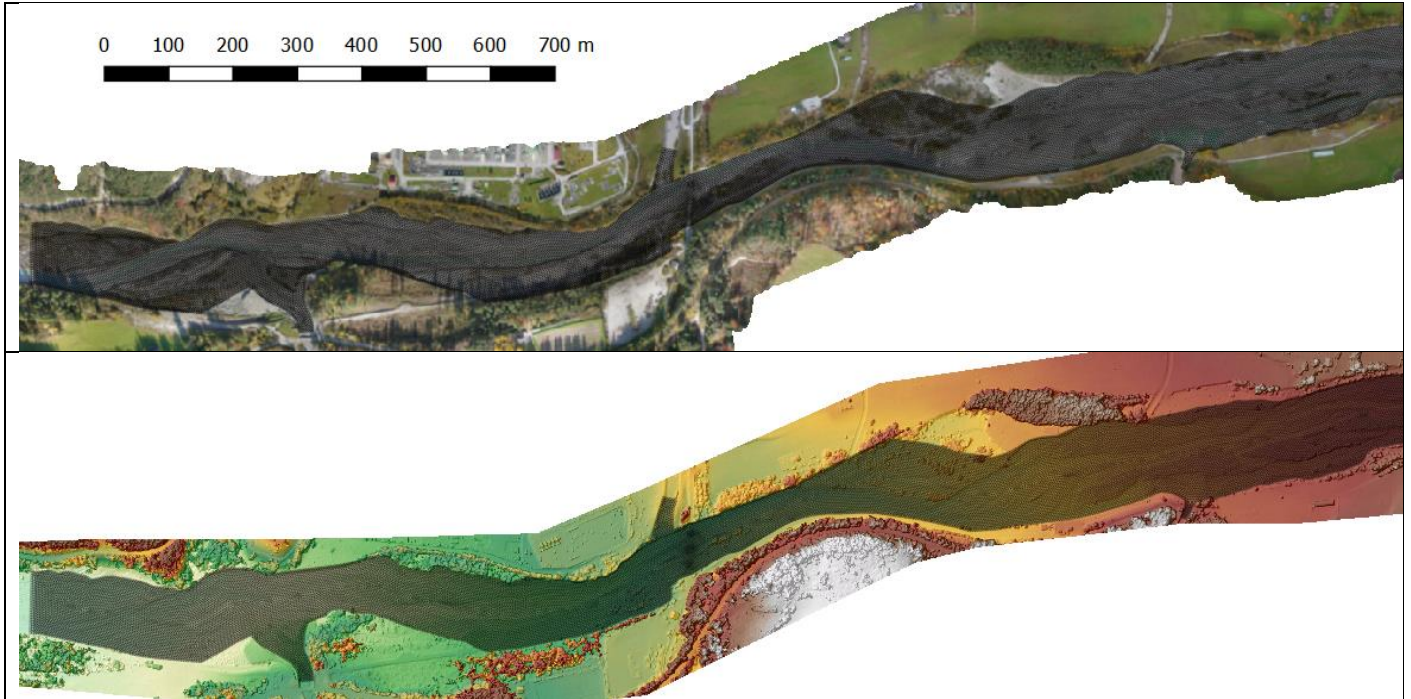
Il dominio di calcolo è stato esteso da valle confluenza del rio Malborghetto fino a circa 100 m a monte dell'attraversamento della SS13, per un'estensione complessiva di circa 2.2 km. Nello schema sono incluse le confluenze dei rii Palug, Cucco e Granuda Grande.

Il dominio è stato discretizzato con elementi triangolari con lato medio di 3.5 m; nella zona dell'attraversamento la dimensione si riduce a 1.5 m per rappresentare le pile in alveo. La mesh è costituita da 23'442 nodi e 45'377 elementi.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p align="right">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

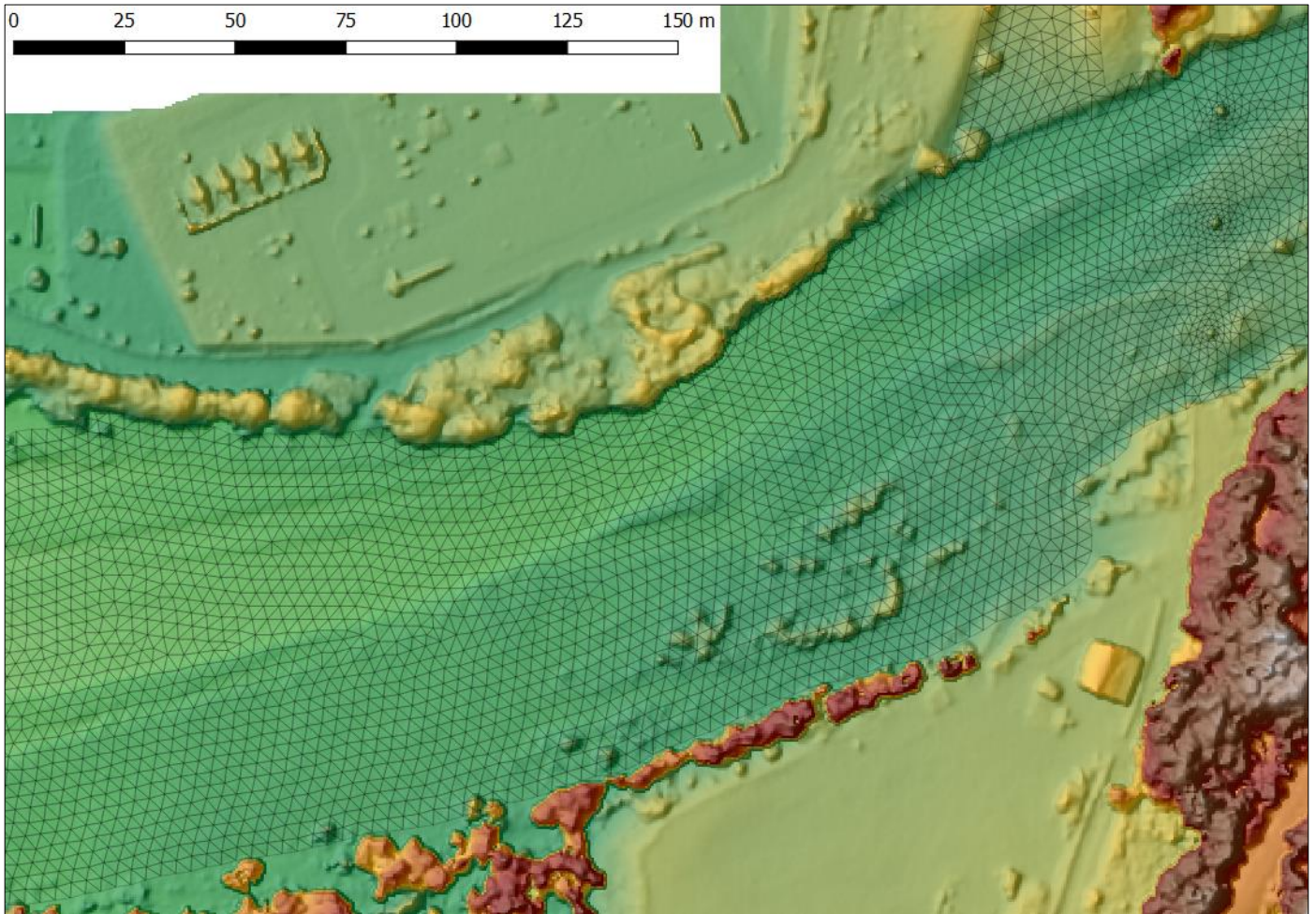
Il dominio comprende tutte le aree valutate come aree inondabili nel precedentemente modello a fondo fisso.

I nodi della mesh sono stati quotati sulla base del DTM a 50 cm ottenuto con volo Lidar appositamente eseguito.



**Figura 39** Mesh di calcolo sovrapposta all'ortofoto (sopra) e al DTM (sotto)

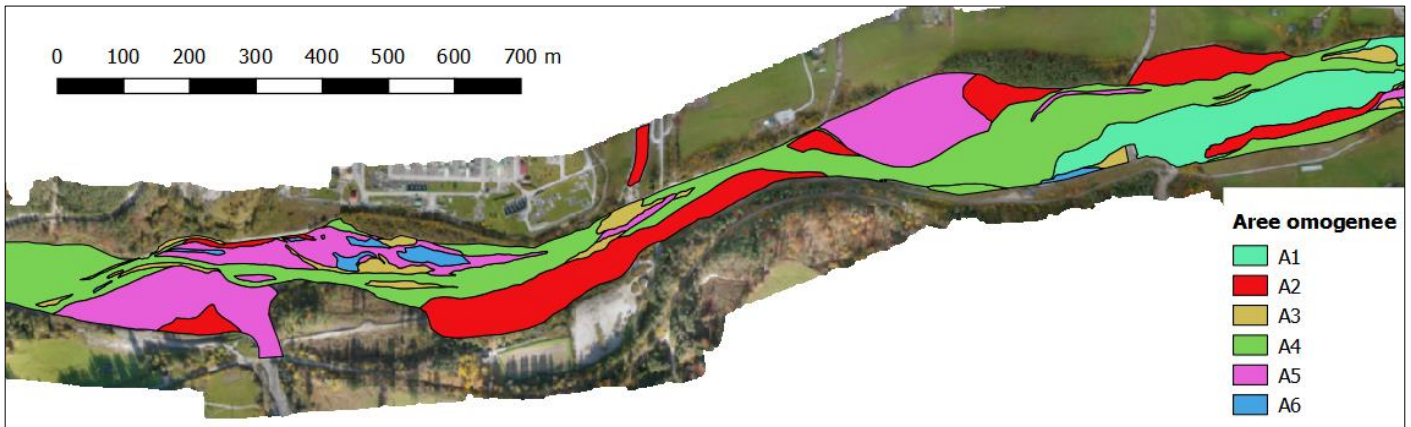




**Figura 40** Dettaglio della mesh di calcolo in corrispondenza dell'area di studio

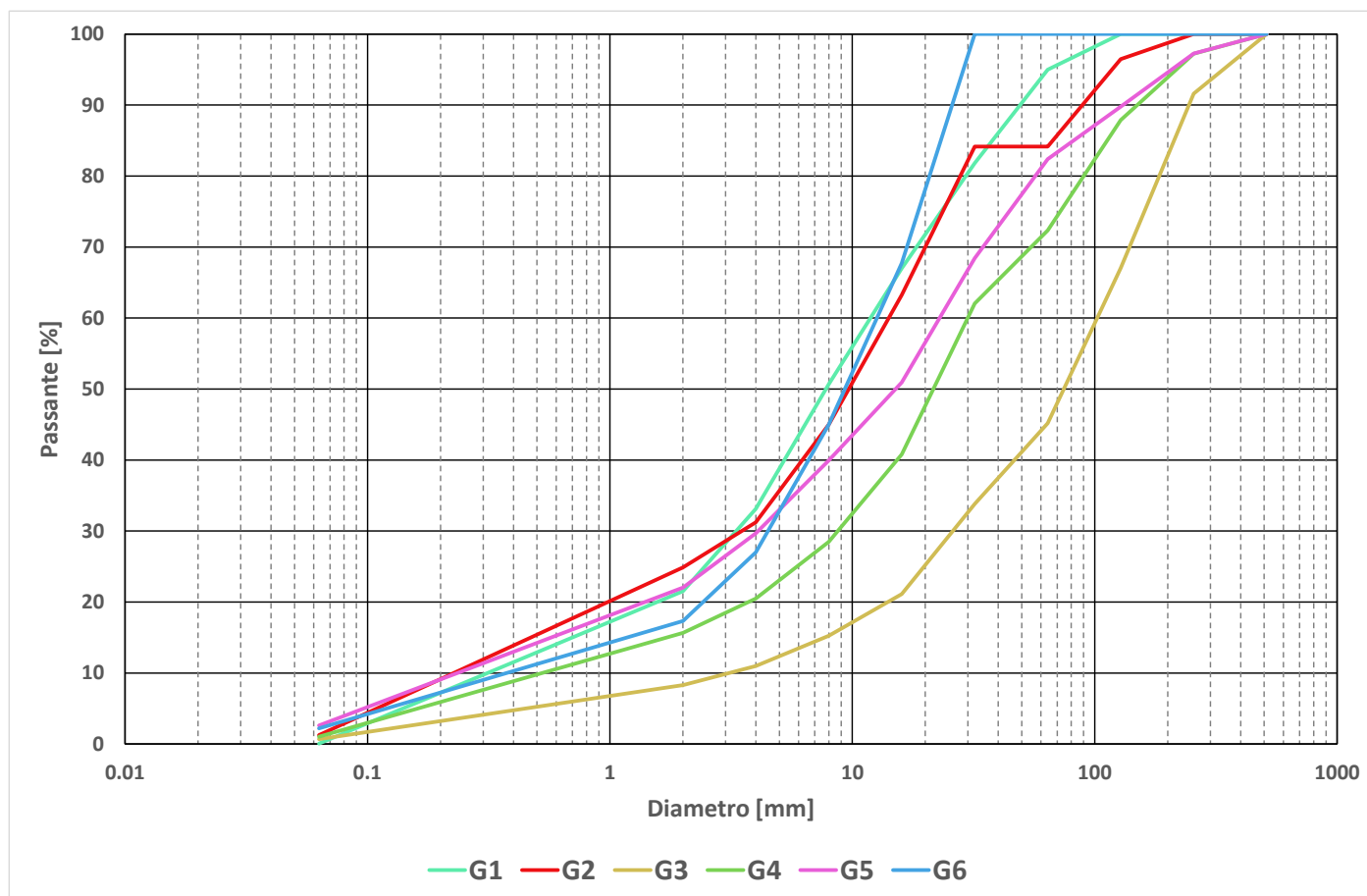
### 10.2.2 Definizione della granulometria

La definizione della granulometria del dominio di calcolo è stata basata su una serie di campionamenti che hanno permesso di caratterizzare le diverse zone in cui è possibile suddividere il tratto in esame, riportate nella figura seguente.



**Figura 41** Suddivisione del dominio di calcolo in aree omogenee





**Figura 42** Distribuzione granulometrica delle aree identificate nella Figura 41

Le aree omogenee sono suddivise come segue:


- A1: materiale fine presente nelle barre a valle della confluenza del Malborghetto, con spessore medio di circa 1.5 m, granulometria G1. Al disotto sono presenti depositi con granulometria G4;
- A2: materiale fine con ciottoli medio-fini sono presenti a lato alveo con spessori di 1-1.5 m, granulometria G2, in appoggio a depositi con granulometria G4;
- A3: materiale grossolano barre di spessore 0.5-1.0 m con granulometria G3 su depositi con granulometria G4;
- A4: materiale medio grossolano che caratterizza la maggior parte dell'area, granulometria G4;
- A5: materiale medio con spessore medio di circa 1.0 m, granulometria G5 in appoggio a depositi con granulometrie G4 e G3;
- A6: materiale fine con spessori ridotti, granulometria G6, in appoggio a depositi con granulometria G4, costituiscono il fondo di bracci non attivi a bassa pendenza.

Nella schematizzazione del modello si sono mantenute le stesse 6 aree omogenee, a cui è stata aggiunta una settima al fine di identificare le zone inerodibili caratterizzate dalle scogliere di protezione delle sponde, che sono presenti a monte del ponte in destra e sinistra idraulica, solo in destra a valle del ponte e lungo il tratto terminale del rio Cucco, dove è presente una protezione di fondo.

Per la schematizzazione delle curve granulometriche sono state utilizzate 7 classi definendo la frazione di sedimenti ricadenti in ogni classe, la tabella seguente riporta questa suddivisione per ognuna delle granulometrie.

*Tabella 1 Frazione di sedimenti [%] per ogni classe granulometrica nelle diverse aree omogenee*

Classe/Granul.	G1	G2	G3	G4	G5	G6
1-4 mm	33	31	11	20	30	27
4-8 mm	18	14	4	8	10	18
8-16 mm	16	18	6	12	11	23
16-32 mm	15	21	13	21	18	32

 <b>Terna Rete Italia</b> T E R N A G R O U P	<b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b> Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV		 <b>Idrogea</b> servizi S.r.l. Società di Ingegneria	
	Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b>		Codifica Elaborato <Fornitore>: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b>	
Rev. < 01 >		Rev. < 01 >		



Classe/Granul.	G1	G2	G3	G4	G5	G6
32-64 mm	13	0	11	10	14	0
64-128 mm	5	12	22	16	7	0
128-256 mm	0	4	33	12	10	0

Verticalmente le aree sono state suddivise in 2/3 strati con spessori e granulometrie diverse. Il codice di calcolo suggerisce di definire con 2 diversi strati la parte superficiale, anche se con la stessa granulometria, per meglio rappresentare il processo di corazzamento. Sono quindi stati identificati tre strati per ogni zona, tranne che per A4, in cui è stata considerata una granulometria omogenea con la profondità, e A6, per il modesto spessore dello strato superficiale. La tabella seguente riporta la schematizzazione adottata.

Tabella 2 Caratterizzazione verticale delle aree omogenee della Figura 41

		A1	A2	A3	A4	A5	A6
<b>Strato 1</b>	<b>Spessore [m]</b>	0.5	0.5	0.5	2.0	0.5	0.5
	<b>granulometria</b>	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<b>Strato 2</b>	<b>Spessore [m]</b>	1.0	1.0	0.5	7.0	0.5	5.0
	<b>granulometria</b>	G1	G2	G3	G4	G5	G4
<b>Strato 3</b>	<b>Spessore [m]</b>	5.0	5.0	5.0		5.0	
	<b>granulometria</b>	G4	G4	G4		G4	

## 10.3 Condizioni al contorno

### 10.3.1 Portate liquide

L'input idrologico è stato calcolato con modellazione afflussi - deflussi considerando un evento pluviometrico di durata 5 ore e tempo di ritorno 200 anni, come descritto al capitolo 8. La Figura 43 riporta il risultato per il torrente Fella, a valle della confluenza con il rio Malborghetto, e dei tre rii che confluiscono nel tratto schematizzato (Figura 44).

Gli idrogrammi rappresentati sono stati utilizzati come input del modello. La condizione al contorno di valle è stata definita costruendo una scala di deflusso considerando una pendenza della linea dell'energia dell'1.5%.

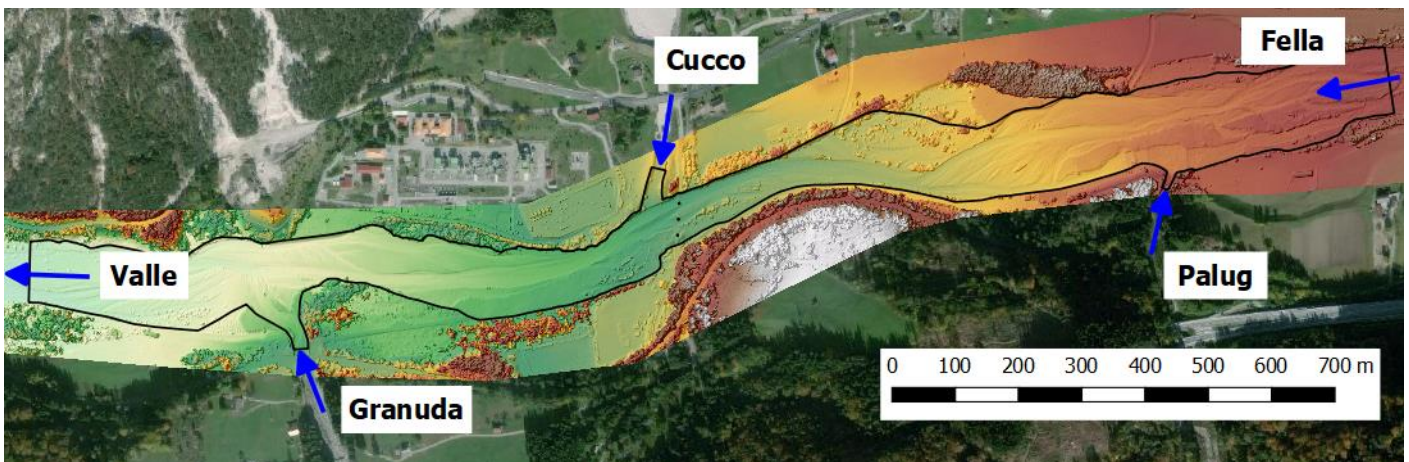


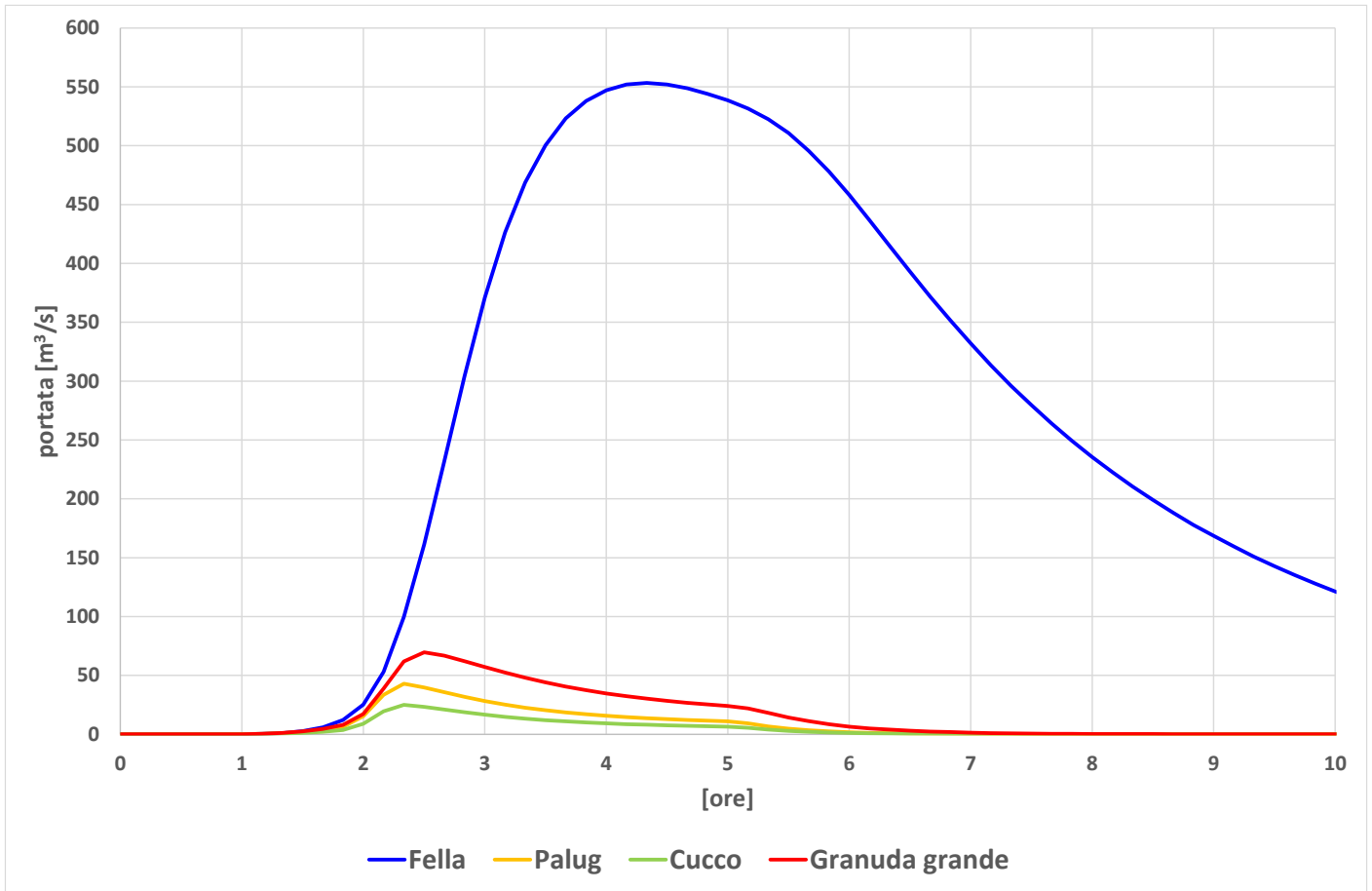


Figura 43 Punti di definizione delle condizioni al contorno

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	



**Figura 44** Idrogrammi con tempo di ritorno 200 anni utilizzati come input per il modello

### 10.3.2 Portate solide

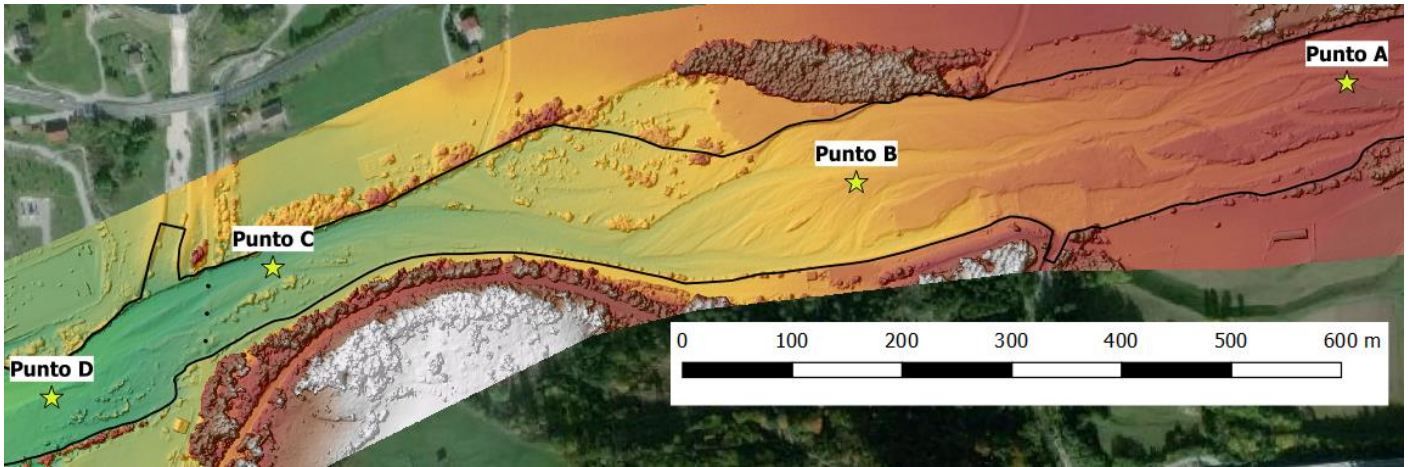
Per la definizione delle portate solide, a meno di non avere delle misure specifiche, si utilizza usualmente l'input definito dal modello stesso sulla base delle portate liquide. L'assunzione è che nelle sezioni di input il trasporto sia in equilibrio e pertanto i sedimenti trasportati siano esattamente quelli calcolati con la formula di trasporto utilizzata. Anche nel caso in esame è stata adottata quest'ipotesi, tranne che per il rio Cucco, in cui l'input di sedimenti è stato definito cautelativamente pari a zero, vista la presenza della vasca di deposito a soli 300 m a monte della confluenza. La condizione di valle assume che tutti i sedimenti in arrivo, escano dal dominio di calcolo.

Per evitare che le incertezze sulla condizione di monte influenzino il risultato nella zona di studio, l'input del Fella, la cui portata è di gran lunga prevalente rispetto a quella degli altri rii (cfr. Figura 44), è stata posta circa 1 km a monte dell'area di interesse.

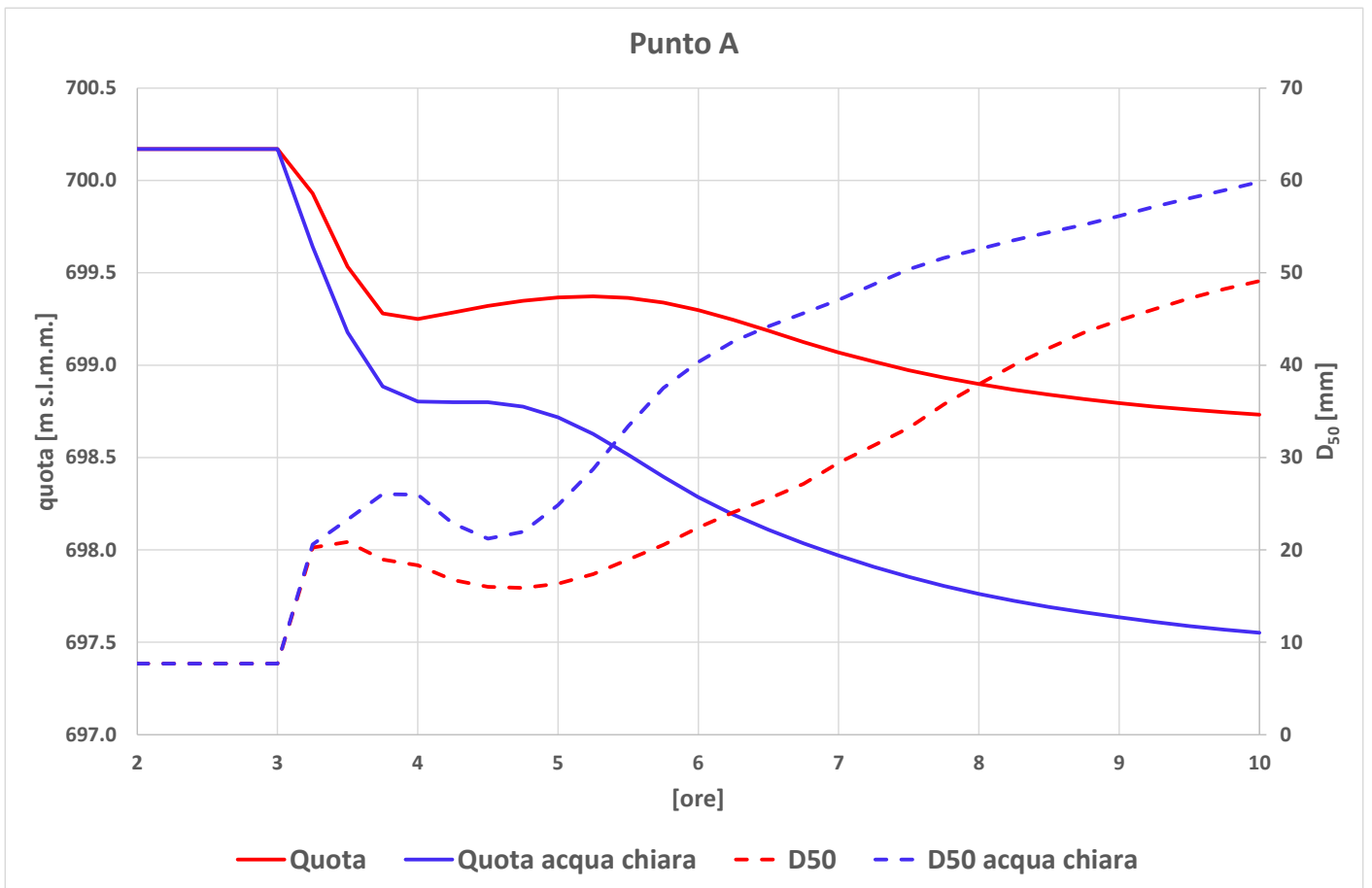
Per verificare l'influenza di tale condizione al contorno si sono confrontati i risultati di due simulazioni: la prima, in cui si ipotizza un flusso di sedimenti determinato dalla formula di trasporto; la seconda, in cui si considera un flusso di sedimenti pari a zero (acqua chiara). Le simulazioni a supporto della verifica sono state effettuate utilizzando la formula di Wu (cfr. paragrafo 10.1.1.4).

I risultati delle simulazioni sono stati verificati in 4 punti (Figura 45) in termini di evoluzione della quota di fondo e del diametro medio ( $D_{50}$ ). I risultati, riportati nelle figure seguenti, evidenziano come la condizione al contorno di monte abbia un'influenza solo nel primo tratto del dominio di calcolo. Nei punti C e D, nell'area di interesse, le differenze sono dell'ordine dei cm, inferiore alla precisione dei risultati.





**Figura 45** Individuazione dei punti di controllo per la verifica dell'influenza della condizione al contorno di monte



**Figura 46** Evoluzione fondo e granulometria nel punto A

Codifica Elaborato Terna:

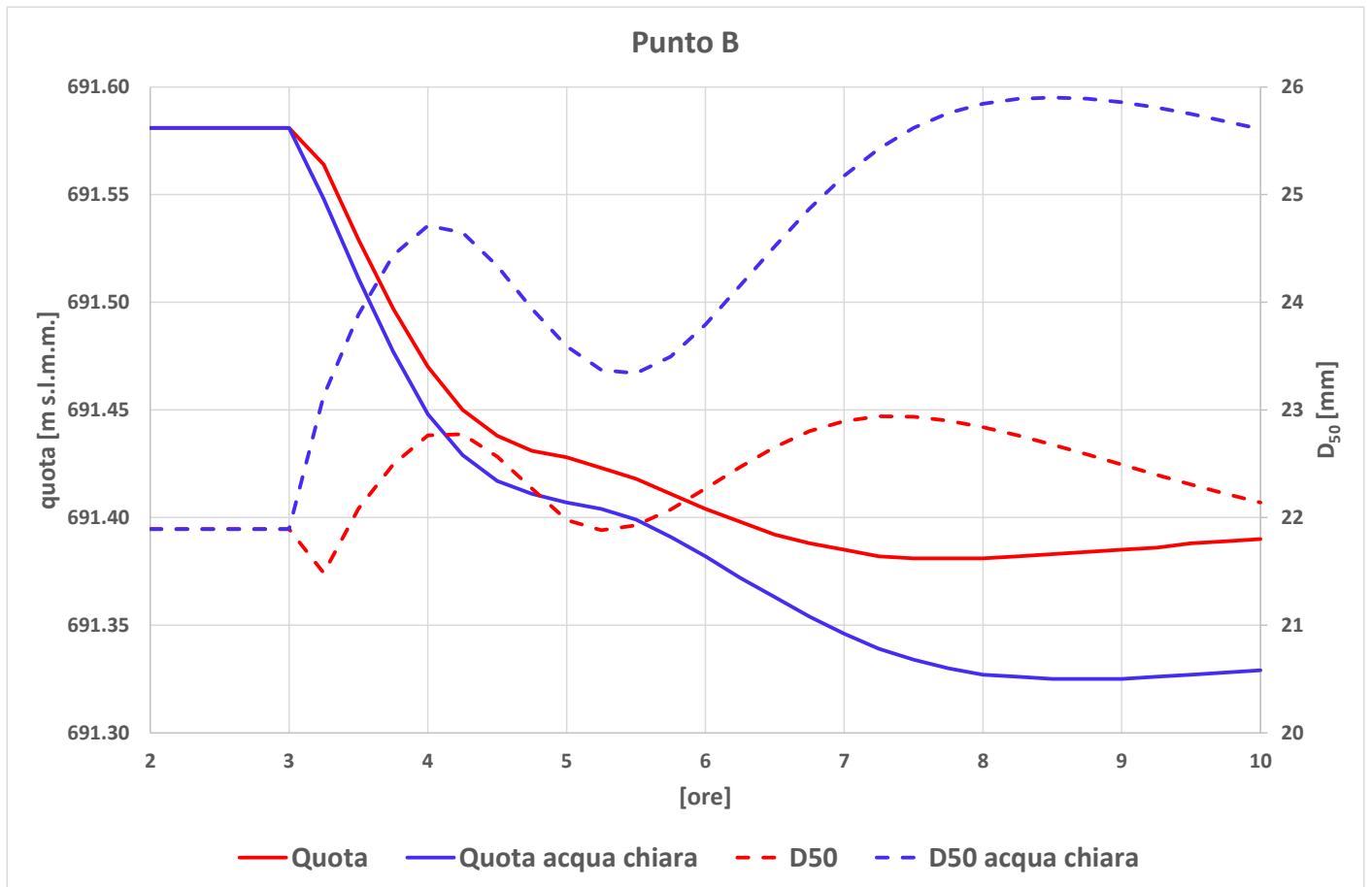
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 47** Evoluzione fondo e granulometria nel punto B

Codifica Elaborato Terna:

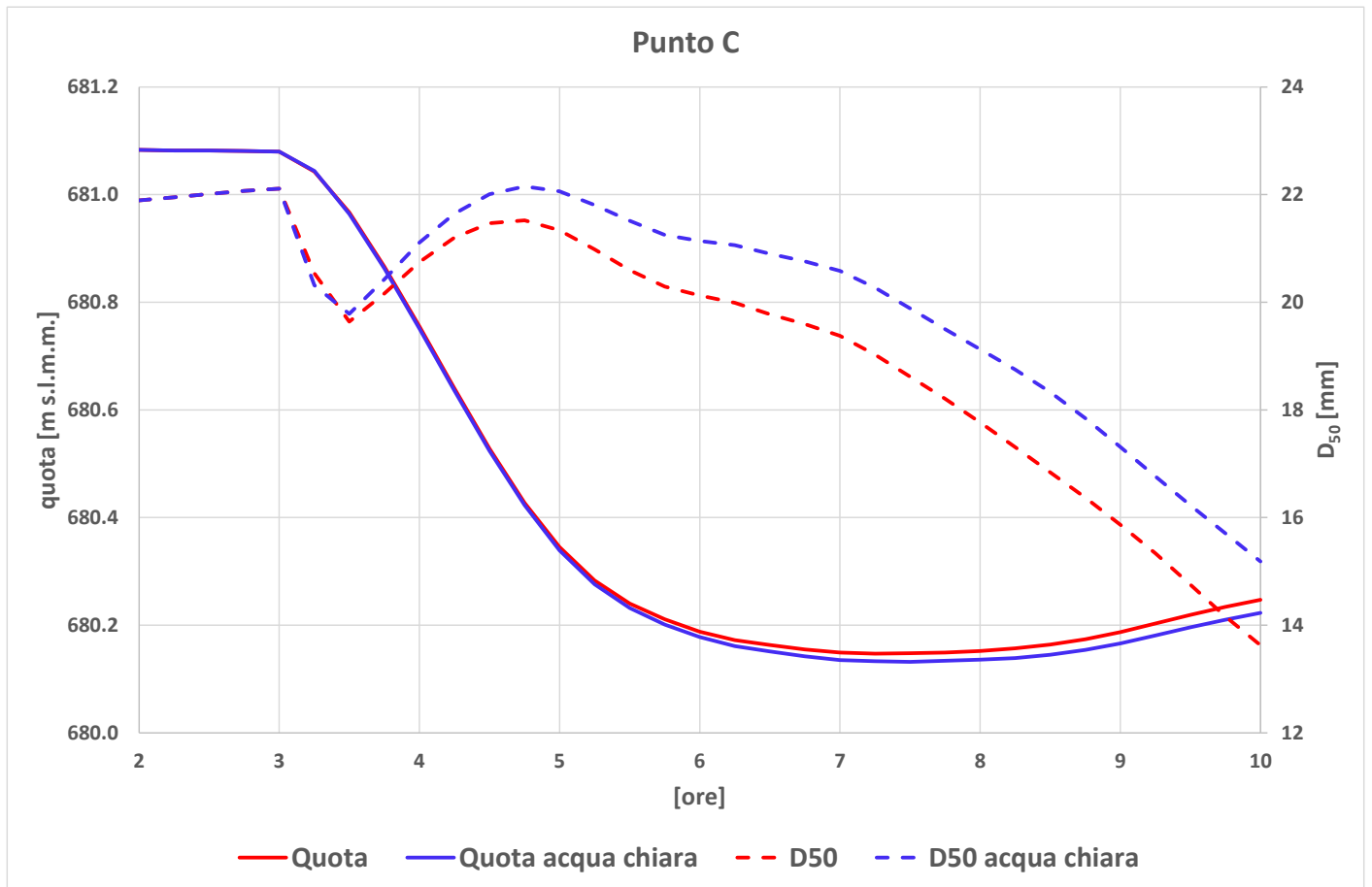
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:



20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

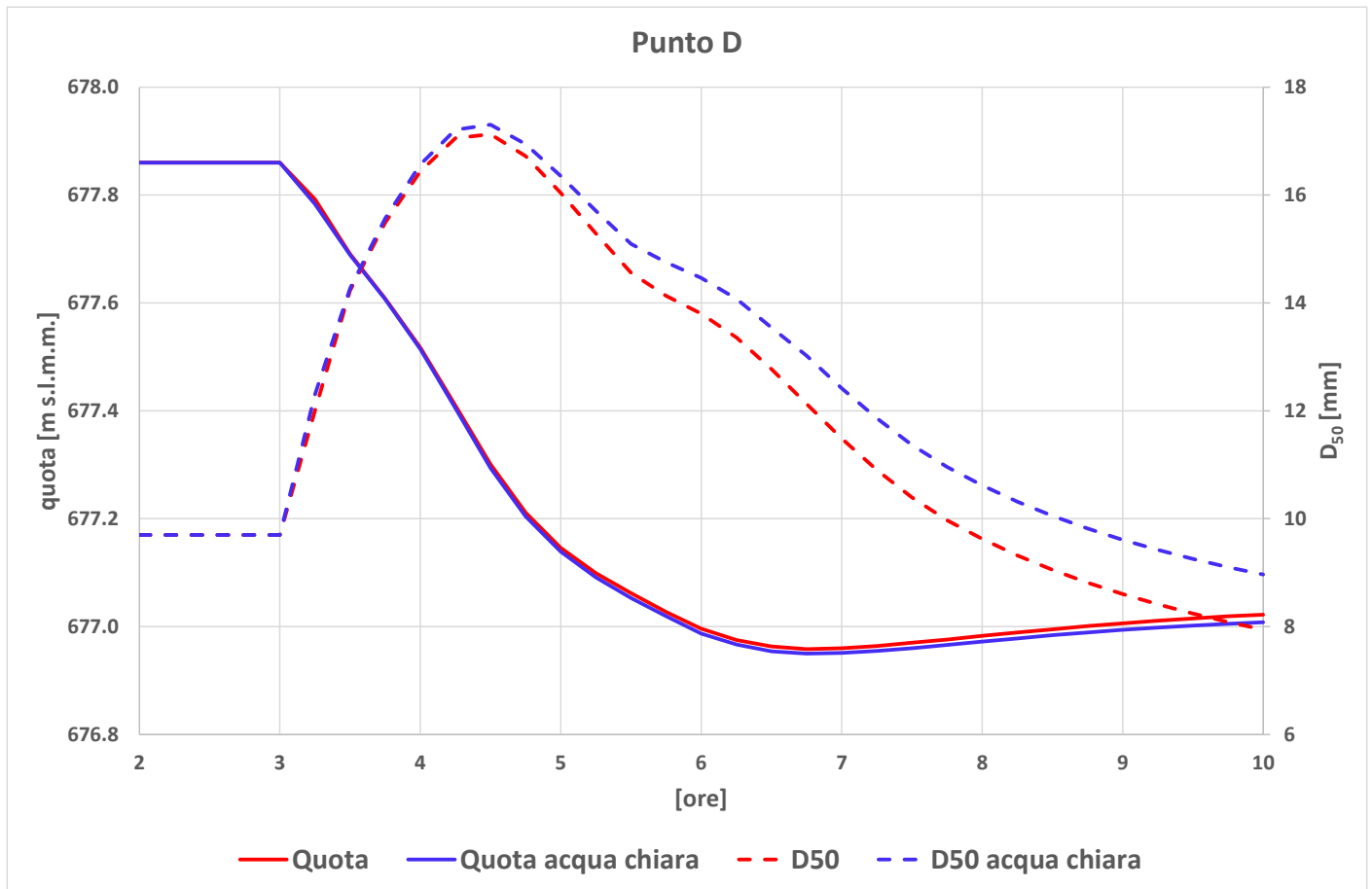
Rev. < 01 >



**Figura 48** Evoluzione fondo e granulometria nel punto C



 <p>TERNA GROUP</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 49** Evoluzione fondo e granulometria nel punto D

### 10.3.3 Scabrezza

La scabrezza del fondo è stata assunta costante in tutto il dominio di calcolo e pari a  $0.045 \text{ m}^{-1/3}$  s secondo la notazione di Manning.

## 10.4 Analisi dei risultati

### 10.4.1 Idrodinamica

La Figura 50 riporta il campo dei tiranti e delle velocità nell'intero dominio di calcolo al passaggio del colmo, la Figura 51 è uno zoom nell'area di studio. L'idrodinamica riportata nelle figure fa riferimento al modello a fondo mobile che utilizza la formulazione di Wu per il calcolo del trasporto.

Si nota come il flusso principale, "guidato" dalla morfologia dell'alveo, passi dalla sponda sinistra alla sponda destra circa 100 m a monte del ponte, rimanendo nei pressi della sponda destra fino a circa 100 m a valle della confluenza del rio Cucco, proprio in corrispondenza dell'area oggetto di studio.

I tiranti raggiungono i 3 m di profondità con velocità dell'ordine dei 6 m/s. Tali valori sono molto simili a quelli simulati dal modello a fondo fisso descritto al capitolo 9.

Codifica Elaborato Terna:

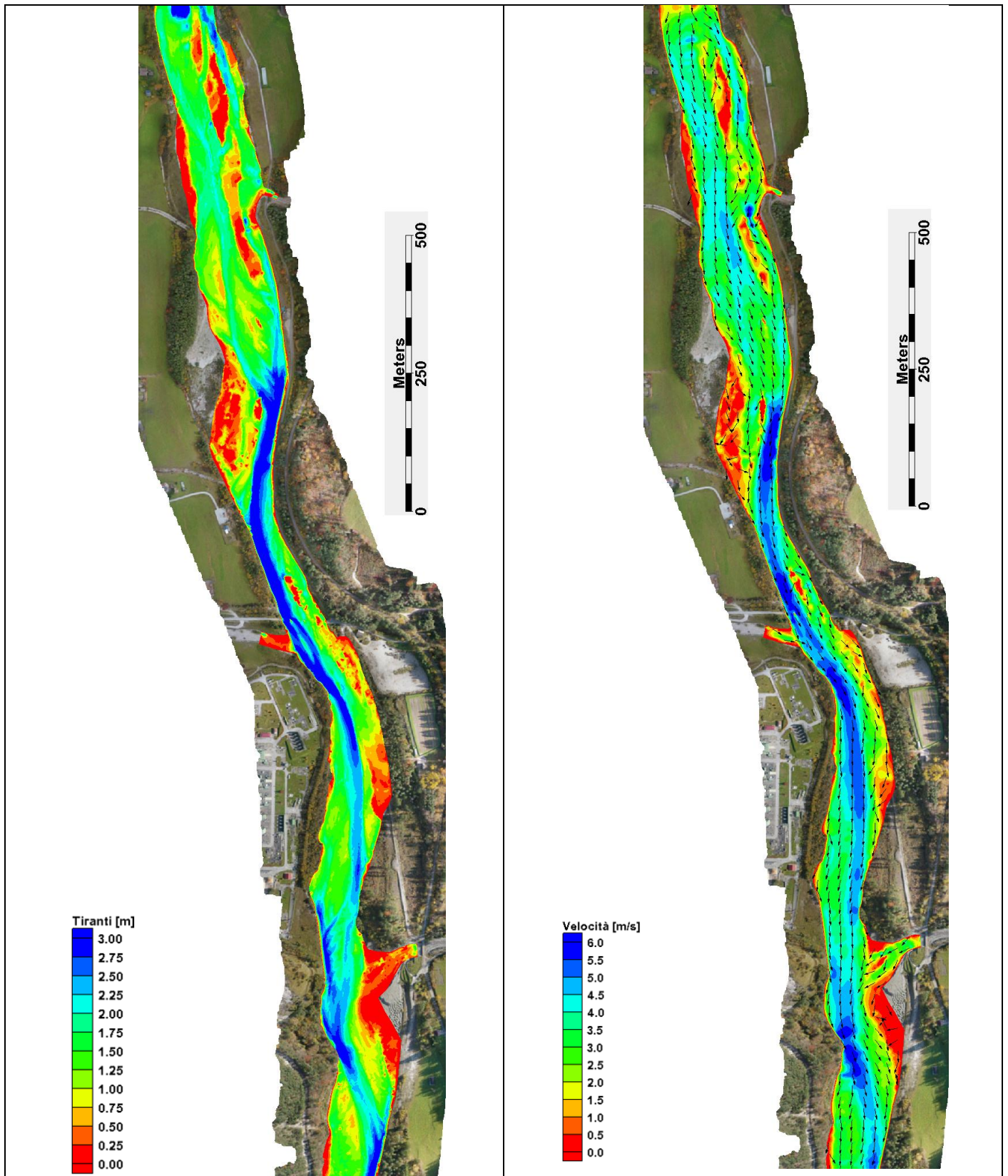
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 50** Tiranti (Sx) e velocità (Dx) nell'intero dominio di calcolo al passaggio del colmo



Codifica Elaborato Terna:

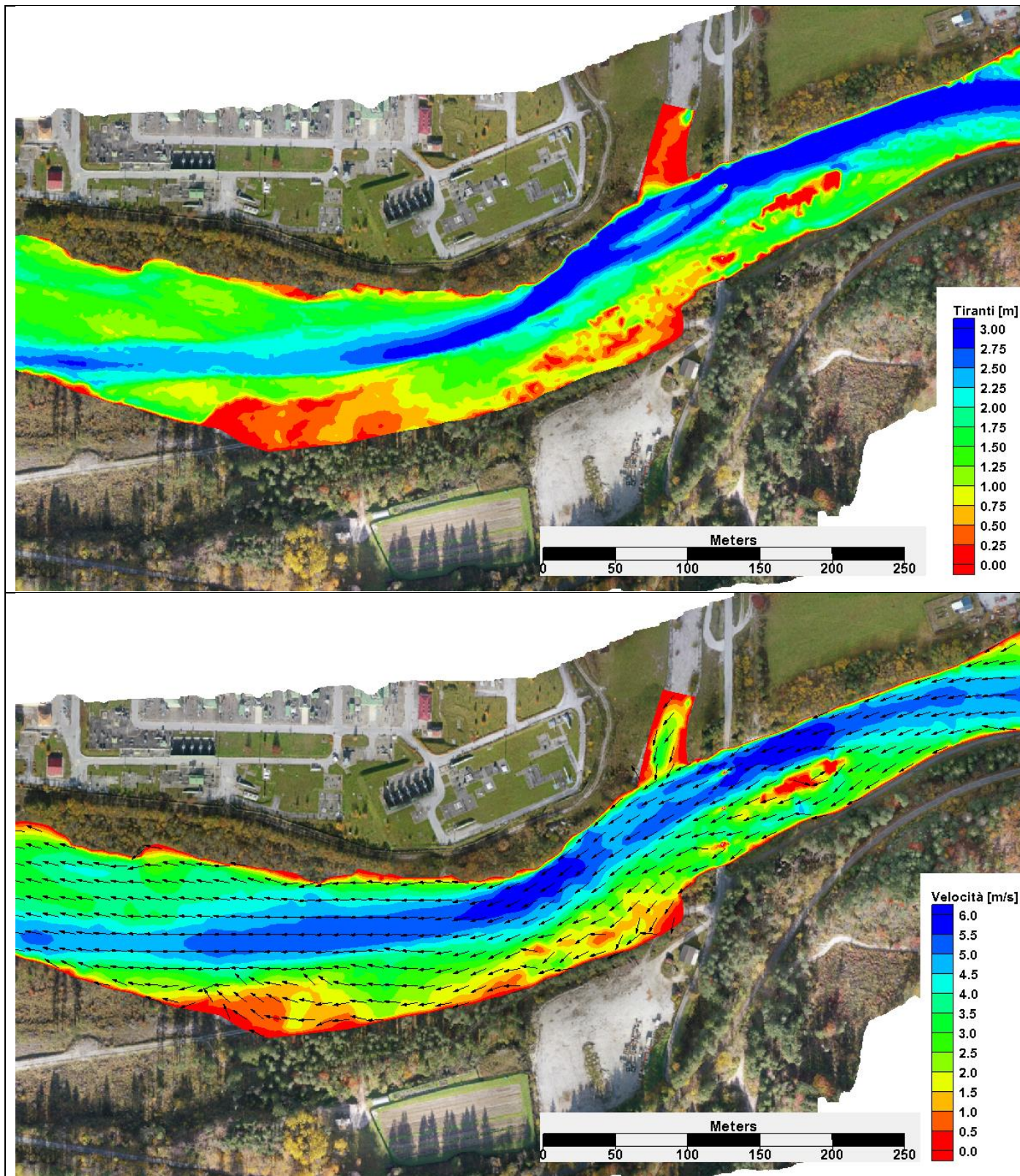
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:


20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 51** Tiranti (sopra) e velocità (sotto) al passaggio del colmo



	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

### 10.4.2 Analisi di sensitività

Le formule di trasporto cercano di interpretare un fenomeno molto complesso, per cui un modello a fondo mobile necessita di una calibrazione per poter assumere come attendibili i risultati ottenibili. Difficilmente però si hanno a disposizione dati su cui poter calibrare un modello; in mancanza di questi è utile effettuare un'analisi di sensitività per valutare l'intervallo di confidenza dei risultati ottenibili.

Ogni formula di trasporto ha diversi parametri di calibrazione; nella presente analisi si è preferito utilizzare 4 diverse formule di trasporto (cfr. paragrafo 10.1.1) adottando i parametri suggeriti dagli autori, confrontando i risultati delle diverse formulazioni.

Parametri presenti in tutte le formulazioni sono: lo spessore dello strato attivo, in cui è risolta l'equazione di continuità dei sedimenti rispetto alla capacità di trasporto della corrente; la lunghezza di adattamento, che definisce in che tratto la corrente sia in grado di raggiungere la sua capacità di trasporto.

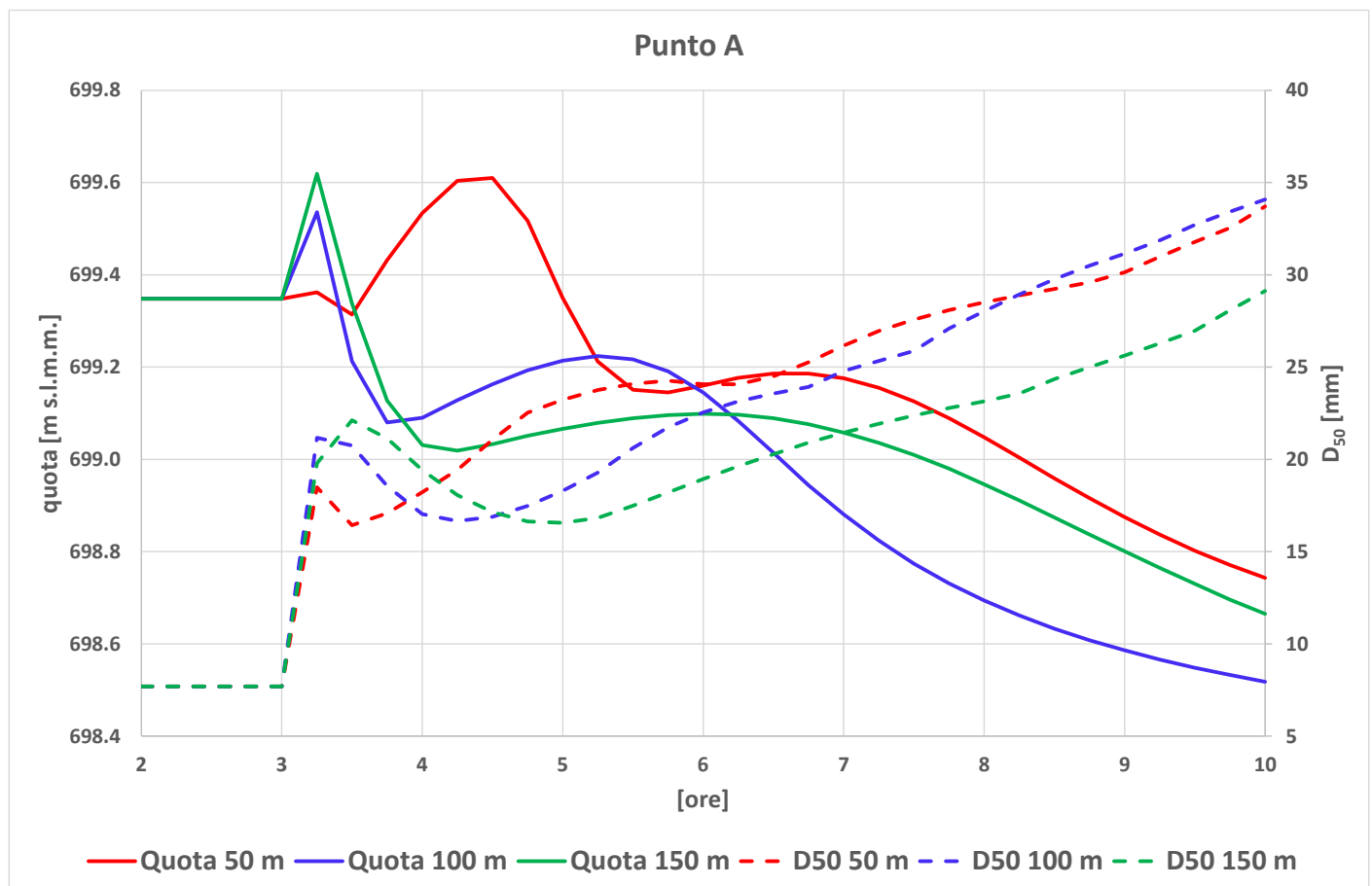
Per quanto riguarda lo spessore dello strato attivo, normalmente si adotta un valore legato alla granulometria di fondo: da  $D_{90}$  a  $3 \cdot D_{90}$ . Il modello è stato testato, utilizzando la formula di Wu, considerando per il coefficiente moltiplicativo del  $D_{90}$  i valori: 1, 2 e 3. I risultati ottenuti non hanno mostrato alcuna sensibilità a tale parametro, per cui non sono riportati i risultati dell'analisi.

La lunghezza di adattamento, in caso di fondi ghiaiosi, è normalmente definita costante e pari da una a cinque volte la larghezza del torrente. Considerando una larghezza media del filone principale di corrente pari a 50 m, si sono testate, sempre utilizzando la formula di trasporto di Wu, 3 diverse lunghezze: 50, 100 e 150 m.

Le figure seguenti riportano i risultati ottenuti in corrispondenza dei 4 punti indicati nella Figura 45.

Per lunghezze di adattamento pari a 100 e 150 m si ottengono risultati sostanzialmente simili. Per la lunghezza di 50 m si riscontrano maggiori effetti erosivi, in particolare nei punti B e D.

Visti i risultati dell'analisi di sensitività condotta, le simulazioni con le diverse formule di trasporto sono state effettuate considerando uno spessore dello strato attivo pari a  $2 \cdot D_{90}$  ed una lunghezza di adattamento di 100 m.



**Figura 52** Analisi di sensitività sulla lunghezza di adattamento, evoluzione fondo e granulometria nel punto A

Codifica Elaborato Terna:

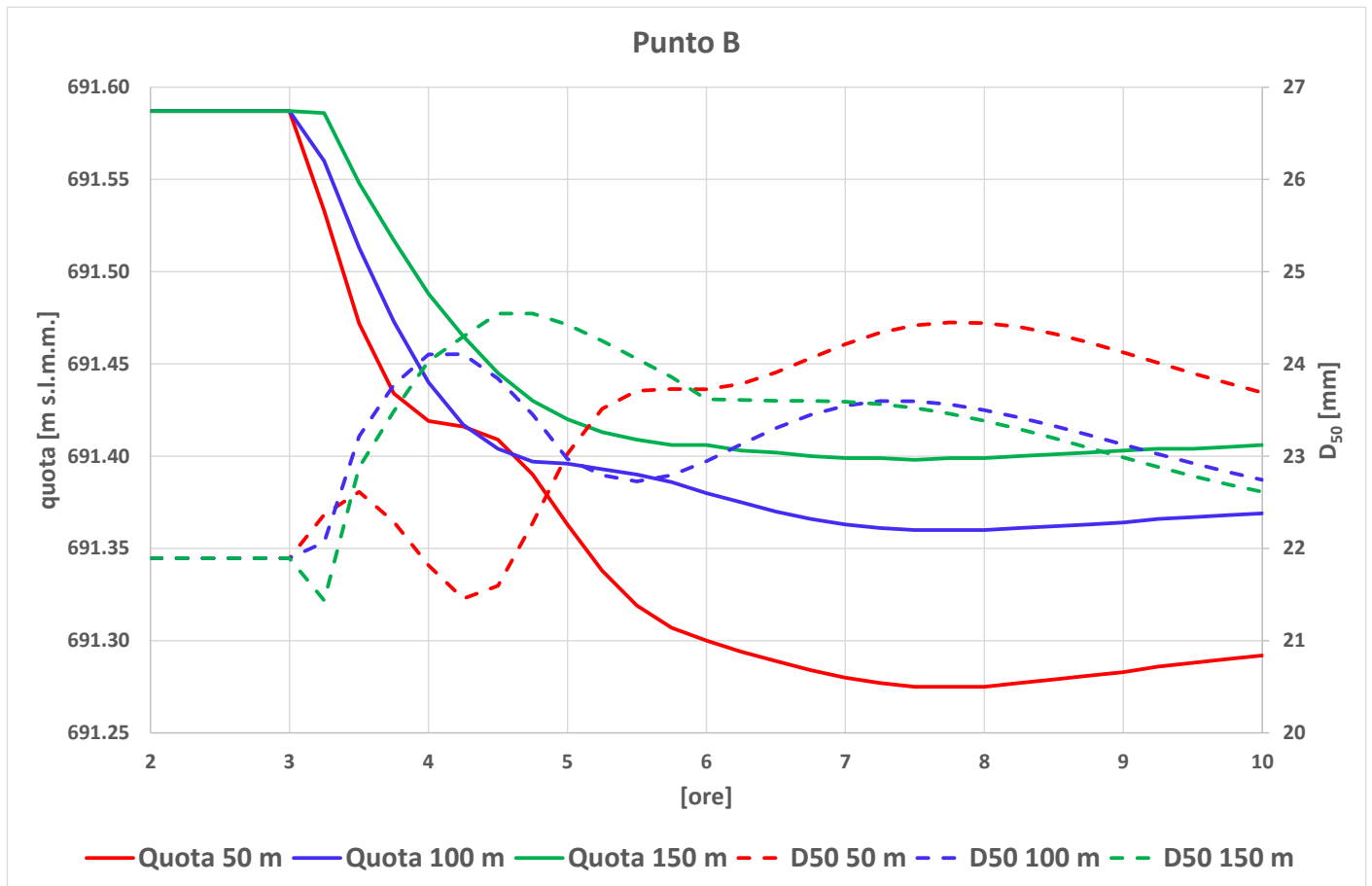
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 53** Analisi di sensitività sulla lunghezza di adattamento, evoluzione fondo e granulometria nel punto B

Codifica Elaborato Terna:

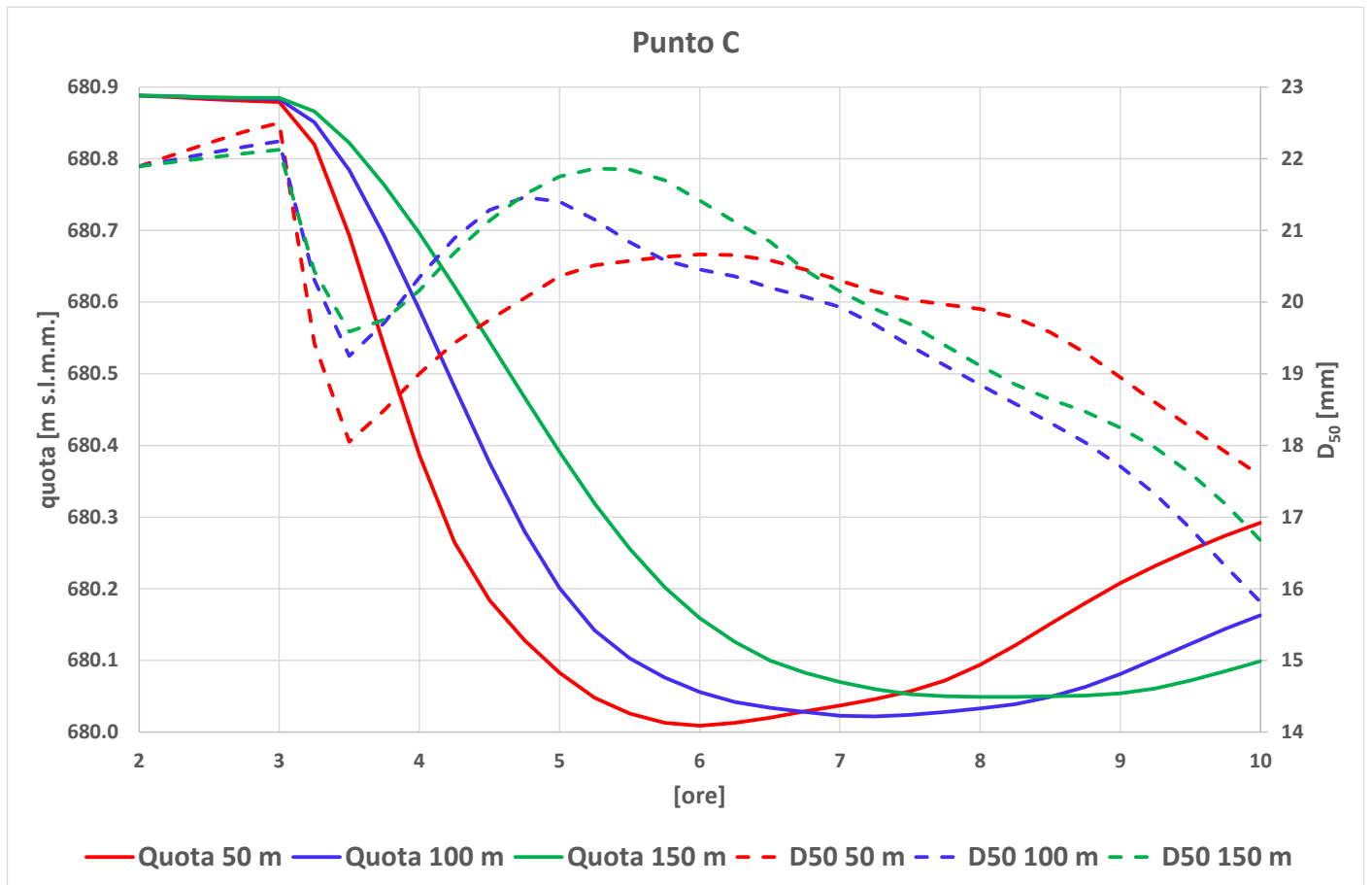
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

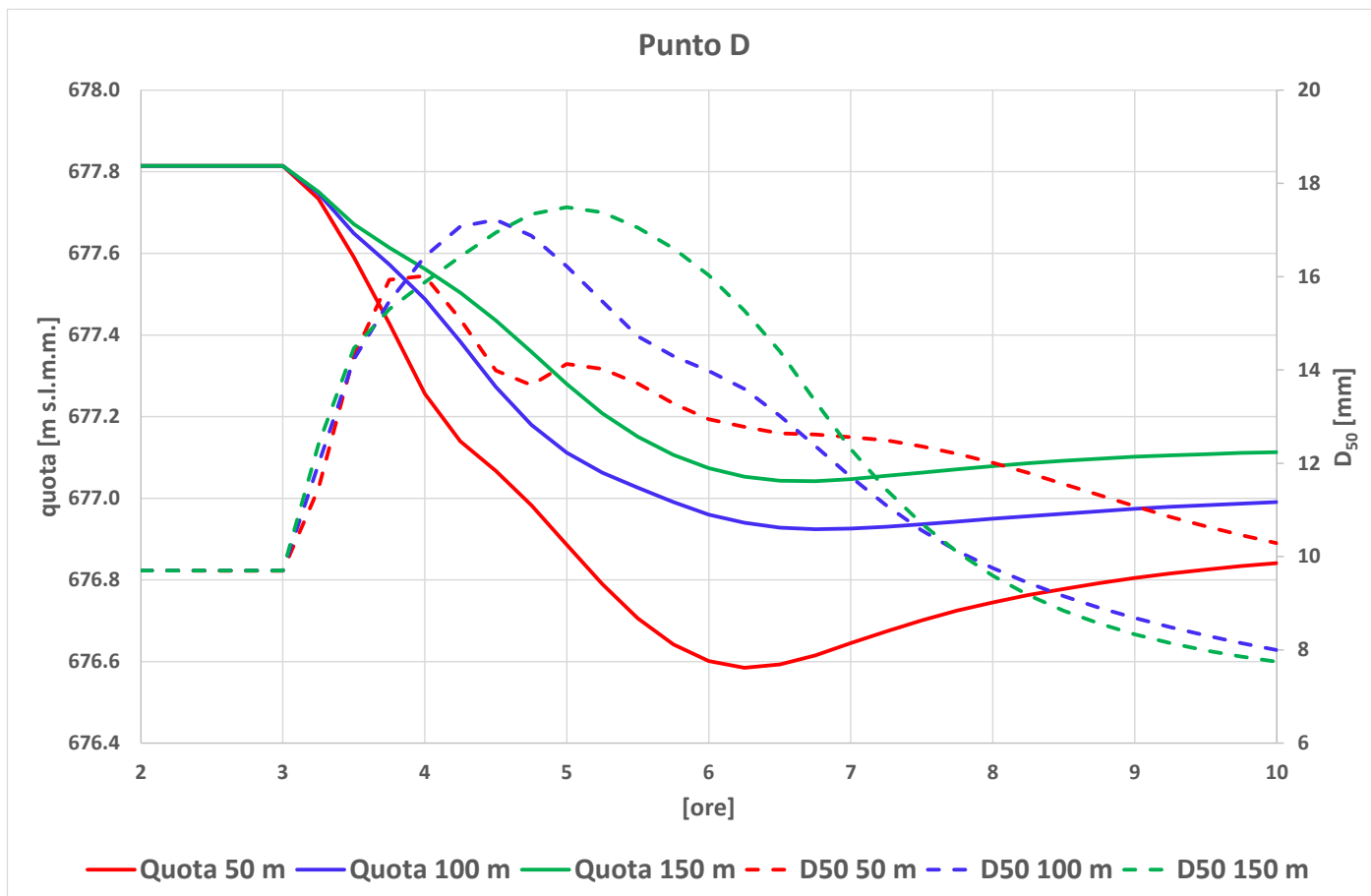
20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 54** Analisi di sensitività sulla lunghezza di adattamento, evoluzione fondo e granulometria nel punto C





**Figura 55** Analisi di sensitività sulla lunghezza di adattamento, evoluzione fondo e granulometria nel punto D

### 10.4.3 Analisi dei risultati

L'analisi dei risultati, con il confronto tra le diverse formule di trasporto utilizzate, è stata fatta nel tratto a cavallo dell'area di interesse, estraendo 9 sezioni e altrettanti punti ubicati come rappresentato nella Figura 56.

Dalla Figura 57 alla Figura 65 si rappresentano le variazioni di quota di fondo nel momento di massima erosione simulate per le 9 sezioni dai diversi metodi di calcolo utilizzati. Con una linea nera tratteggiata si riporta anche il profilo attuale dell'alveo, determinato dal DTM.

In Appendice sono inoltre riportate:

- La variazione della quota di fondo e del diametro medio ( $D_{50}$ ) in corrispondenza dei 9 punti rappresentati in Figura 56;
- le distribuzioni del diametro medio attuale e al termine delle simulazioni
- la mappa delle erosioni in vari step di simulazione dell'onda di piena.

Codifica Elaborato Terna:

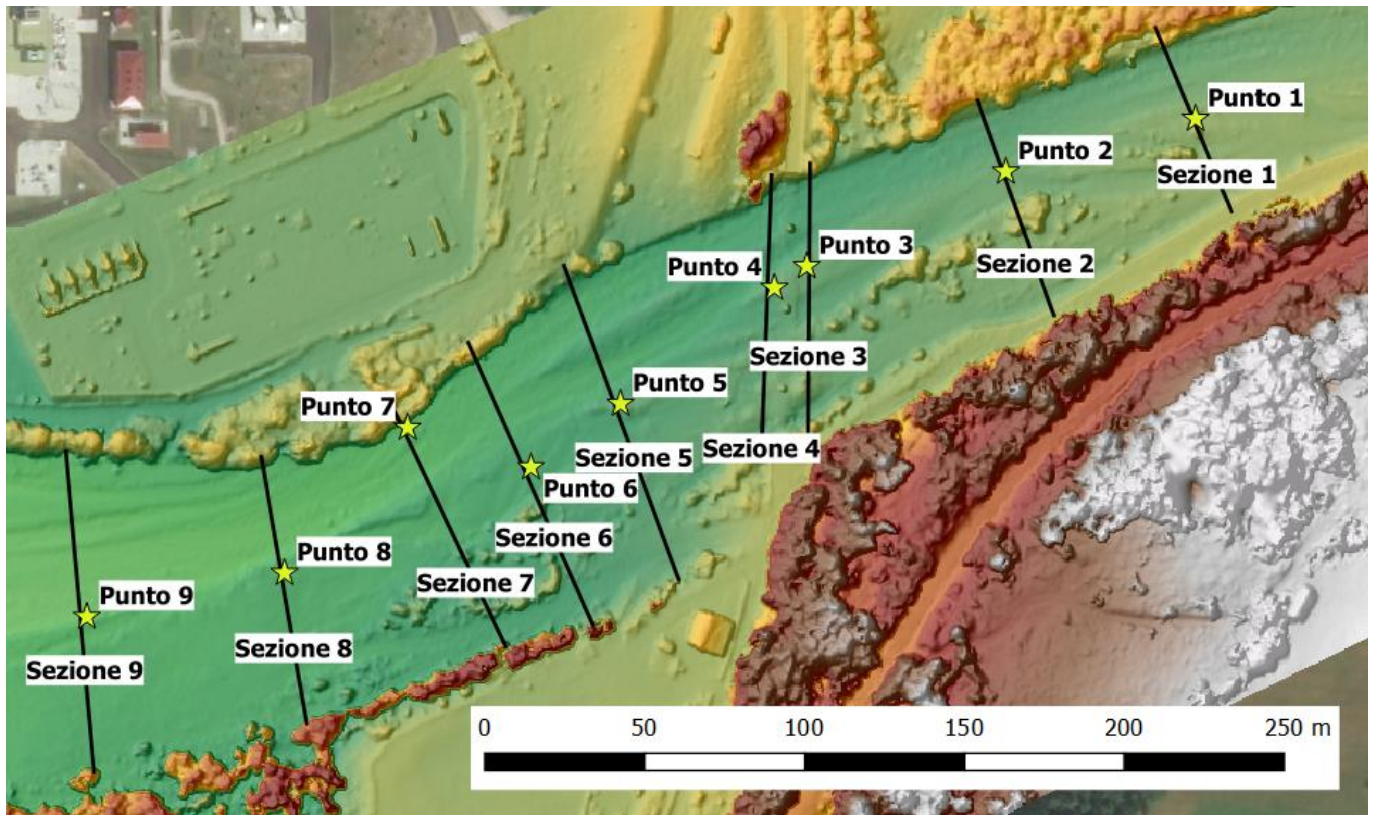
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

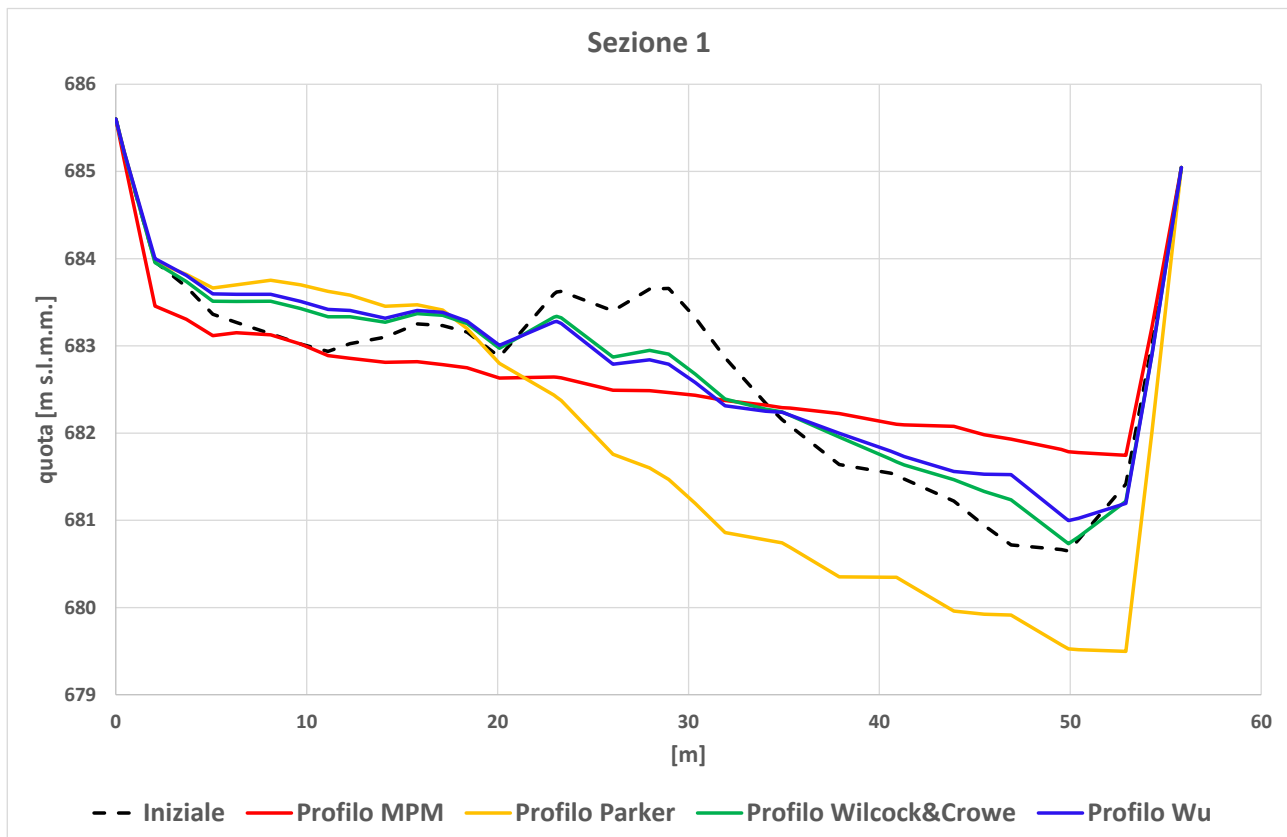
Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 56** Punti e sezioni in cui sono stati confrontati i risultati dei modelli con le diverse formule di trasporto



**Figura 57** Profili della Sezione 1 nel momento di massima erosione

Codifica Elaborato Terna:

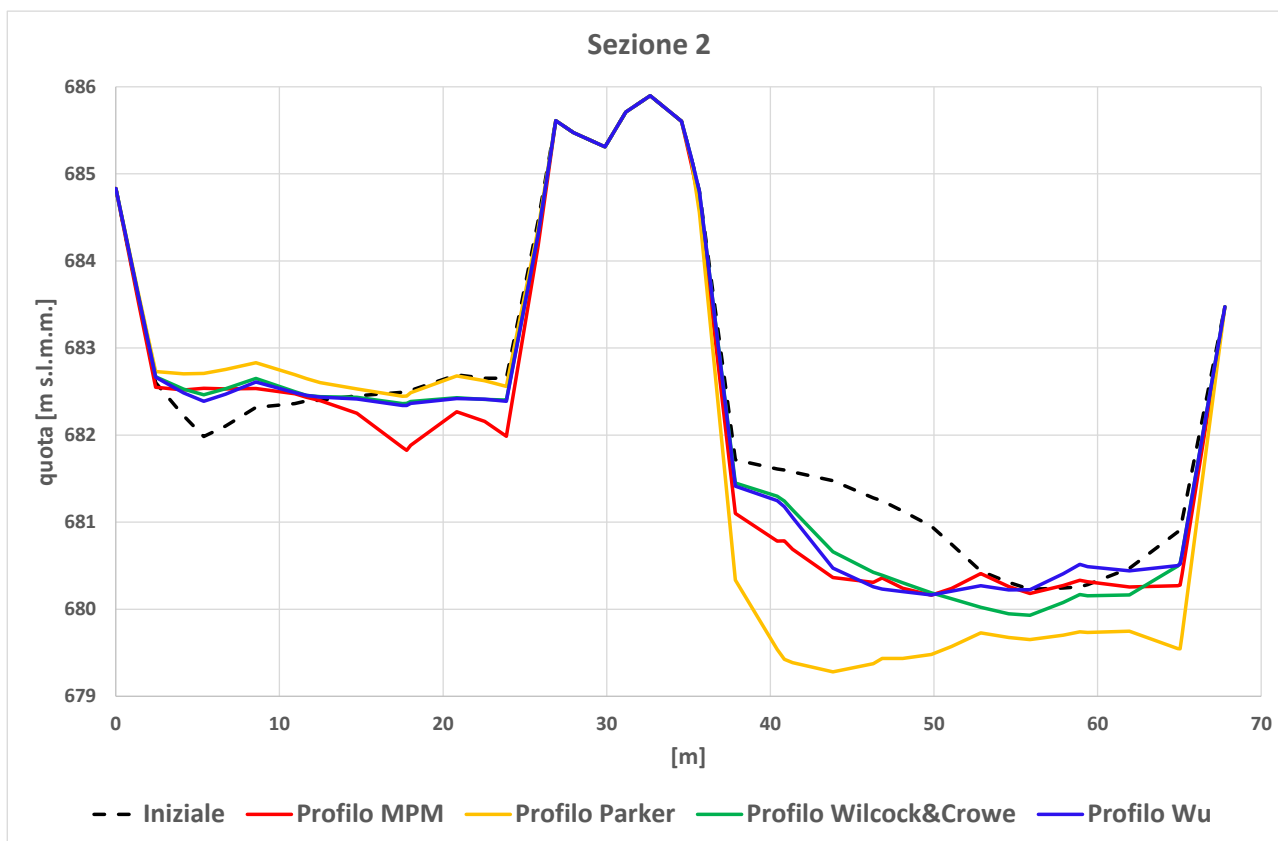
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

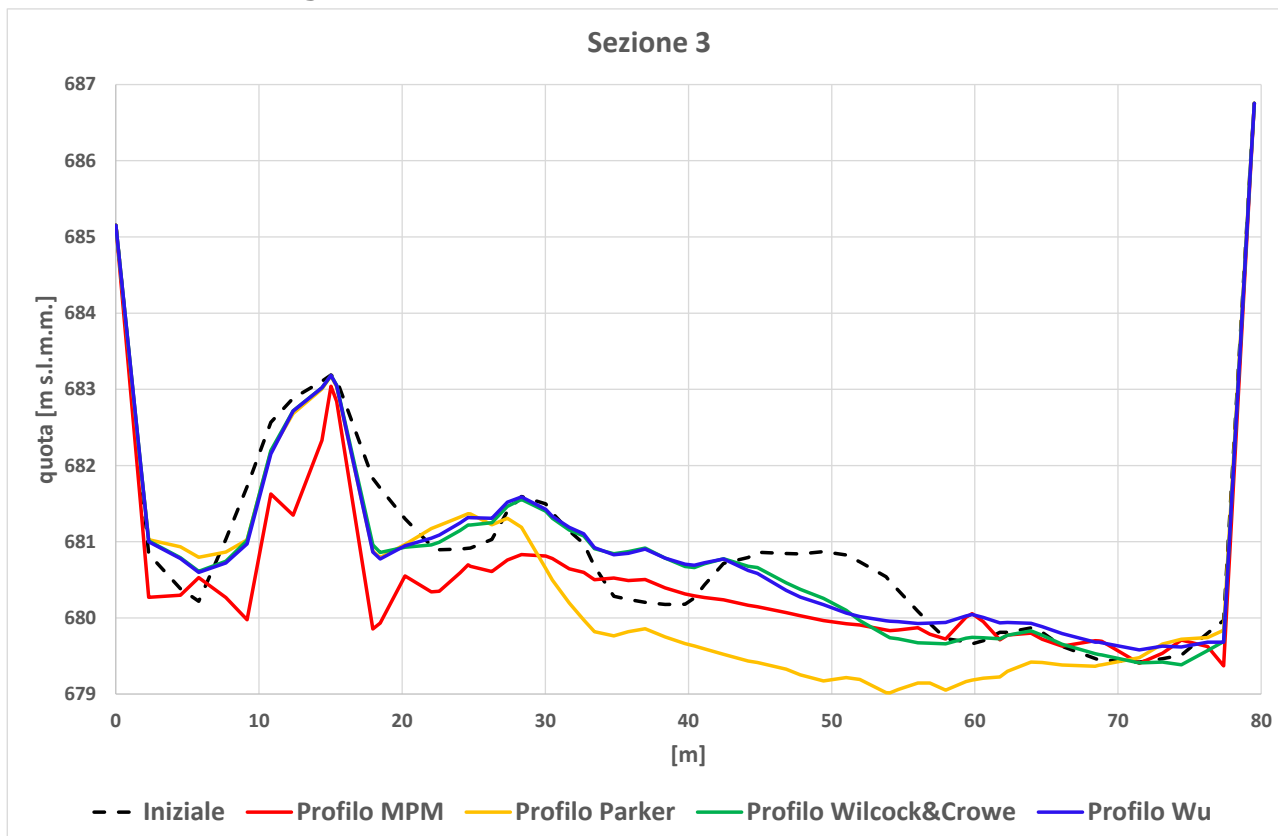
Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 58** Profili della Sezione 2 nel momento di massima erosione



**Figura 59** Profili della Sezione 3 nel momento di massima erosione



Codifica Elaborato Terna:

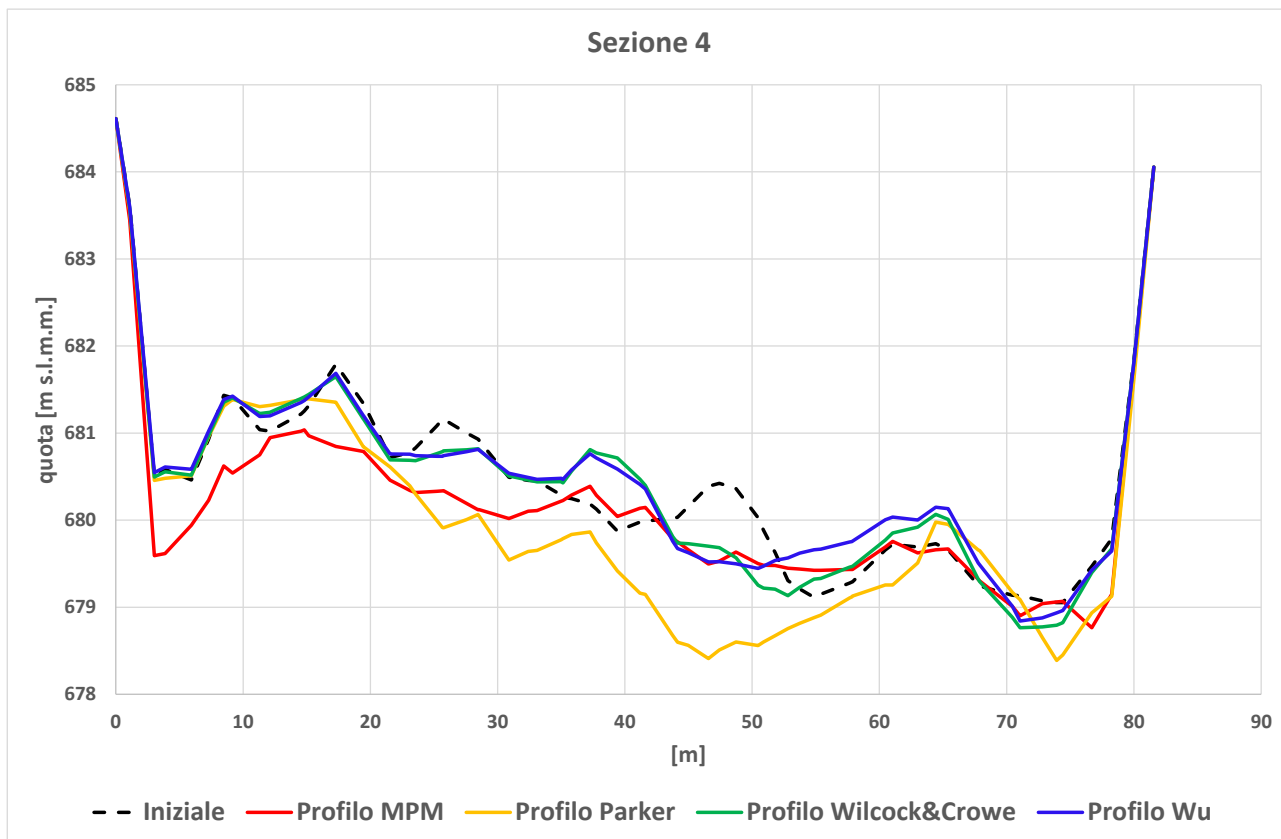
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

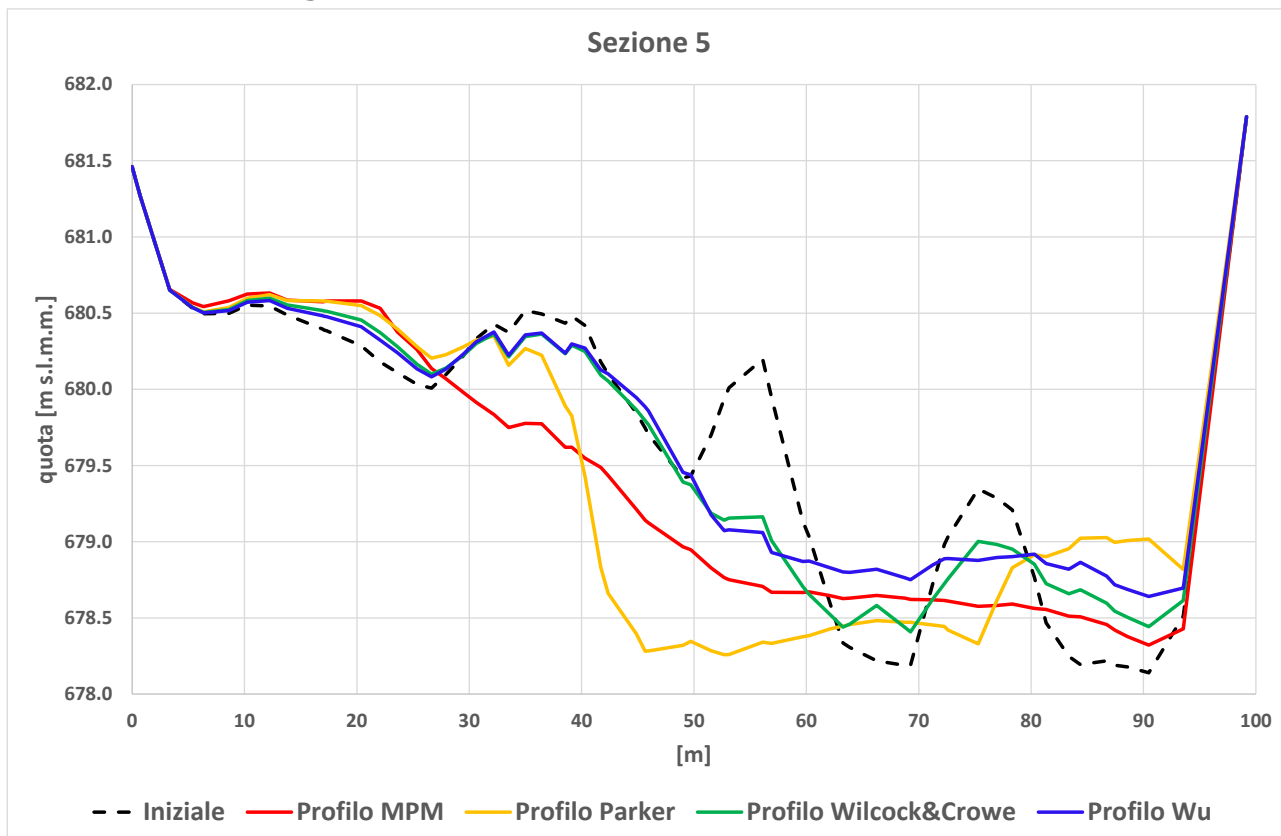
Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 60** Profili della Sezione 4 nel momento di massima erosione



**Figura 61** Profili della Sezione 5 nel momento di massima erosione

Codifica Elaborato Terna:

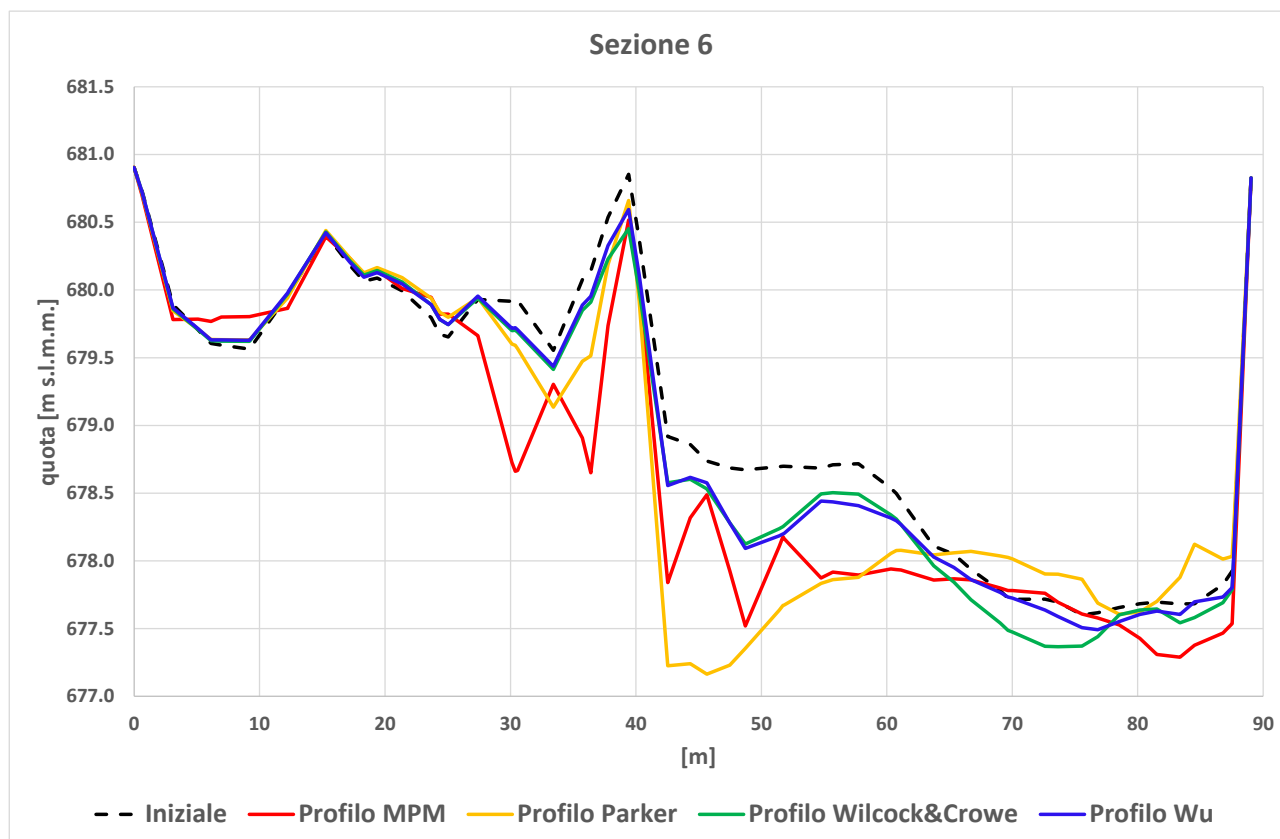
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

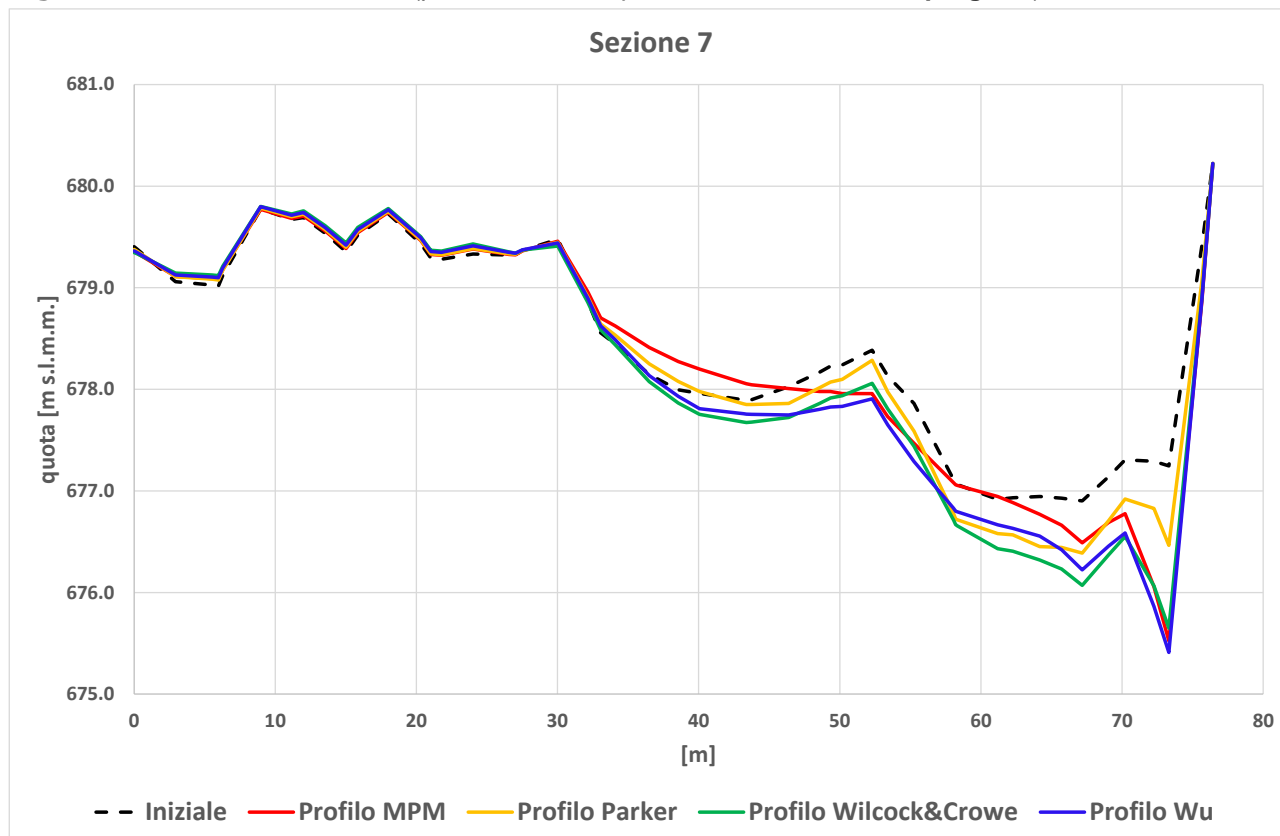
Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 62** Profili della Sez.6 (possibile riferim. per l'attraversamento in progetto) nel momento di max erosione.



**Figura 63** Profili della Sez.7 (possibile riferim. per l'attraversamento in progetto) nel momento di max erosione

Codifica Elaborato Terna:

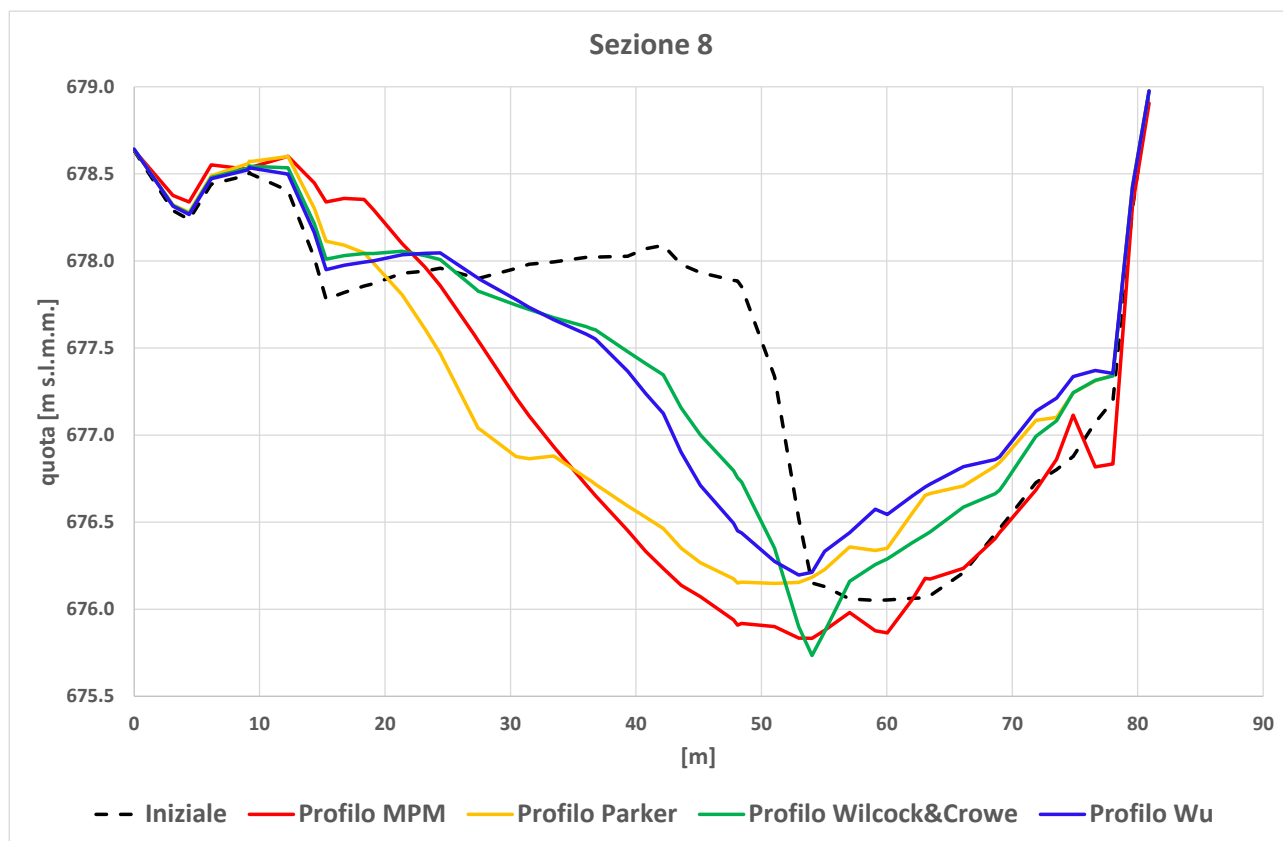
< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

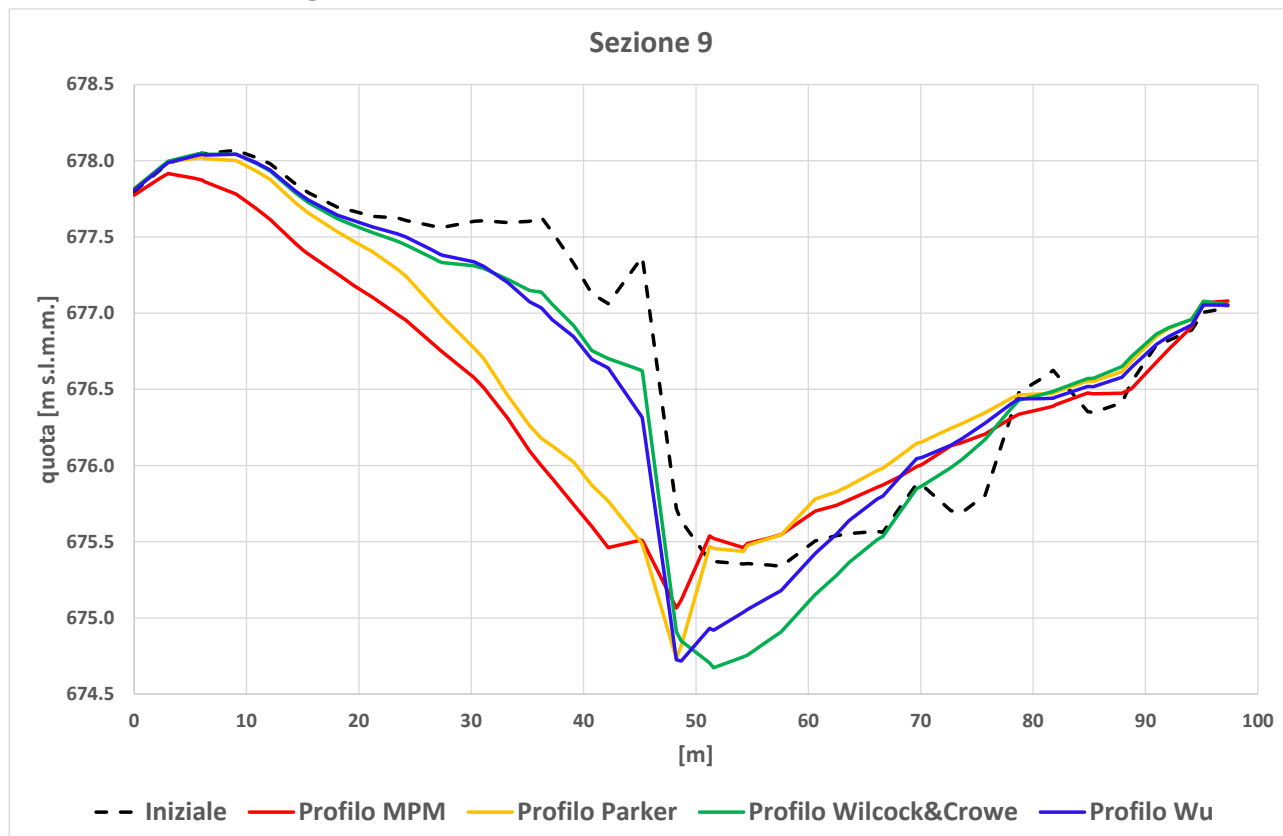
Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >



**Figura 64** Profili della Sezione 8 nel momento di massima erosione



**Figura 65** Profili della Sezione 9 nel momento di massima erosione



 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>EURO GEO CSQ Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria ICIM</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

Nel tratto in esame la formula che prevede le maggiori erosioni è quella di Parker ad esclusione delle sezioni 7 e 8, nelle prime 2 sezioni questa maggiore erosione è dell'ordine del metro.

La formula di Wilcock and Crowe determina invece il maggior corazzamento dell'alveo con  $D_{50}$  superficiale, molto maggiore rispetto alle altre formulazioni (si vedano anche le figure in Appendice).

Nelle sezioni a monte e a valle del ponte (sezioni 3 e 4) solo la formulazione di Parker determina un considerevole approfondimento, mentre le altre mantengono un profilo simile a quello iniziale, con erosione della barra centrale. La formula MPM fornisce un'erosione della sponda sinistra non riscontrabile nelle altre formulazioni.

È interessante notare come nella sezione 5 il profilo iniziale fornisca la quota di fondo più bassa. Anche con la formula di Parker la quota di fondo risulta leggermente superiore a quella iniziale.

Tutti i modelli tendono a conformare una sezione con fondo tendenzialmente orizzontale e larghezza di circa 40 m; la formula di Parker tende a spostarlo più verso il centro dell'intera sezione, asportando di fatto le 2 barre presenti.

La configurazione iniziale può derivare da due fattori diversi e che probabilmente interagiscono nella modellazione di questo tratto. Il primo deriva dal fatto che le piene del rio Cucco, la cui confluenza è immediatamente a monte della sezione analizzata, tendono ad incidere il fondo alveo, anche perché trasportano poco materiale solido che è depositato nella vasca di sedimentazione posta circa 300 m a monte della confluenza.

Il secondo è legato alle piene del Fella con entità inferiore a quella qui considerata: quando il deflusso si concentra nei canali già presenti, tende ad approfondirli.

Nella sezione 6 (in **possibile** corrispondenza dell'**attraversamento in progetto**) la piena tende ad allargare la sezione e a portarla ad una larghezza di circa 50 m. In particolare avviene un approfondimento della sponda sinistra dell'alveo attivo fino a **profondità massima di 2 m** con la formulazione di Parker, andamento in parte riscontrabile anche con la formula MPM, che però evidenzia alcune instabilità nella conformazione del profilo.

Nella sezione 7 (in **possibile** corrispondenza dell'**attraversamento in progetto**) l'allargamento della sezione non si verifica e la corrente tende ad approfondire l'alveo in corrispondenza della sponda destra fino a una **profondità massima di 2 m**; da notare come in questo caso sia la formula di Parker a determinare la minore incisione a seguito del maggior corazzamento del fondo.

Nella sezione 8 si torna ad avere un notevole allargamento della sezione, in particolare con le formule di Parker e MPM. Anche in questo caso si noti come il fondo alveo iniziale sia inferiore a quello determinato dalle formulazioni di Parker e Wu, mentre per le altre 2 formule sia di poco inferiore.


L'evoluzione della sezione 9 è tipica di una sezione in curva, con approfondimento in esterno curva e parziale deposito all'interno.

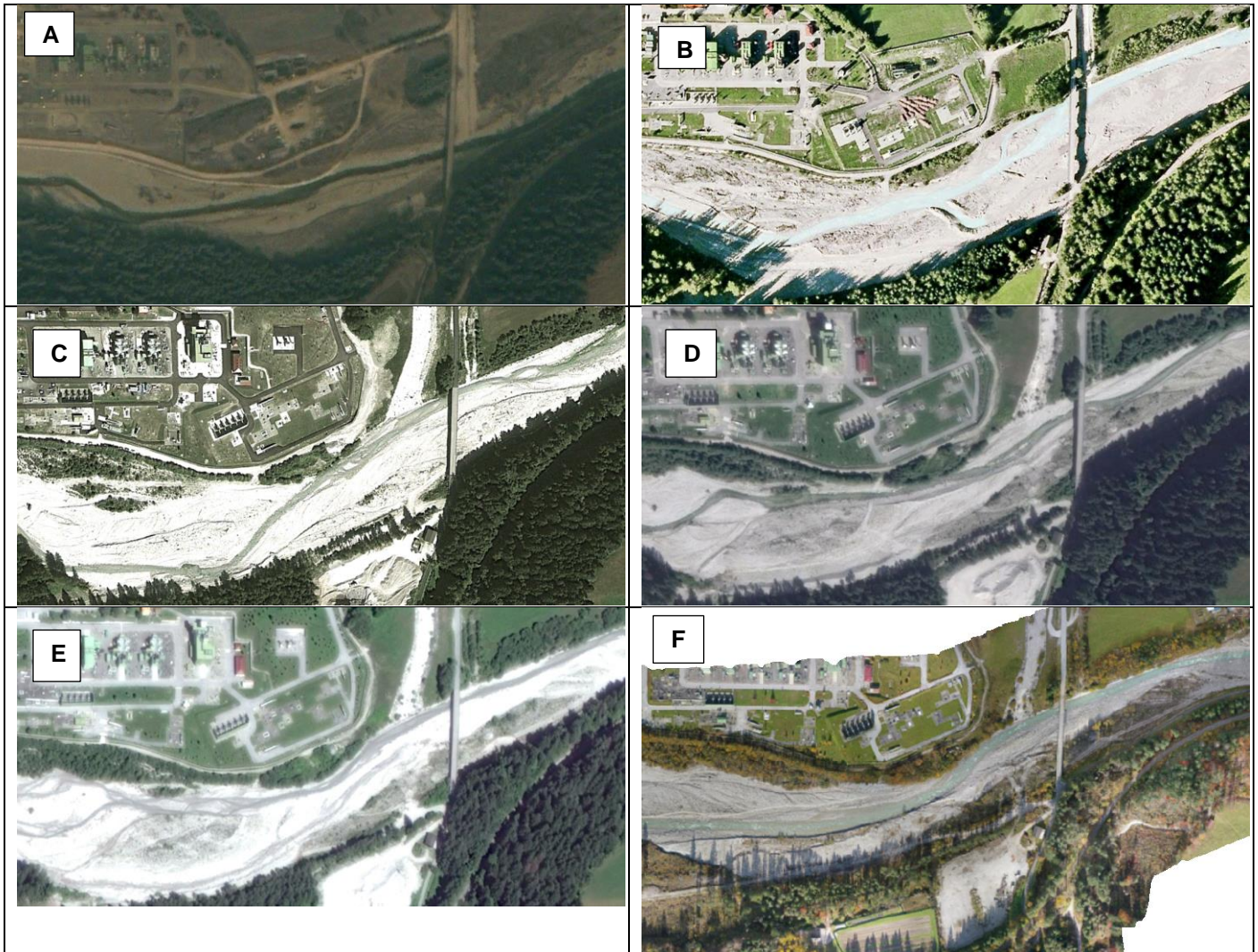
Si evidenzia che in corrispondenza del **pie' del terrapieno** su cui sorgerà la centrale elettrica (sponda sinistra delle sezioni 5, 6, 7, 8) il modello in occasione della piena duecentennale simula modesti **innalzamenti delle quote di fondo** (deposito di sedimenti) e non azione erosiva.

## 10.5 Considerazioni complessive sui risultati del modello di trasporto

Tutte le formule di trasporto utilizzate descrivono un alveo sostanzialmente stabile in cui la piena duecentennale tende ad allargare l'alveo attivo eliminando le barre depositate da eventi meno gravosi.

Tale stabilità si può rilevare anche dall'analisi delle ortofoto storiche riportate in Figura 66: nell'area di studio l'alveo inciso rimane prevalentemente sulla sponda destra; solo nel 2003 a monte del ponte è "accostato" alla sponda sinistra e attraversa il ponte in mezzera. Anche nell'agosto 2011, in cui l'alveo di magra, identificabile dalla presenza di acqua, nel tratto di valle è spostato sulla sinistra, si nota la larga incisione posta sulla destra affiancata da un'alternanza di barre.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	
<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p align="center">Rev. &lt; 01 &gt;</p>	



**Figura 66** Ortofoto da Google Earth del tratto di studio in diverse date (**A** marzo 2003, **B** ottobre 2006, **C** agosto 2011, **D** agosto 2015, **E** agosto 2016) e dal volo con drone (**F** ottobre 2020)

Le diverse formule utilizzate però forniscono valori di erosione anche significativamente diversi e, come detto, senza la possibilità di calibrare i modelli su dati osservati i risultati vanno utilizzati con cautela. È opportuno, pertanto, considerare sempre la massima erosione identificata a prescindere da quale formulazione la produca, considerando, ovviamente, anche lo stato attuale, se presenta una quota di fondo alveo inferiore. Ai risultati dei modelli va aggiunto un adeguato franco di sicurezza, legato non solo all'incertezza dei modelli, ma anche alla non precisa conoscenza di quella che può essere la granulometria alle profondità raggiunte dall'erosione.

	<p align="center"><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p align="center">Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p>	

## 11 CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI PROGETTUALI

Il parere dell’Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali (protocollo n°3548/2020 del 14/07/2020) alla relazione di compatibilità idraulica realizzata nel 2019 riportava la seguente richiesta di approfondimento: *“la modellazione idraulica è stata svolta a fondo fisso. Questa scelta modellistica non consente di valutare eventuali criticità legate all’erosione al piede dell’opera di protezione spondale a protezione del terrapieno proposta a pag. 54. Si rappresenta quindi la necessità di verificare la stabilità della scogliera in progetto con un modello a fondo mobile costruito sulla base di un dato topografico ad adeguata risoluzione spaziale e tale da rappresentare correttamente l’influenza del ponte sulle condizioni idrauliche locali.”*

A seguito di tale nota è stato realizzato un rilievo fotogrammetrico, topografico e geomorfologico di un tratto di fiume Fella di circa 2,5 km, dati indispensabili alla realizzazione del modello idraulico a fondo mobile descritto dalla presente relazione.

Il modello realizzato ha permesso di valutare in corrispondenza di una piena con tempo di ritorno di duecento anni la compatibilità idraulica delle opere in progetto non solo in riferimento ai tiranti idrici raggiunti ma anche rispetto agli aspetti idromorfologici del corso d’acqua e alle influenze locali dei piloni del ponte stradale sulla corrente e sull’erosione da essa provocata.

Di seguito si riportano alcuni suggerimenti per le opere in progetto.

### 11.1 ATTEVERAMENTO IN SUB-ALVEO

In corrispondenza del tracciato dell’attraversamento in subalveo del cavidotto MT in progetto (sezione 6 o sezione 7), ove attualmente il corso d’acqua scorre in sponda destra, il modello a fondo mobile realizzato ha simulato in occasione di una piena duecentennale:

In corrispondenza della sezione 6:

- un allargamento della sezione dovuto a un approfondimento della sponda sinistra dell’alveo attivo
- un approfondimento del fondo dell’alveo di massimo 2 m.

In corrispondenza della sezione 7:

- non si verifica un allargamento della sezione
- la corrente tende ad approfondire l’alveo in corrispondenza della sponda destra fino a una profondità massima di 2 m.

Si suggerisce di prevedere l’attraversamento del cavidotto a una profondità maggiore di due metri, considerando un congruo franco di sicurezza.

### 11.2 DIFESA SPONDALE A PROTEZIONE DELLA CENTRALE ELETTRICA

I livelli idrici simulati con i modelli idraulici realizzati per una piena con tempo di ritorno di 200 anni non raggiungono la quota del terrapieno ove sorgerà la stazione elettrica, il franco idraulico è maggiore o uguale a 3 m tuttavia sarà prevista una difesa spondale a protezione del terrapieno.

Nel progetto si prevede la realizzazione di un muro a protezione e contenimento del terrapieno, il muro a sua volta sarà protetto da una difesa longitudinale (scogliera) contro l’erosione e per il suo mascheramento.

Nei regimi torrentizi le scogliere sono soggette a sottoescavazioni è opportuno quindi valutare di realizzare un rinforzo al piede in massi.

Le simulazioni effettuate con il modello a fondo mobile hanno evidenziato che l’area dove sorgerà la scogliera non è soggetta a gravose erosioni, al contrario è zona di possibile deposito di sedimenti; pertanto si può prevedere una fondazione per il muro e per la scogliera non troppo profondi.



 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p><b>MODELLO IDRAULICO A FONDO MOBILE DEL F. FELLA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI CONNESSIONE TRA RTN E NUOVO IMPIANTO SRG - MALBORGHETTO (UD)</b></p> <p>Stazione Elettrica 132 kV di Malborghetto (UD) e Stazione Elettrica 132kV e Sottostazione Elettrica/Utente 132kV/20kV</p>	 <p>Idrogea servizi S.r.l. Società di Ingegneria</p>
<p>Codifica Elaborato Terna: <b>&lt; RC1541174B2036212 &gt;</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	<p>Codifica Elaborato &lt;Fornitore&gt;: <b>20-170 modello a fondo mobile_Malborghetto</b></p> <p>Rev. &lt; 01 &gt;</p>	

Varese, 19/01/2021

Dr. Geol. A. Uggeri

Dott. Ing. Daniele Spartà



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

## 12 APPENDICE

### 12.1 VARIAZIONE DEL FONDO E D50 IN CORRISPONDENZA DI 9 PUNTI

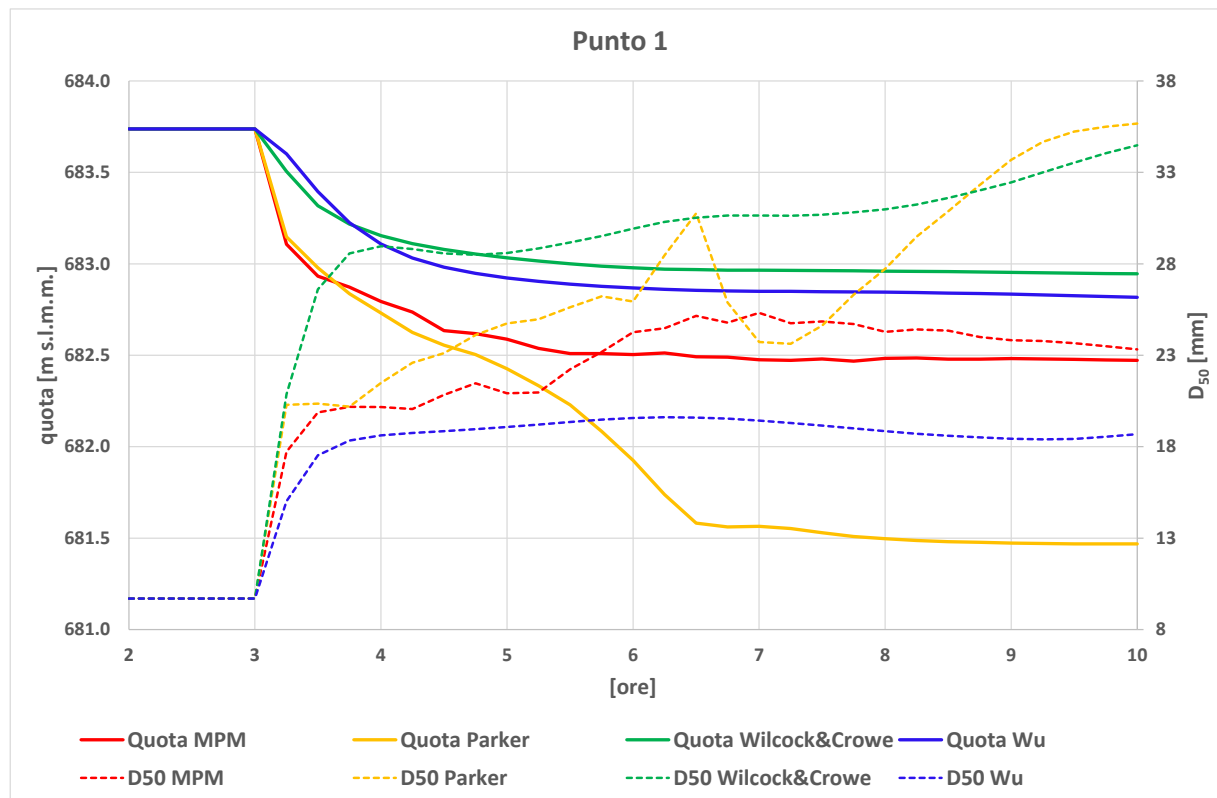


Figura 1 appendice -Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 1

Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

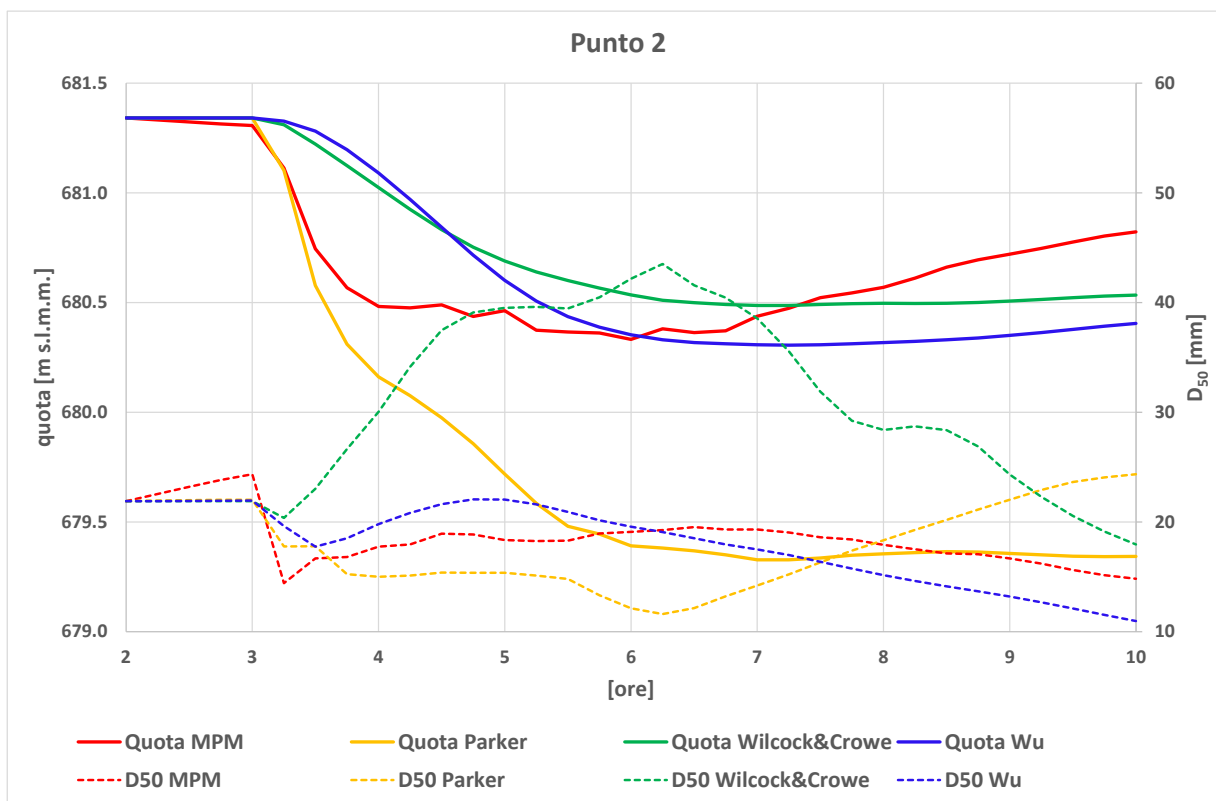


Figura 2 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 2

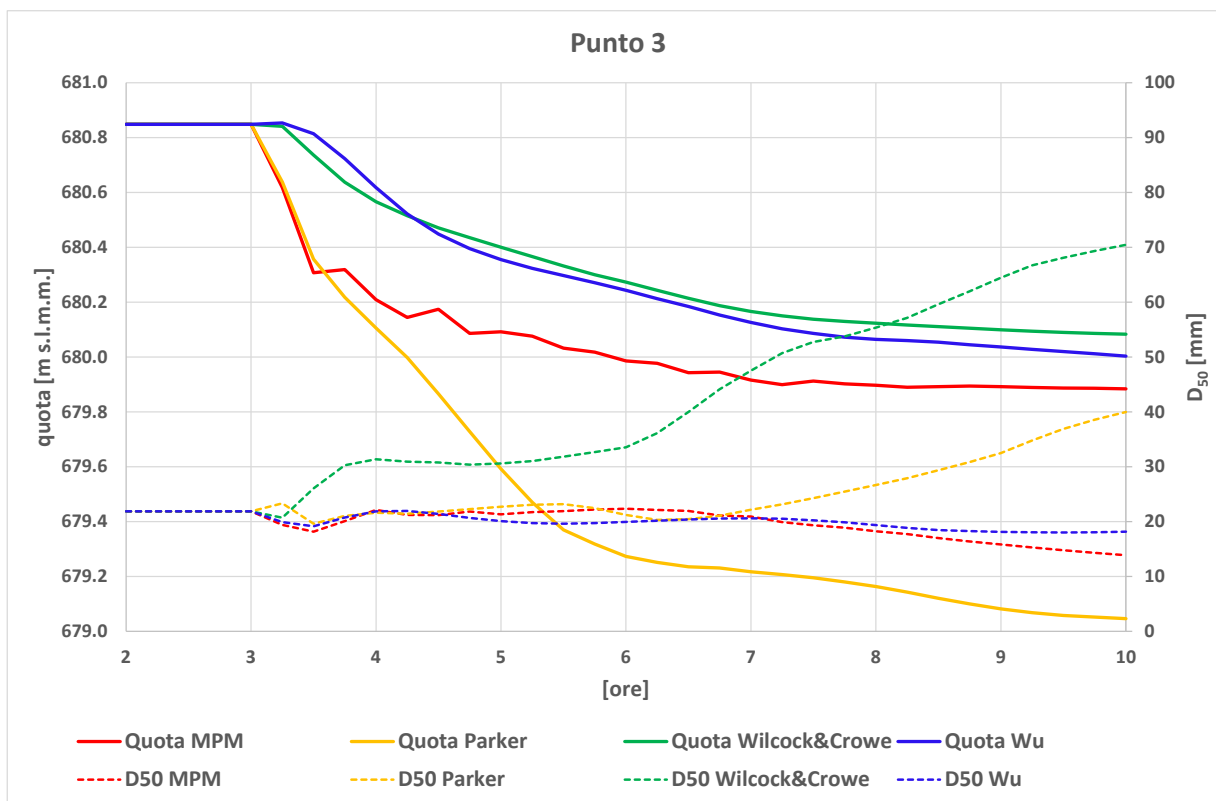


Figura 3 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 3



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

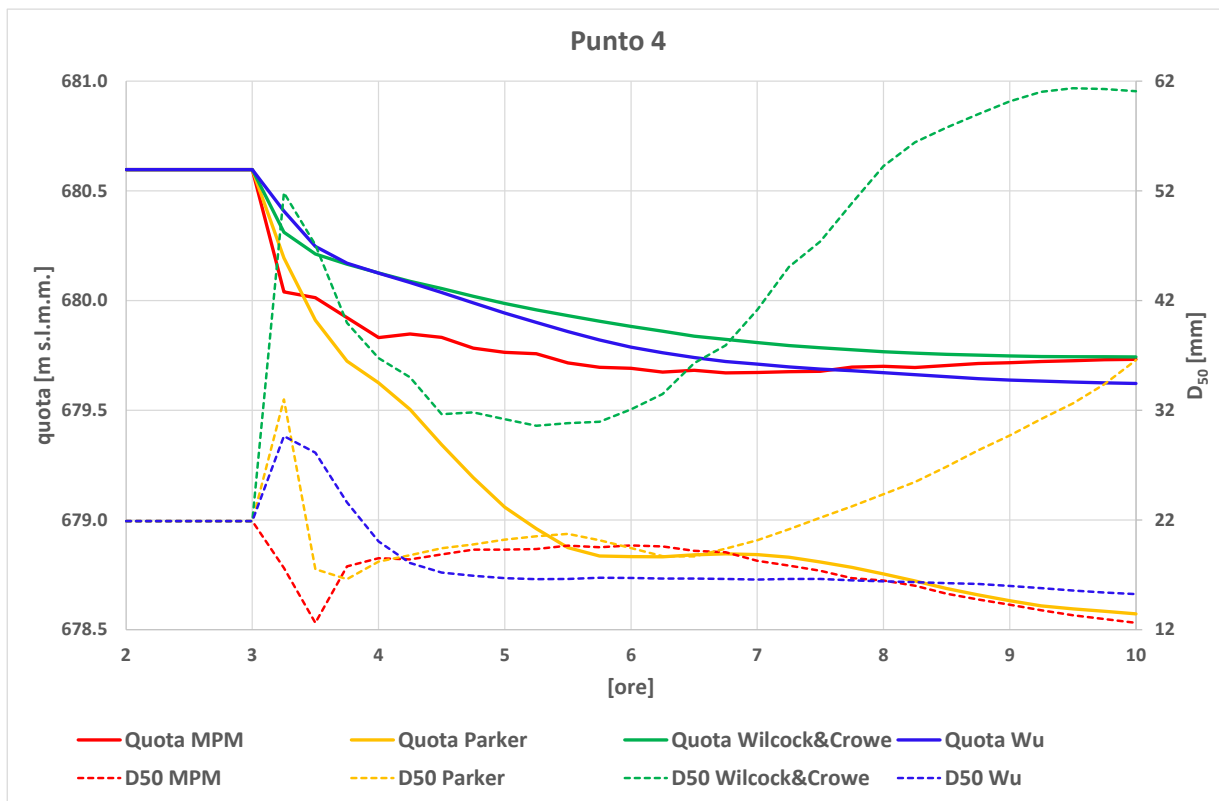


Figura 4 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 4

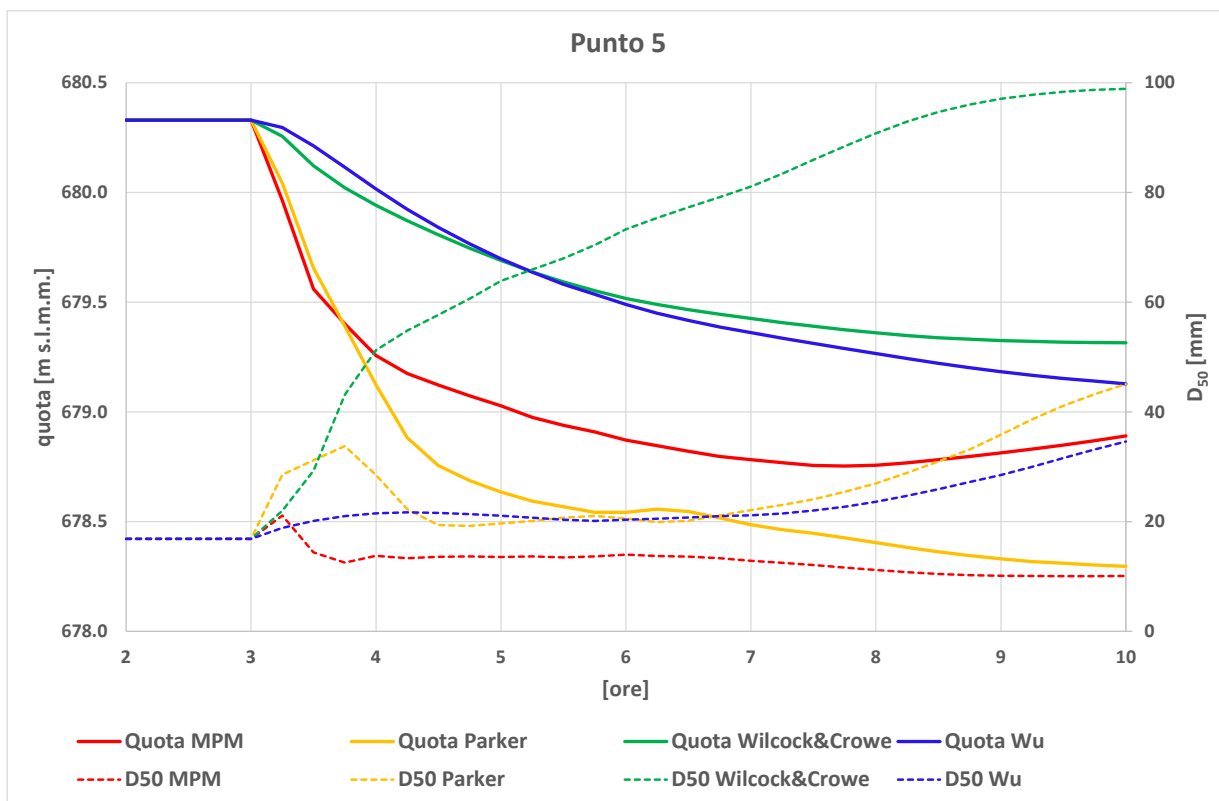


Figura 5 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 5

Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

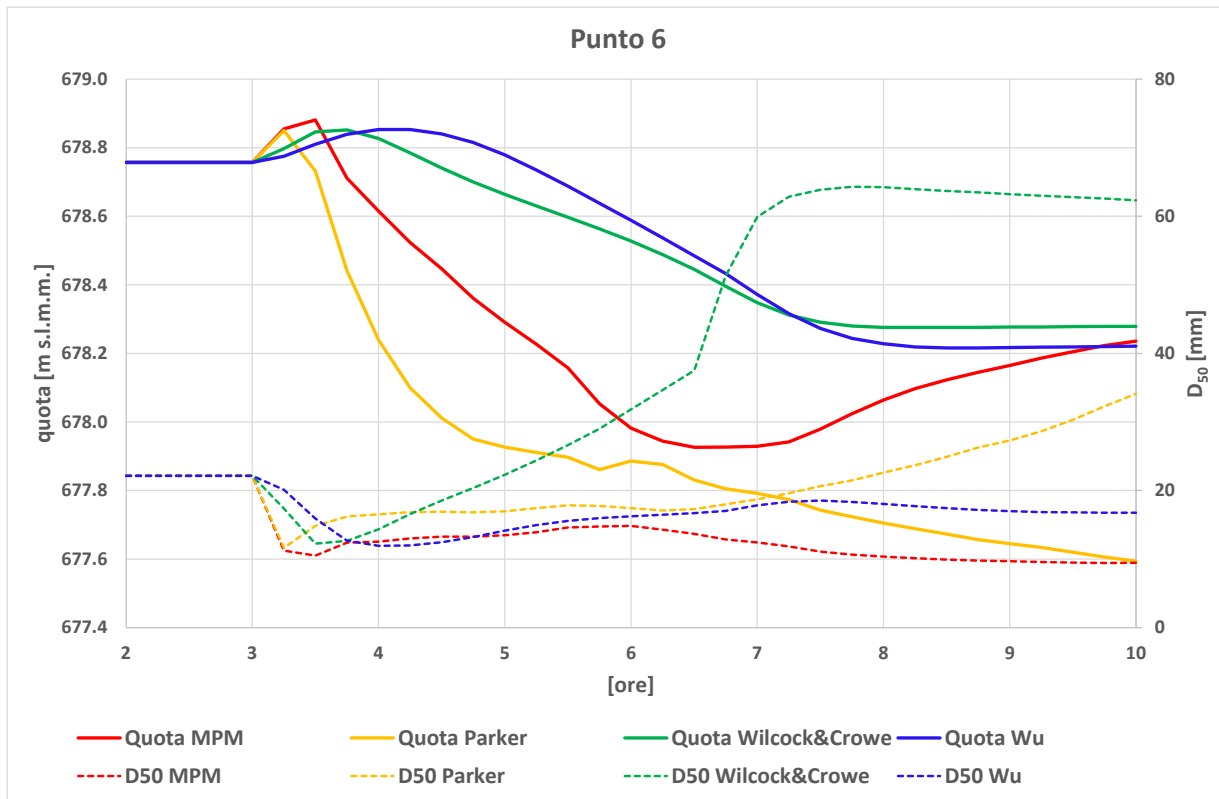


Figura 6 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 6

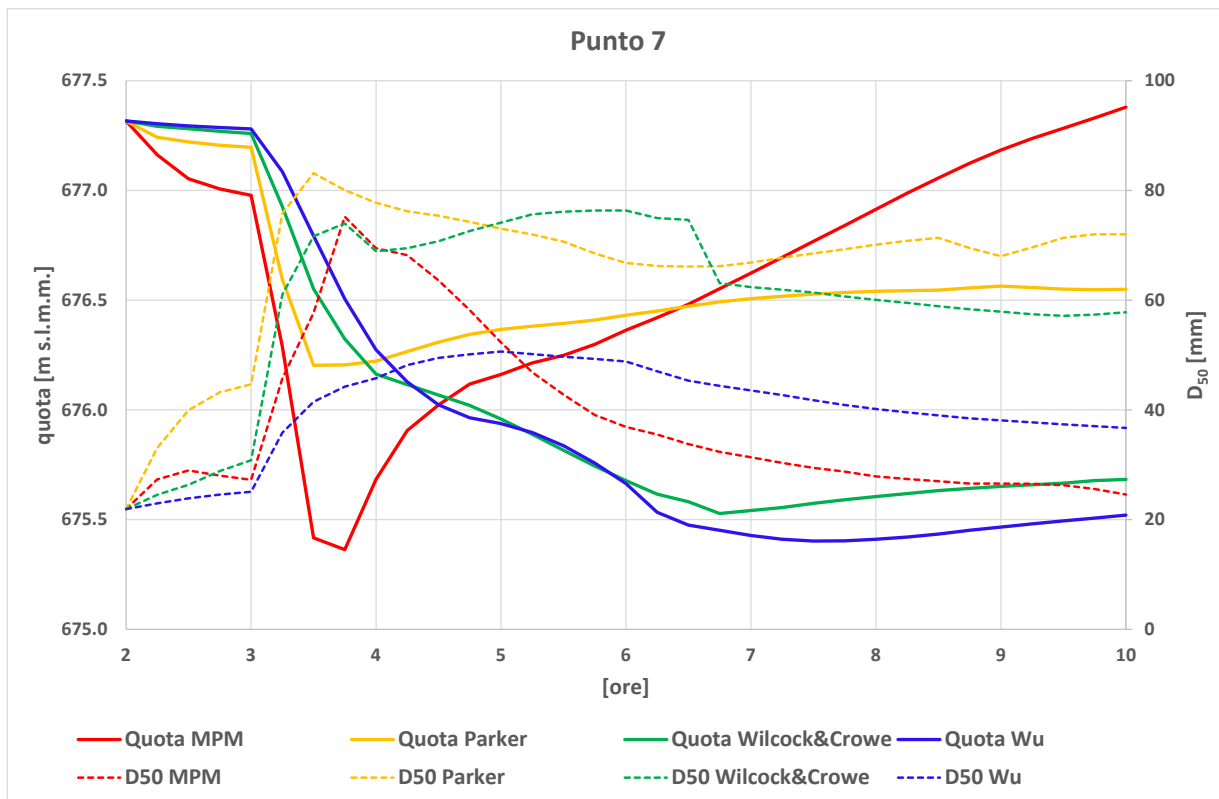


Figura 7 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 7

Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

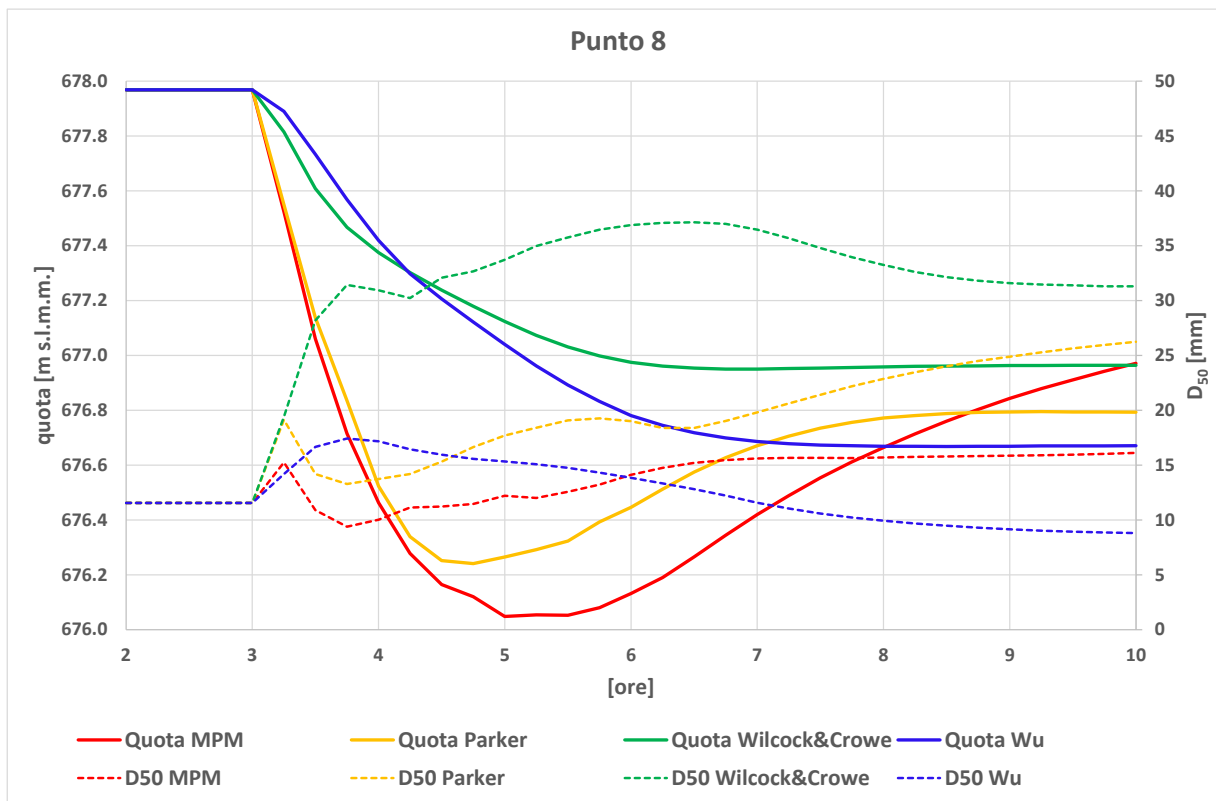


Figura 8 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 8

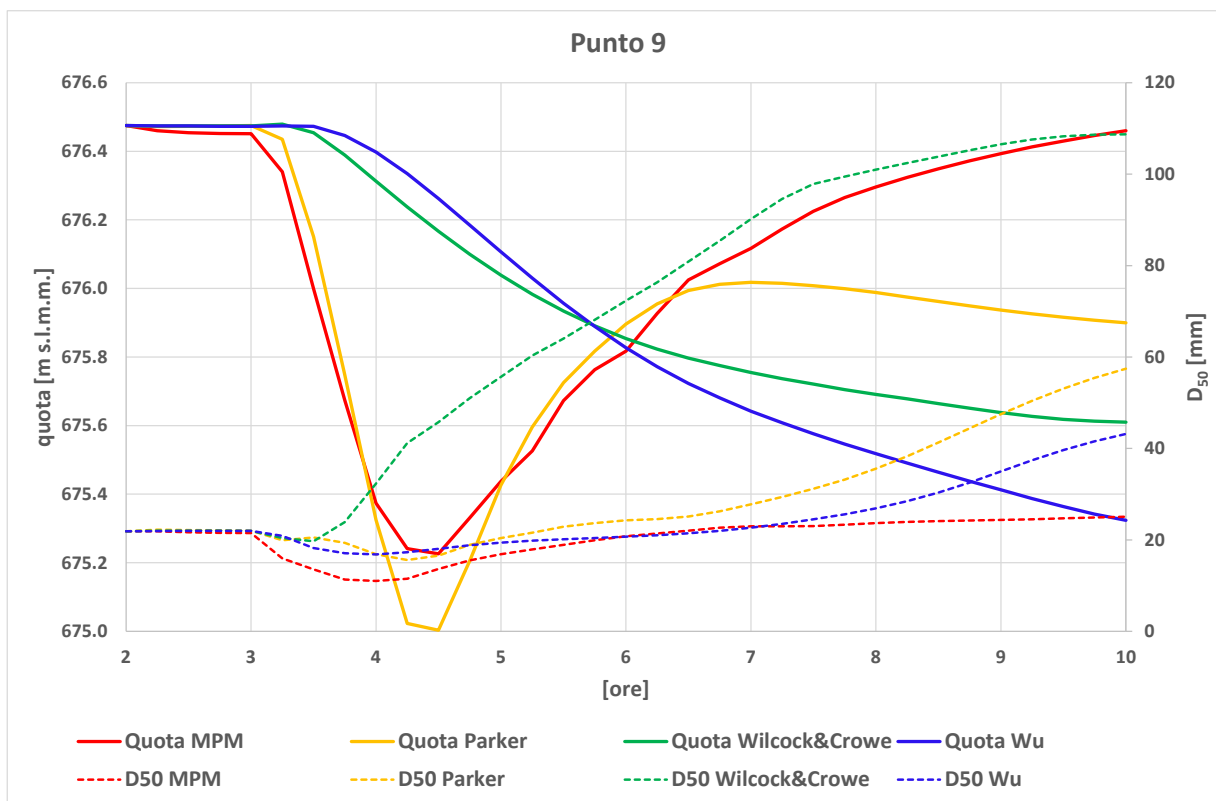


Figura 9 appendice - Variazione del fondo e del diametro medio nel Punto 9



## 12.2 DISTRIBUZIONE GRANULOMETRIA SUPERFICIALE

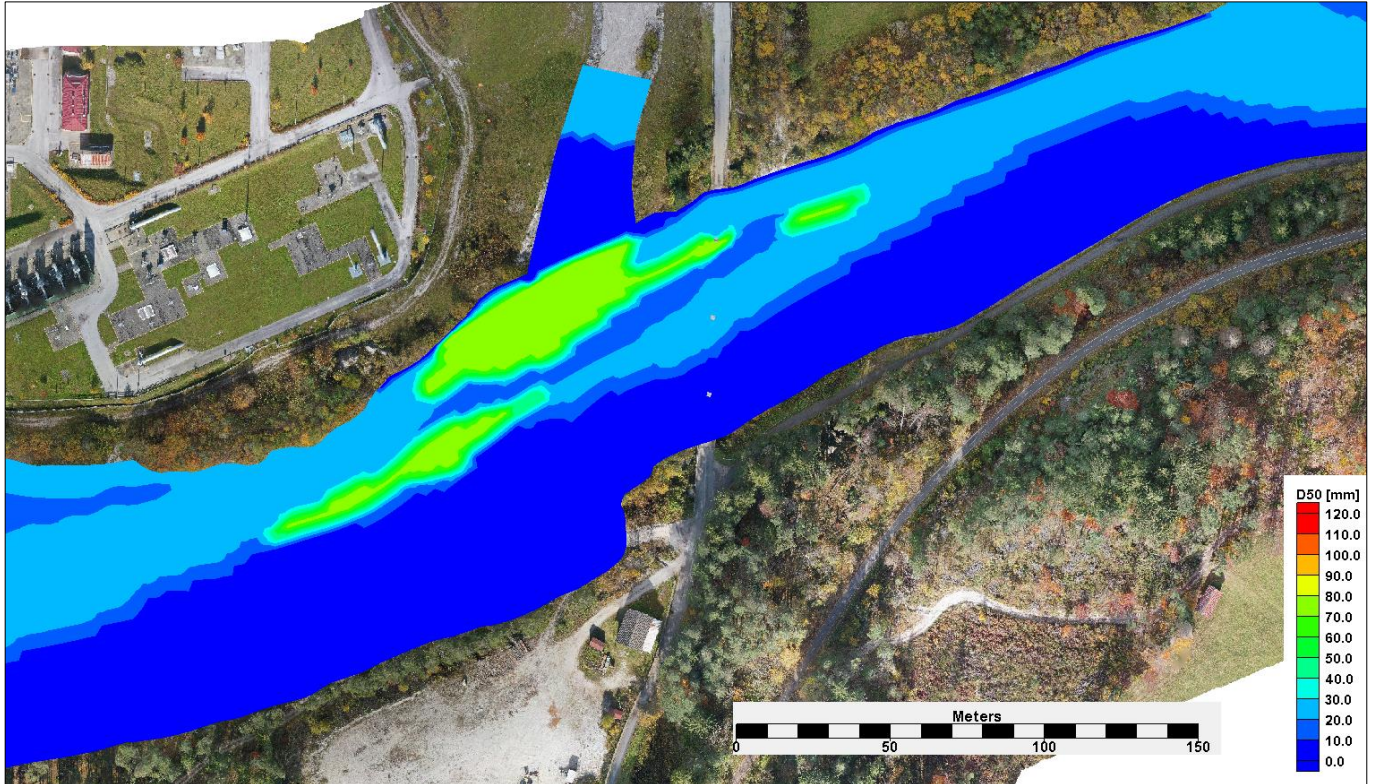


Figura 10 appendice -Distribuzione iniziale della granulometria superficiale, diametro medio.

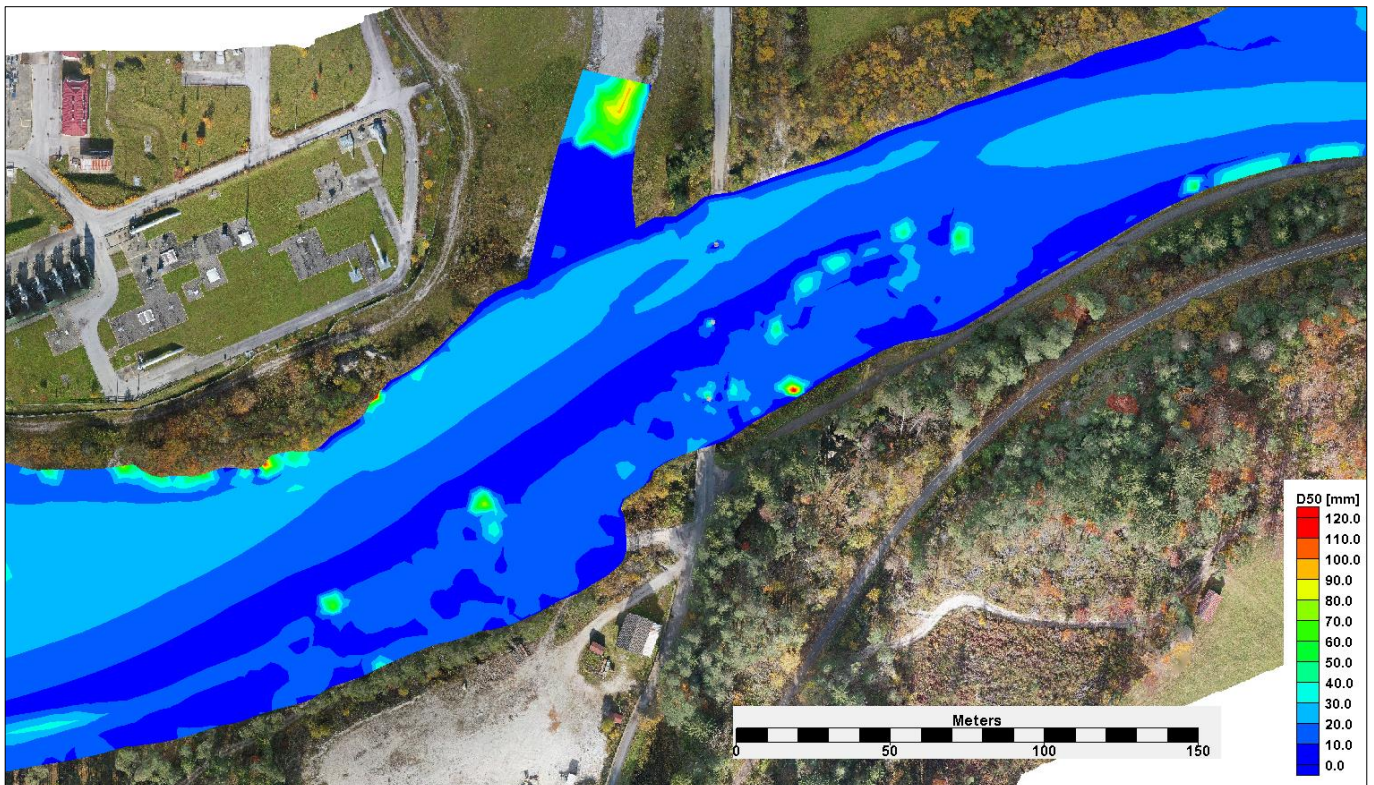


Figura 11 appendice -Distribuzione finale della granulometria superficiale, diametro medio formula MPM



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

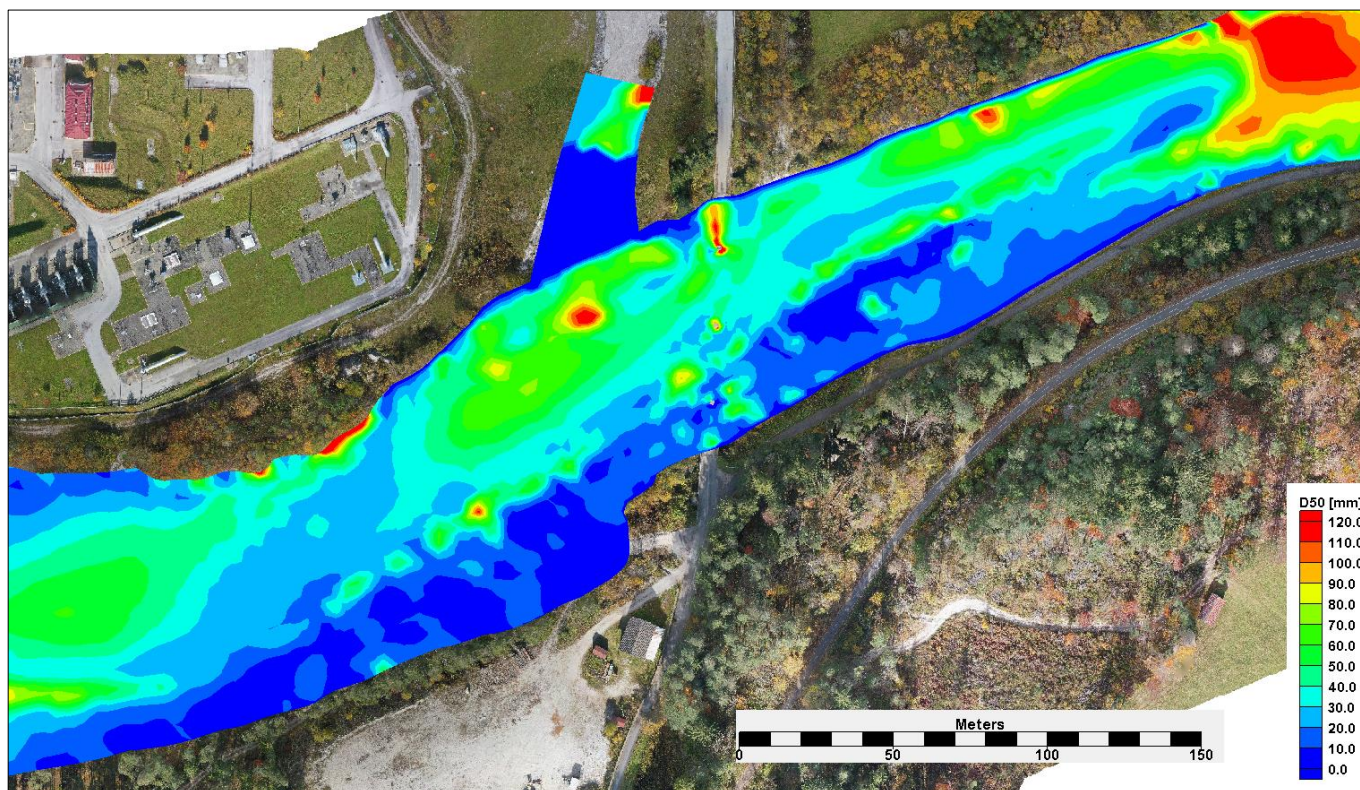


Figura 12 appendice -Distribuzione finale della granulometria superficiale, diametro medio formula Parker

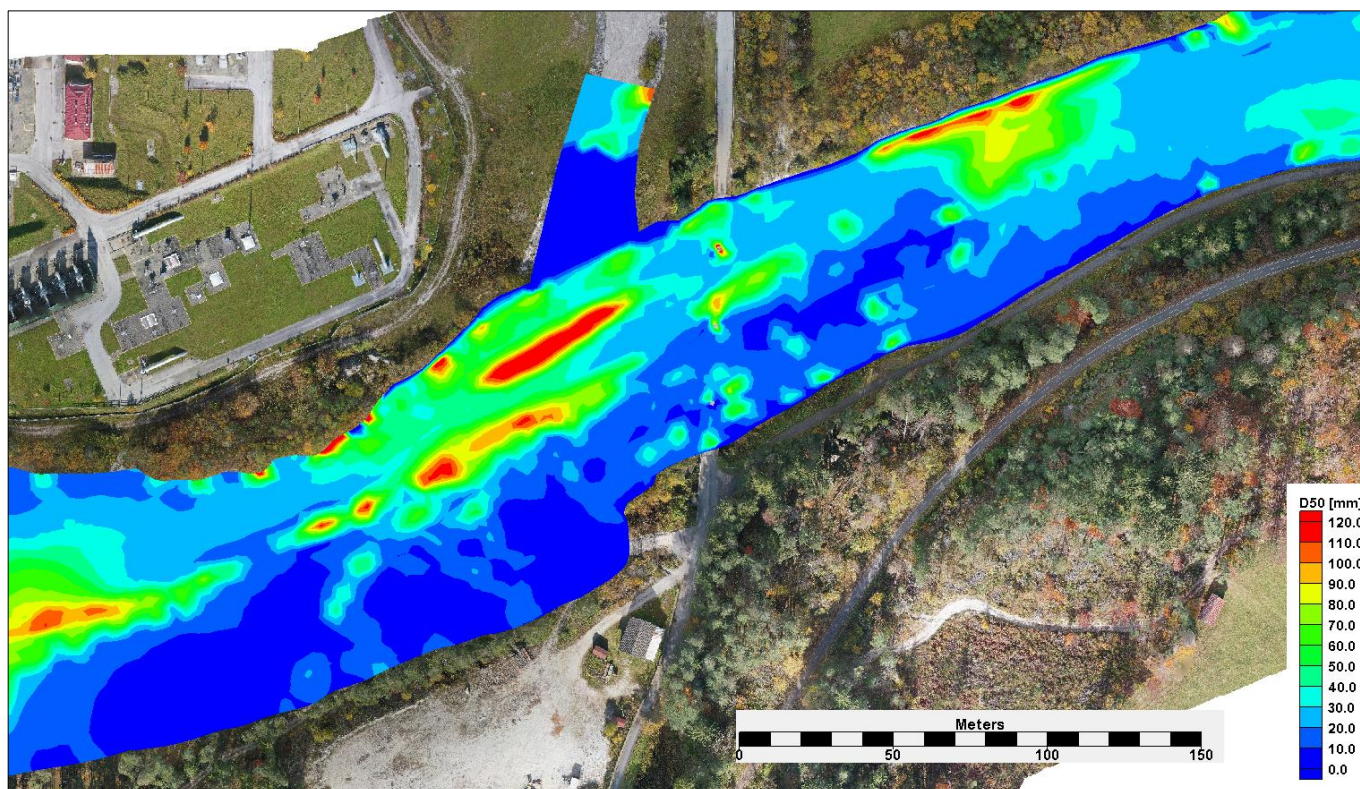


Figura 13 appendice -Distribuzione finale della granulometria superficiale, diametro medio formula Wilcock and Crowe



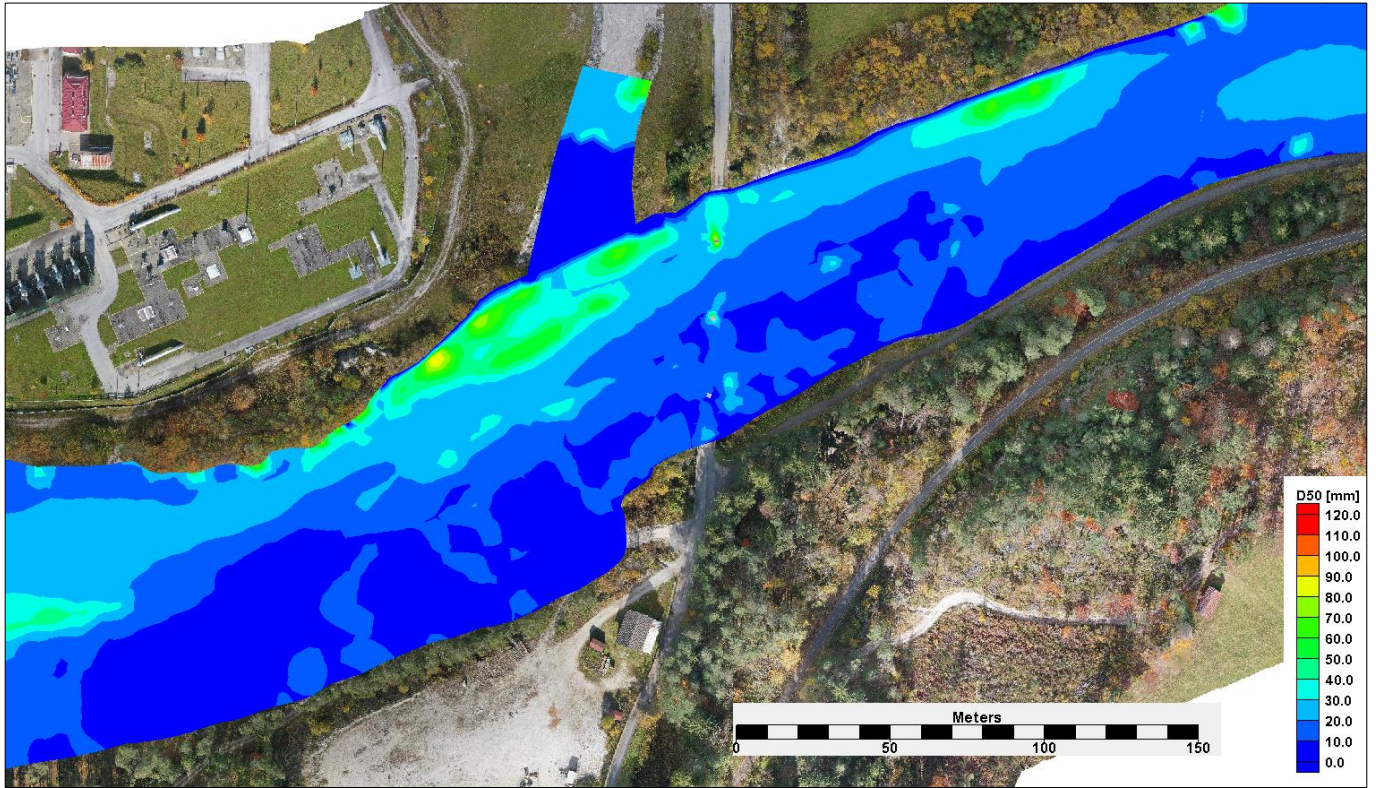


Figura 14 appendice -Distribuzione finale della granulometria superficiale, diametro medio formula Wu

## 12.3 EROSIONE SIMULATA

### 12.3.1 Formula MPM

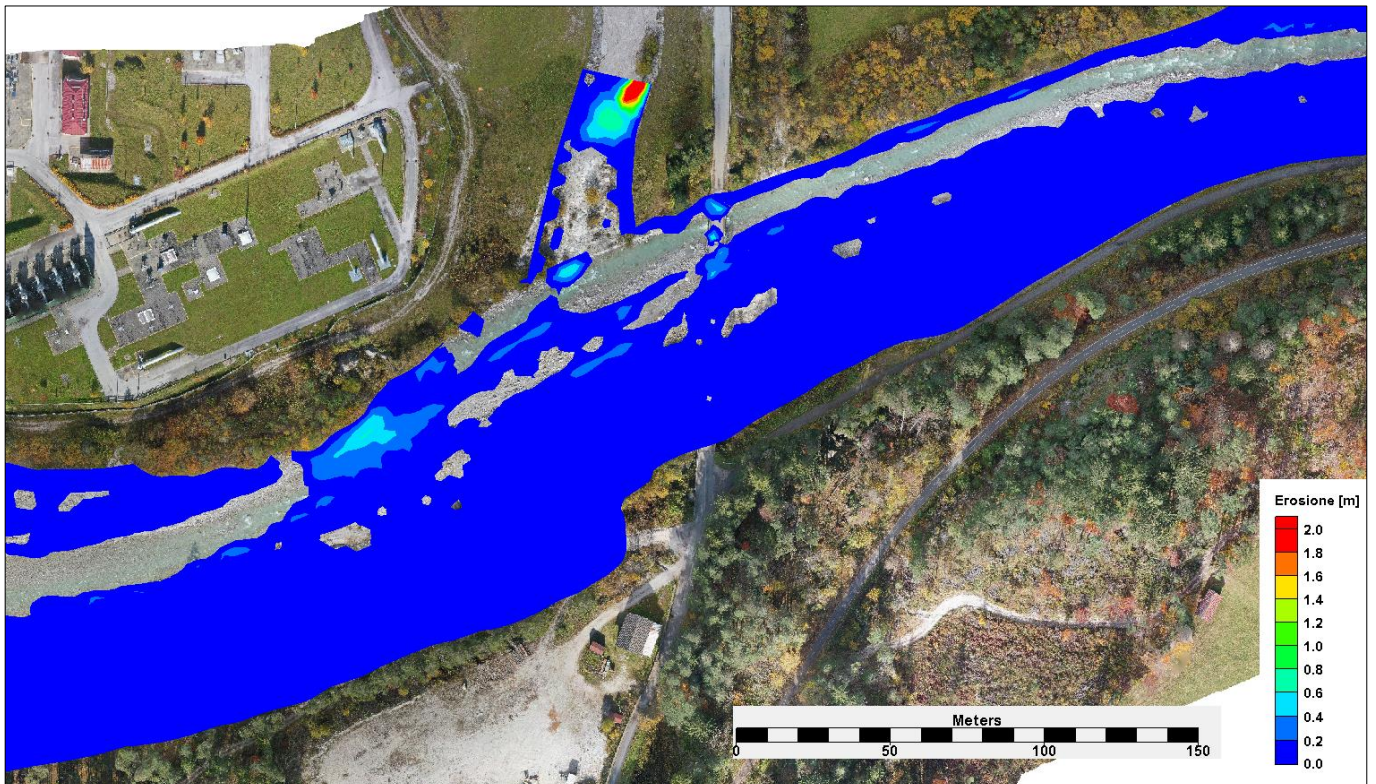


Figura 15 appendice - MPM erosione ore 3:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

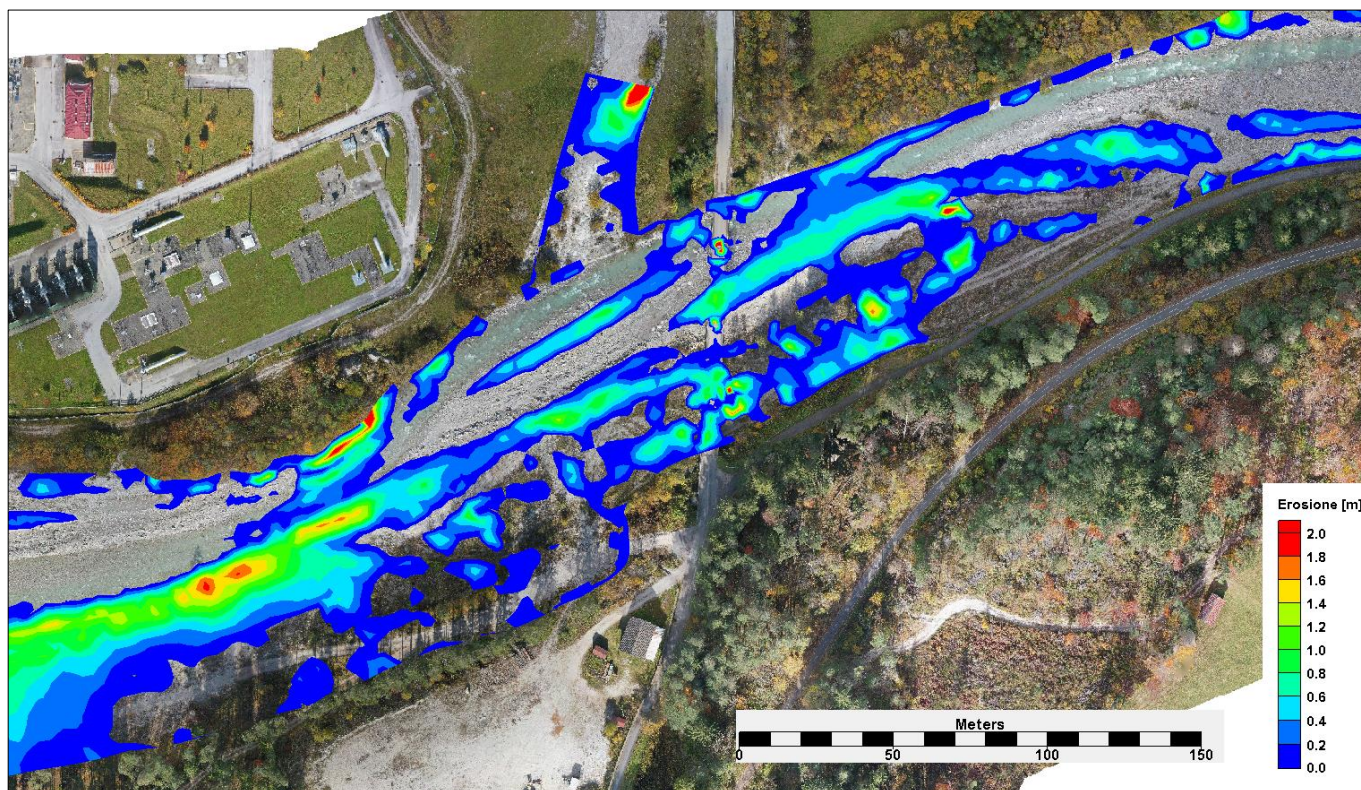


Figura 16 appendice -MPM erosione ore 4:00

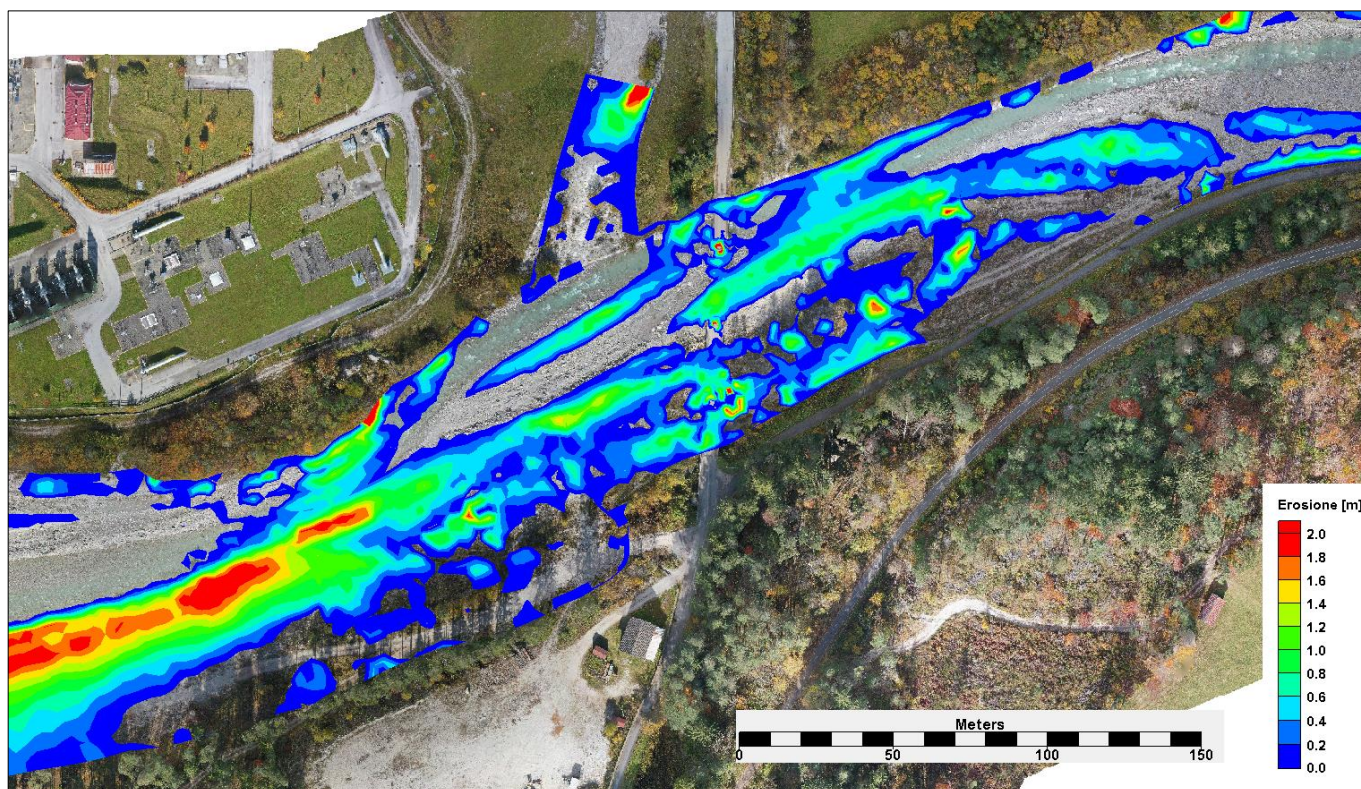


Figura 17 appendice -MPM erosione ore 5:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

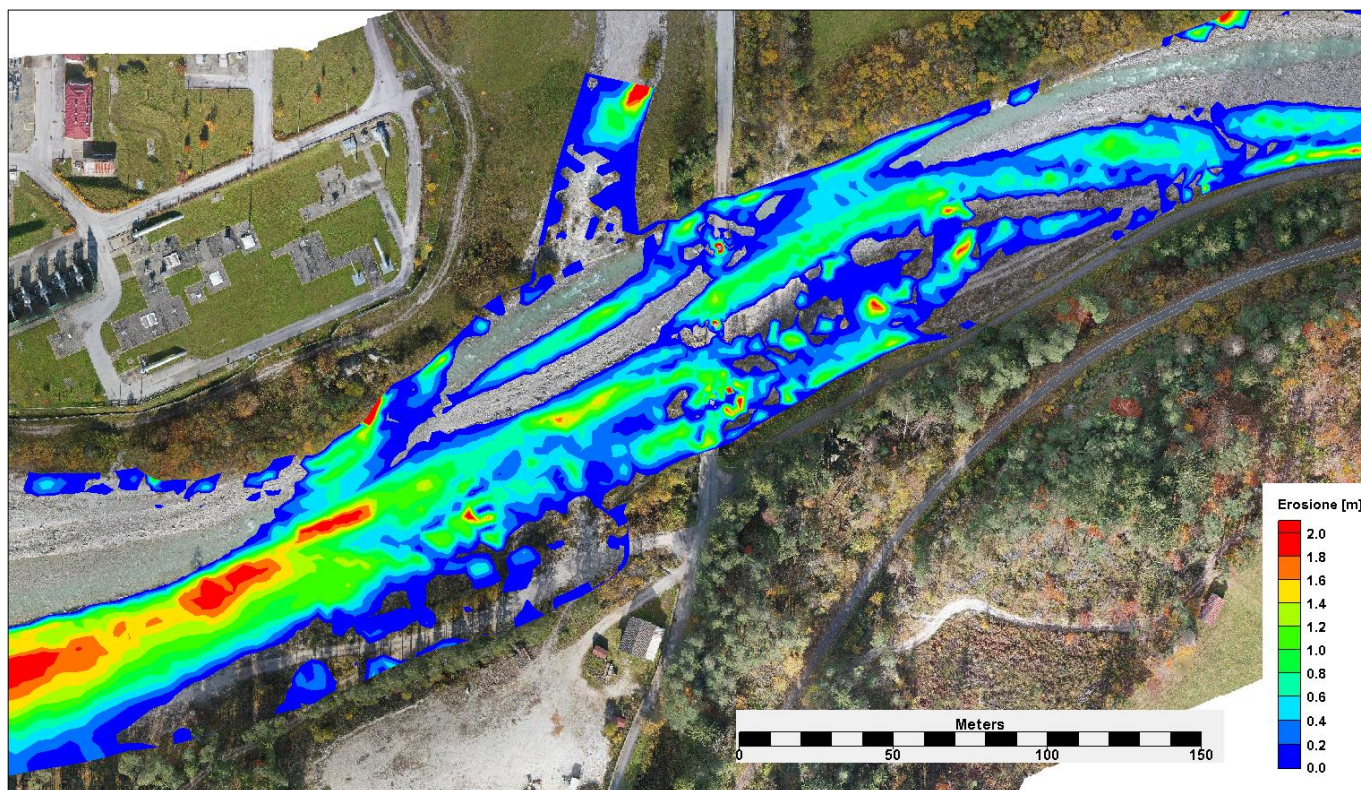


Figura 18 appendice -MPM erosione ore 6:00

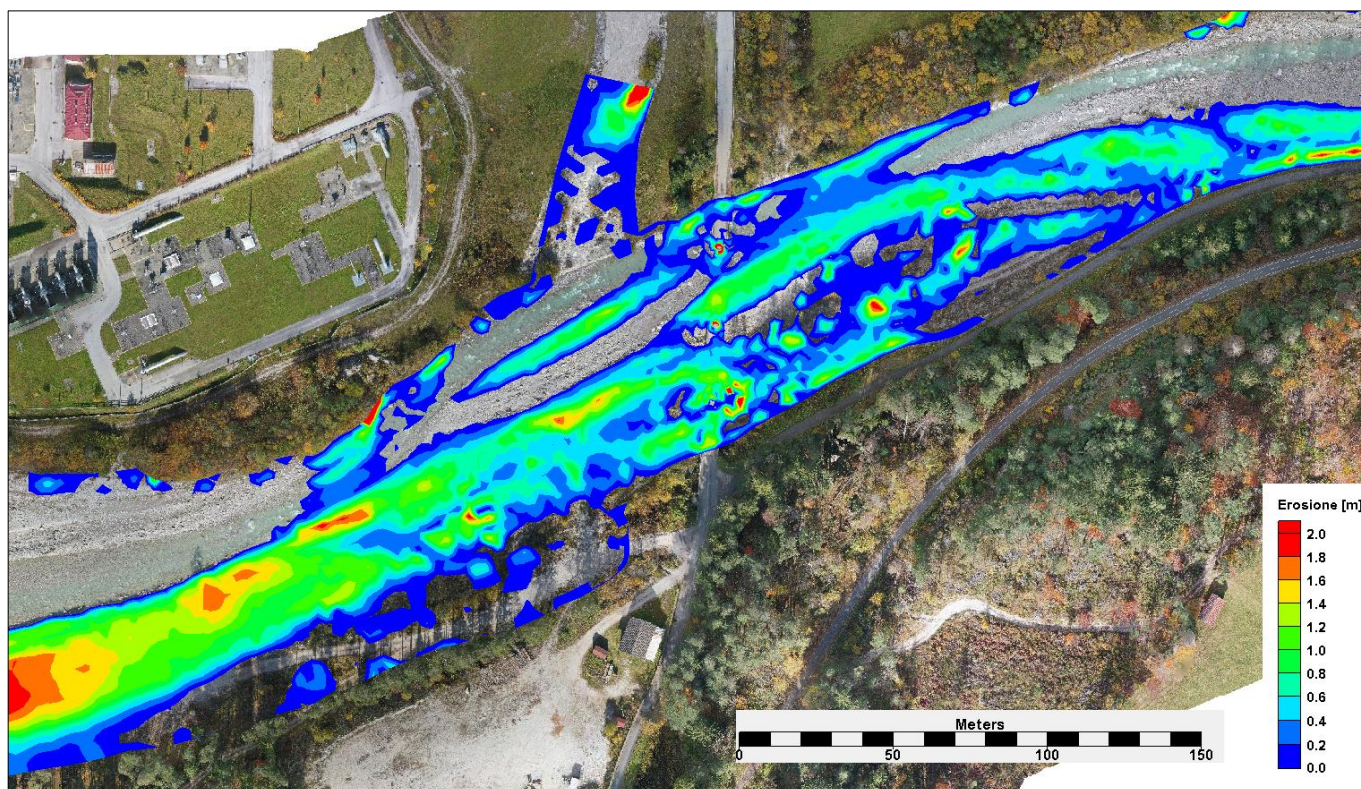


Figura 19 appendice -MPM erosione ore 7:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

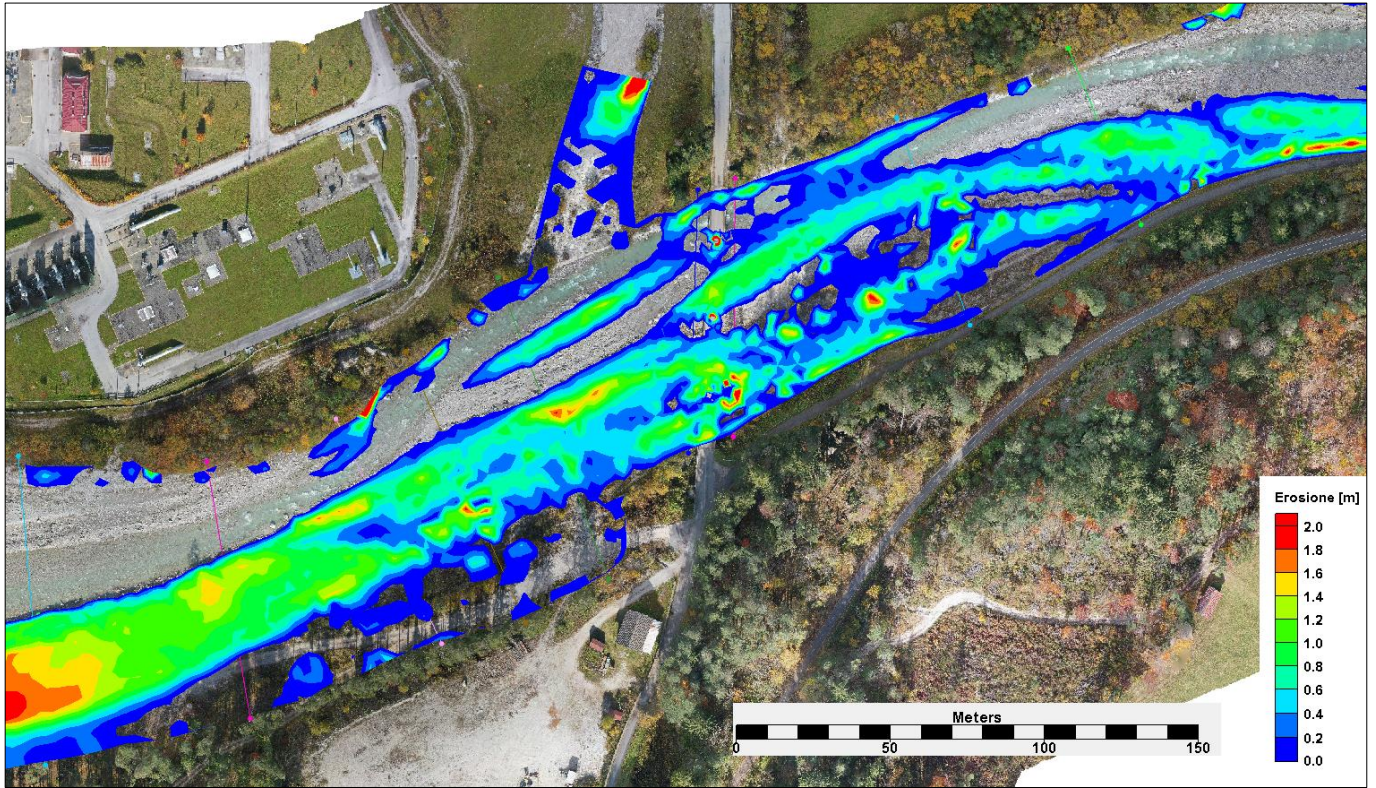


Figura 20 appendice -MPM erosione ore 8:00

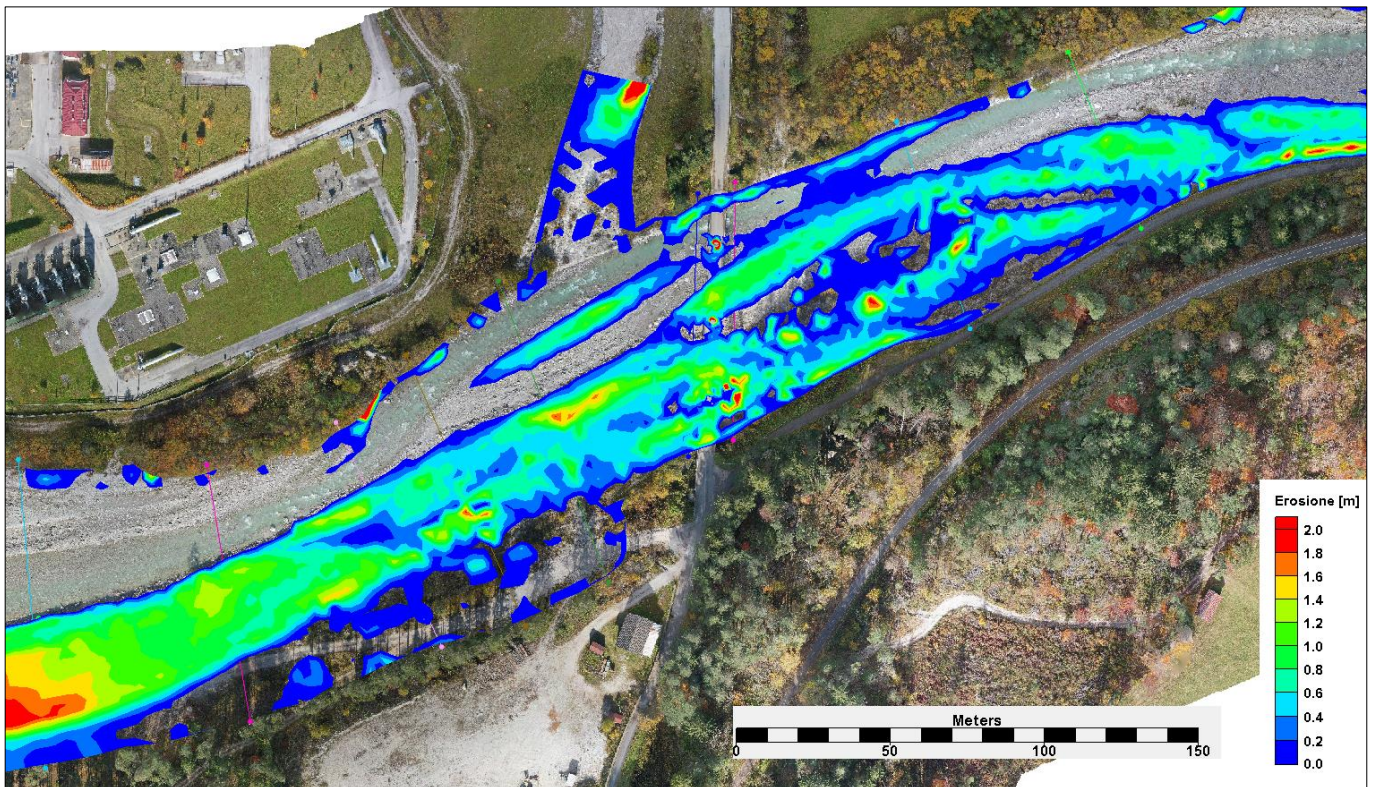


Figura 21 appendice -MPM erosione ore 9:00



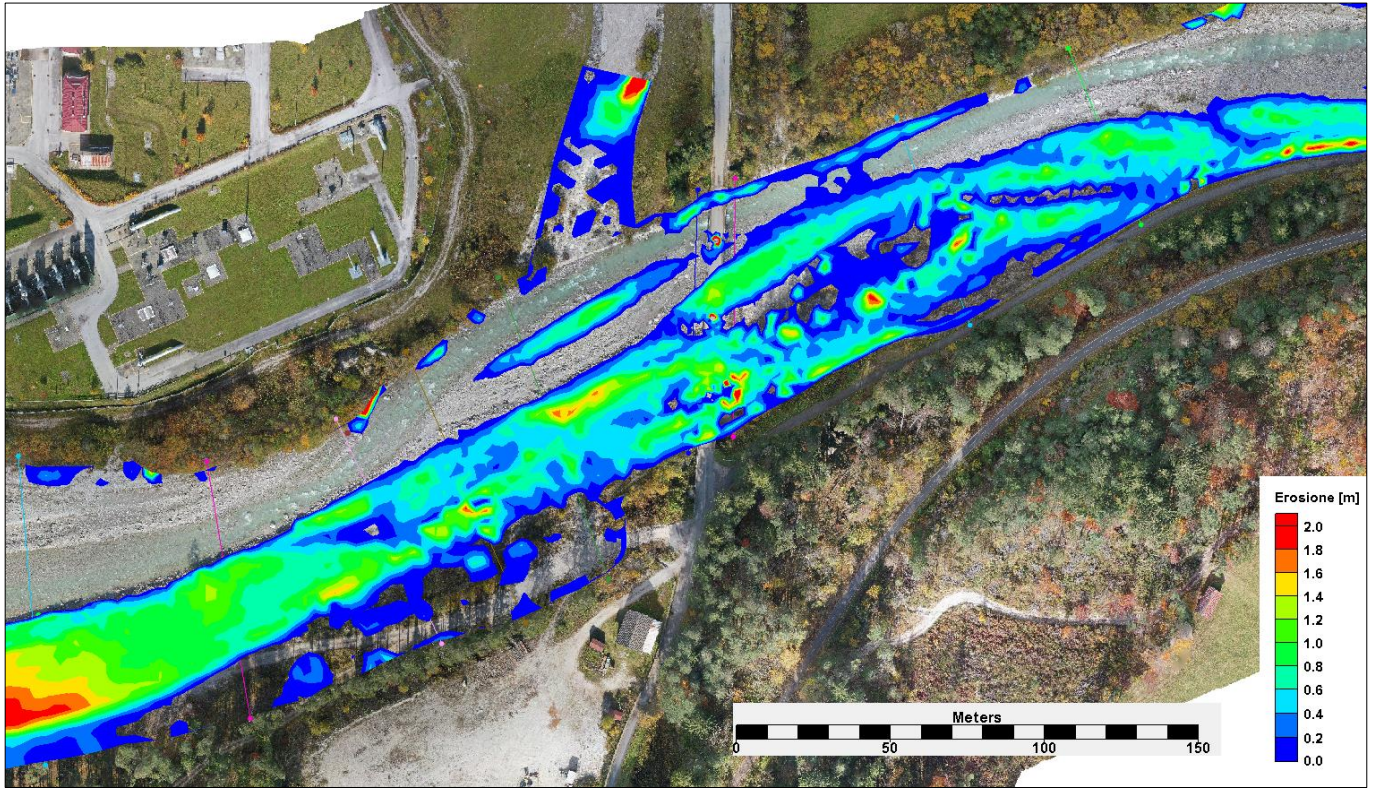


Figura 22 appendice -MPM erosione ore 10:00

**12.3.2 Formula di Parker**

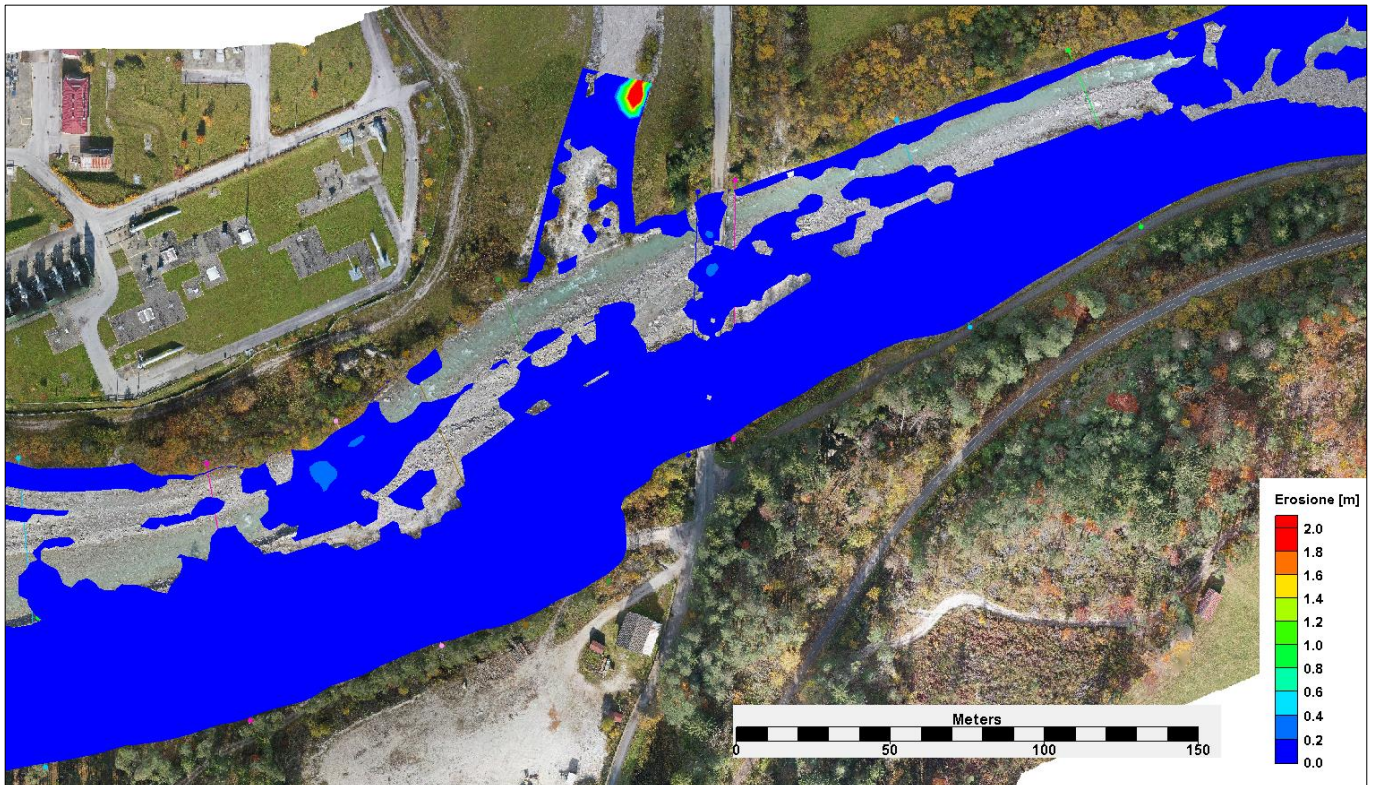


Figura 23 appendice -Parker erosione ore 3:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

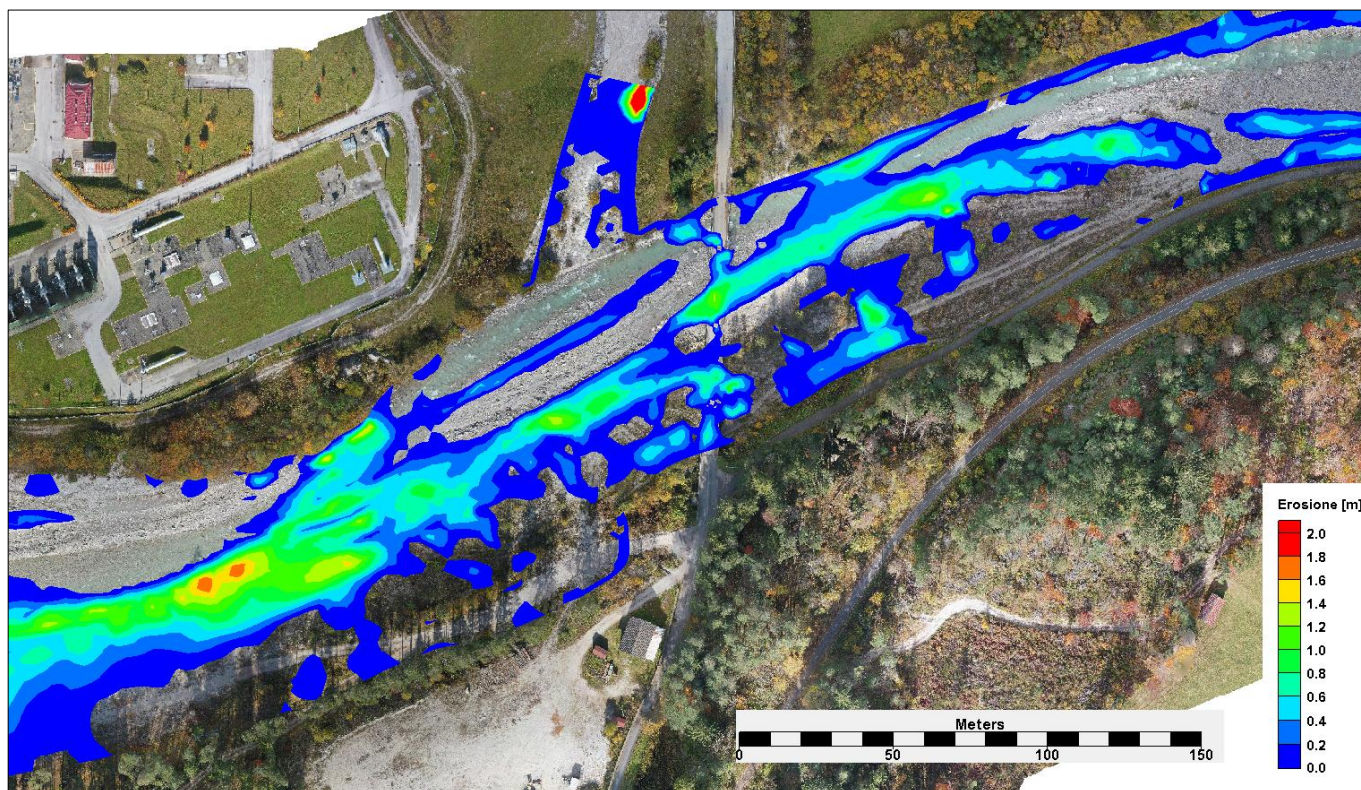


Figura 24 appendice -Parker erosione ore 4:00

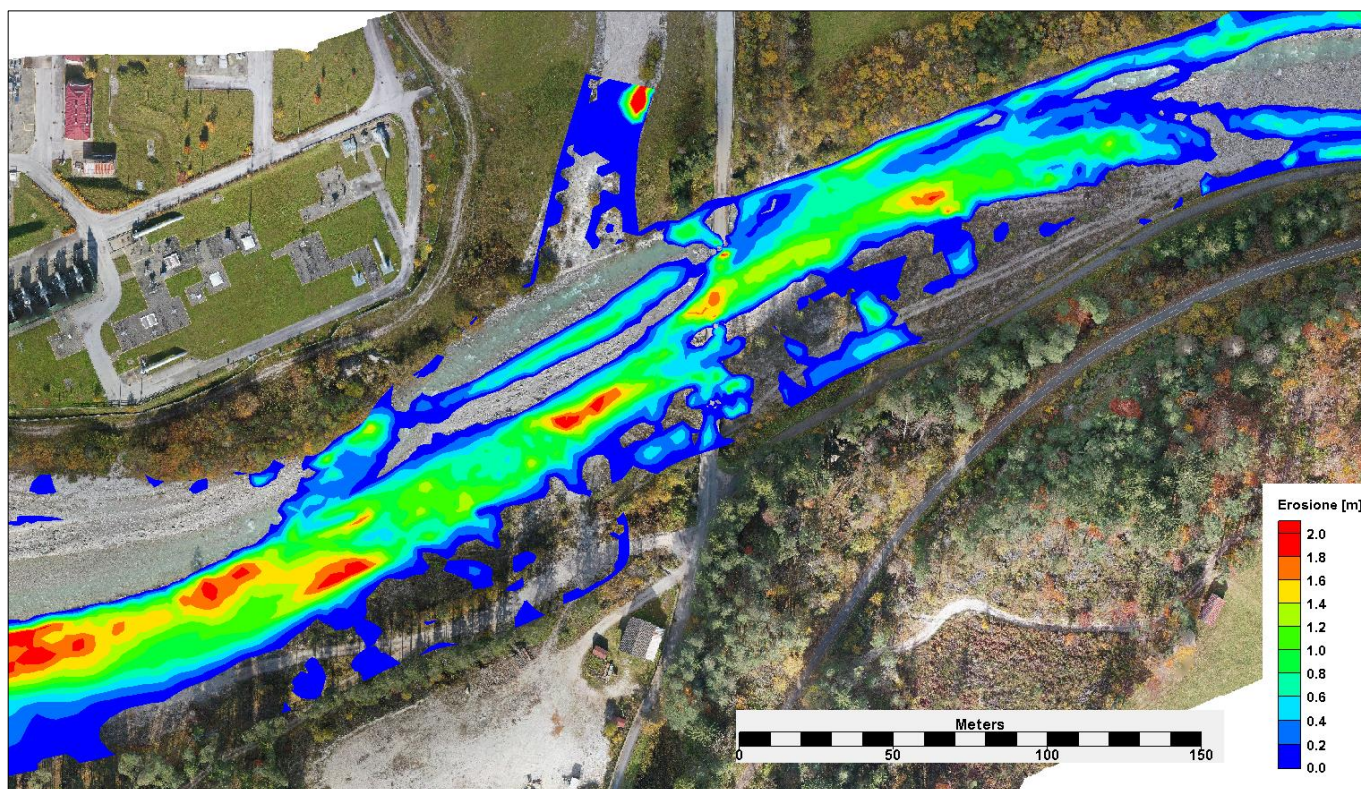


Figura 25 appendice -Parker erosione ore 5:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

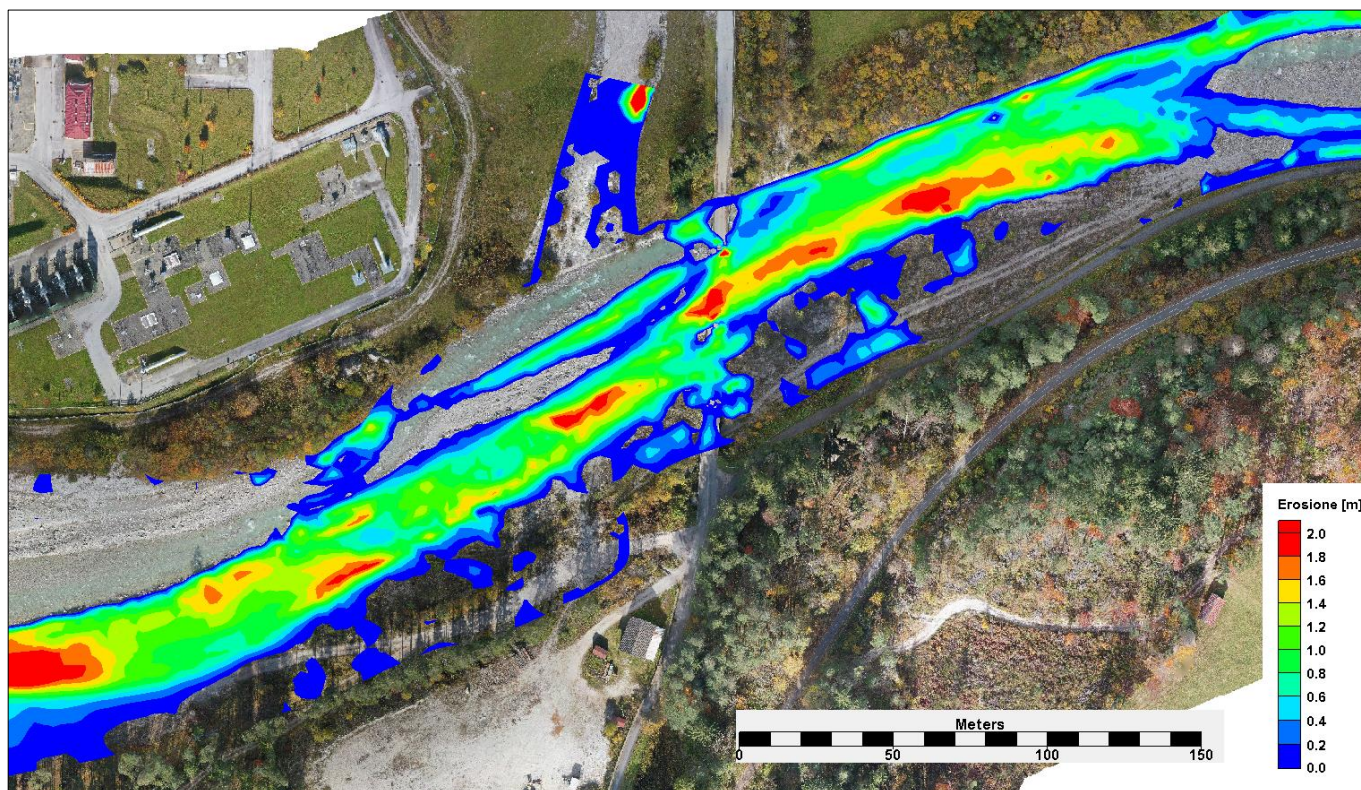


Figura 26 appendice -Parker erosione ore 6:00

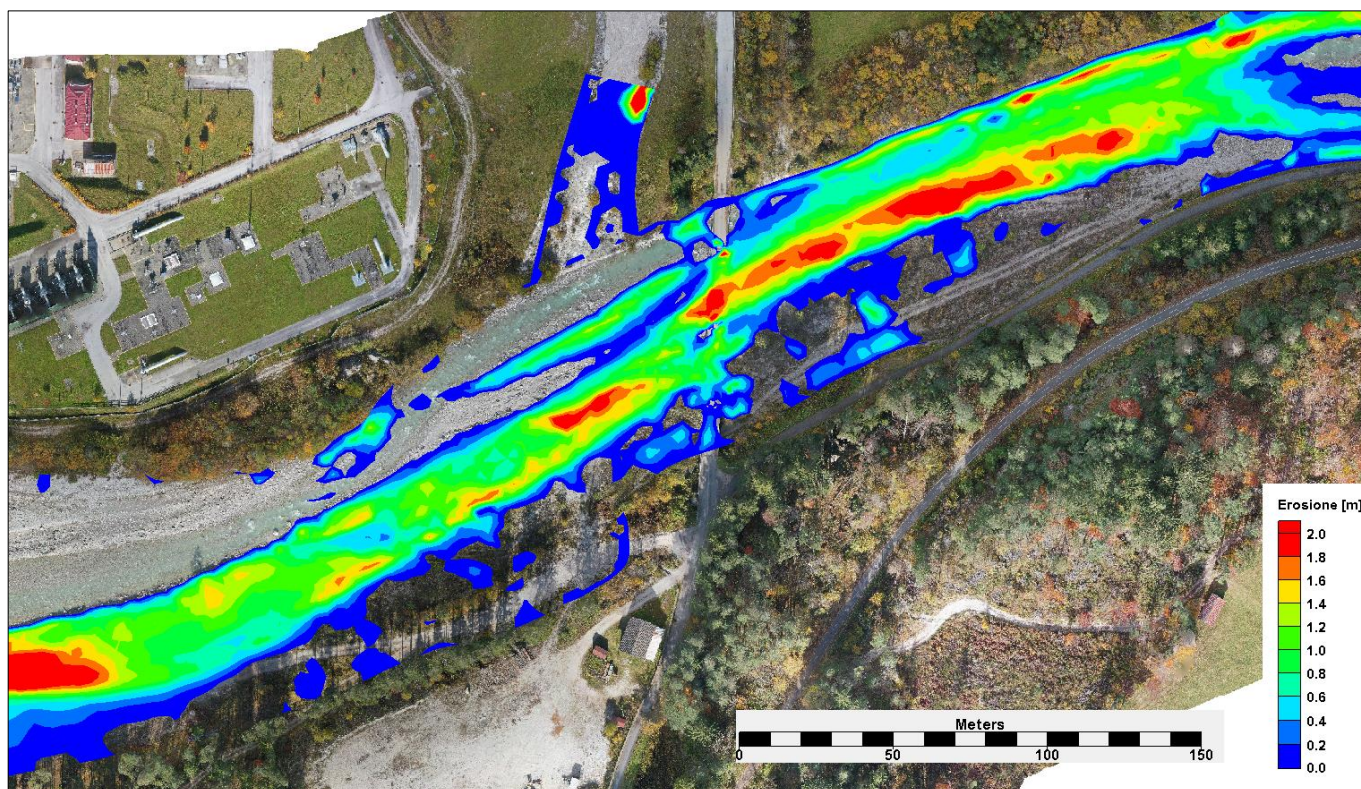


Figura 27 appendice -Parker erosione ore 7:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

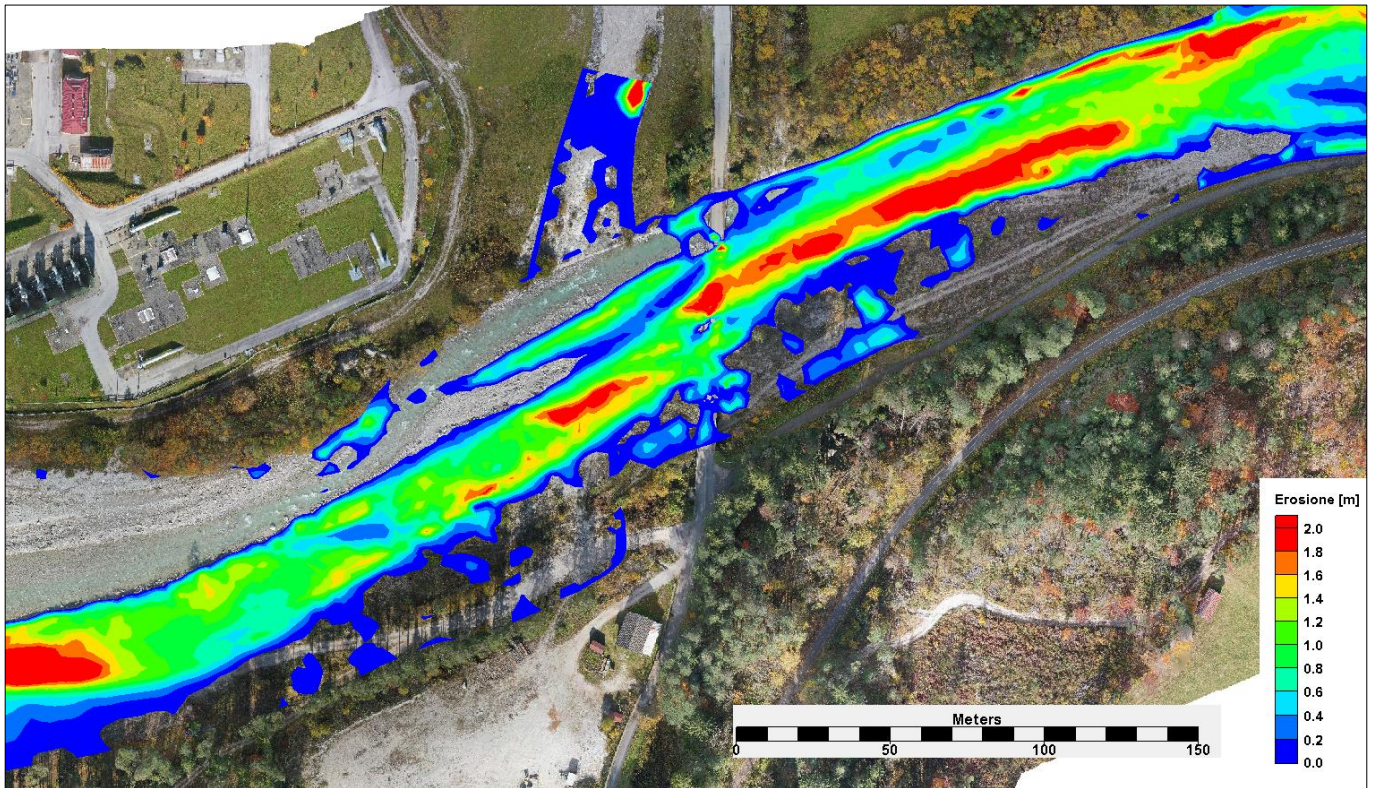


Figura 28 appendice -Parker erosione ore 8:00

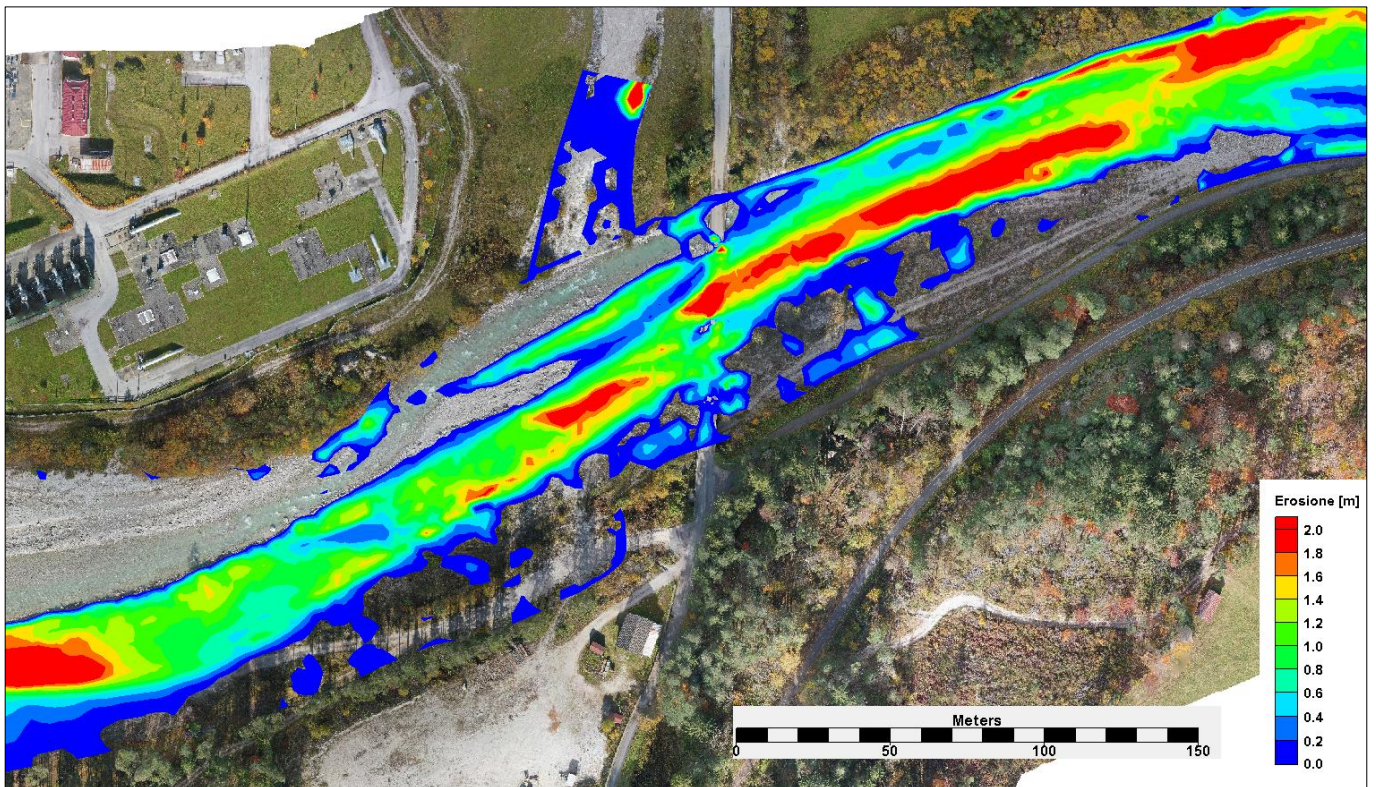


Figura 29 appendice -Parker erosione ore 9:00



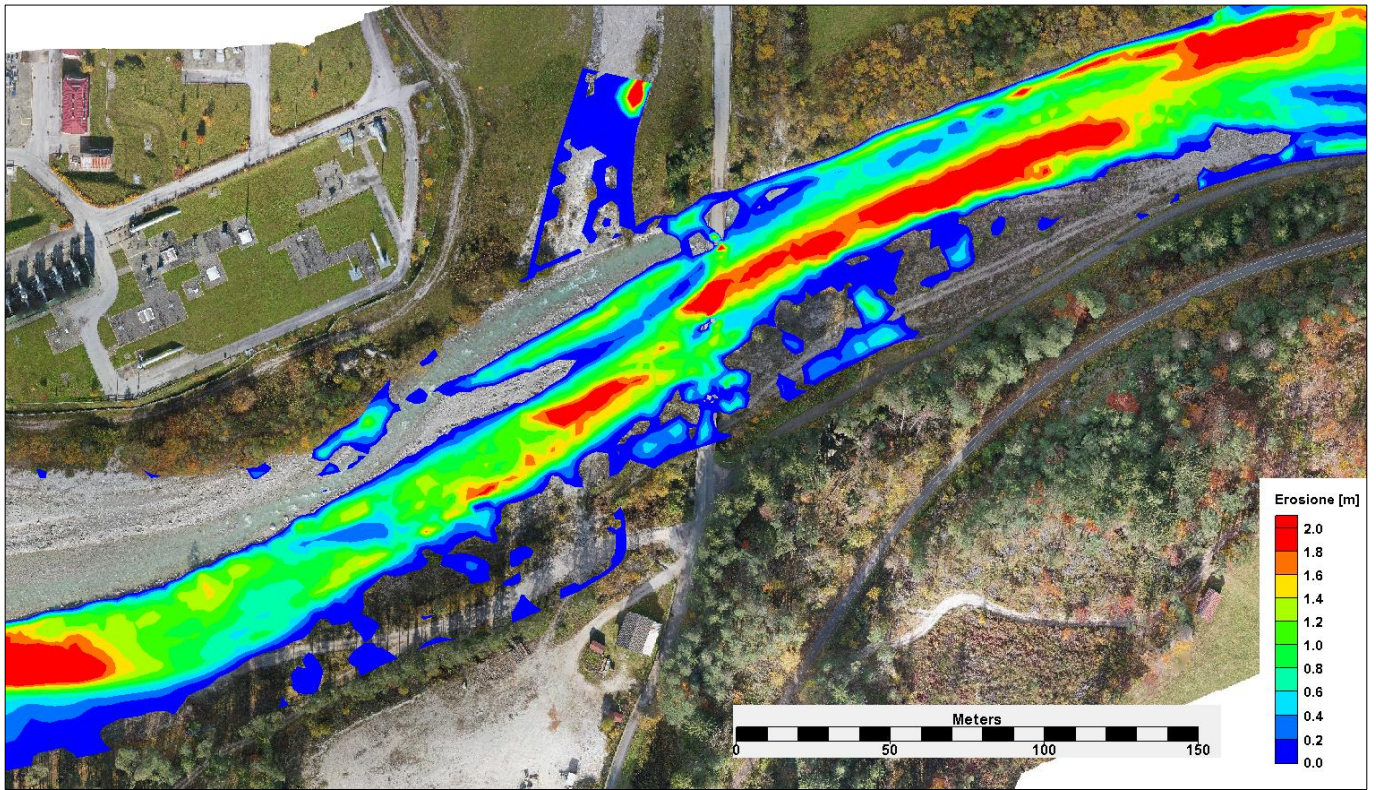


Figura 30 appendice -Parker erosione ore 10:00

### 12.3.3 Formula Wilcock and Crowe

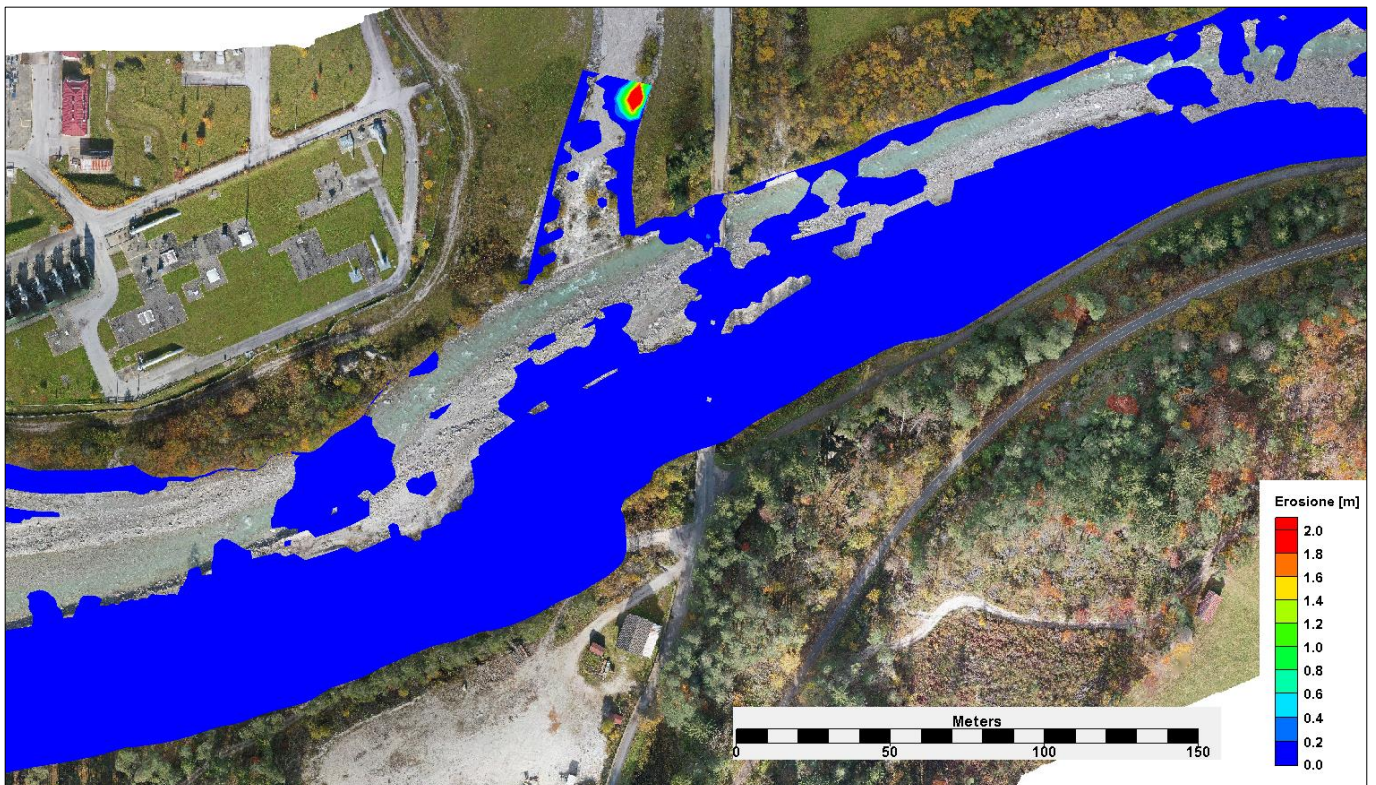


Figura 31 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 3:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

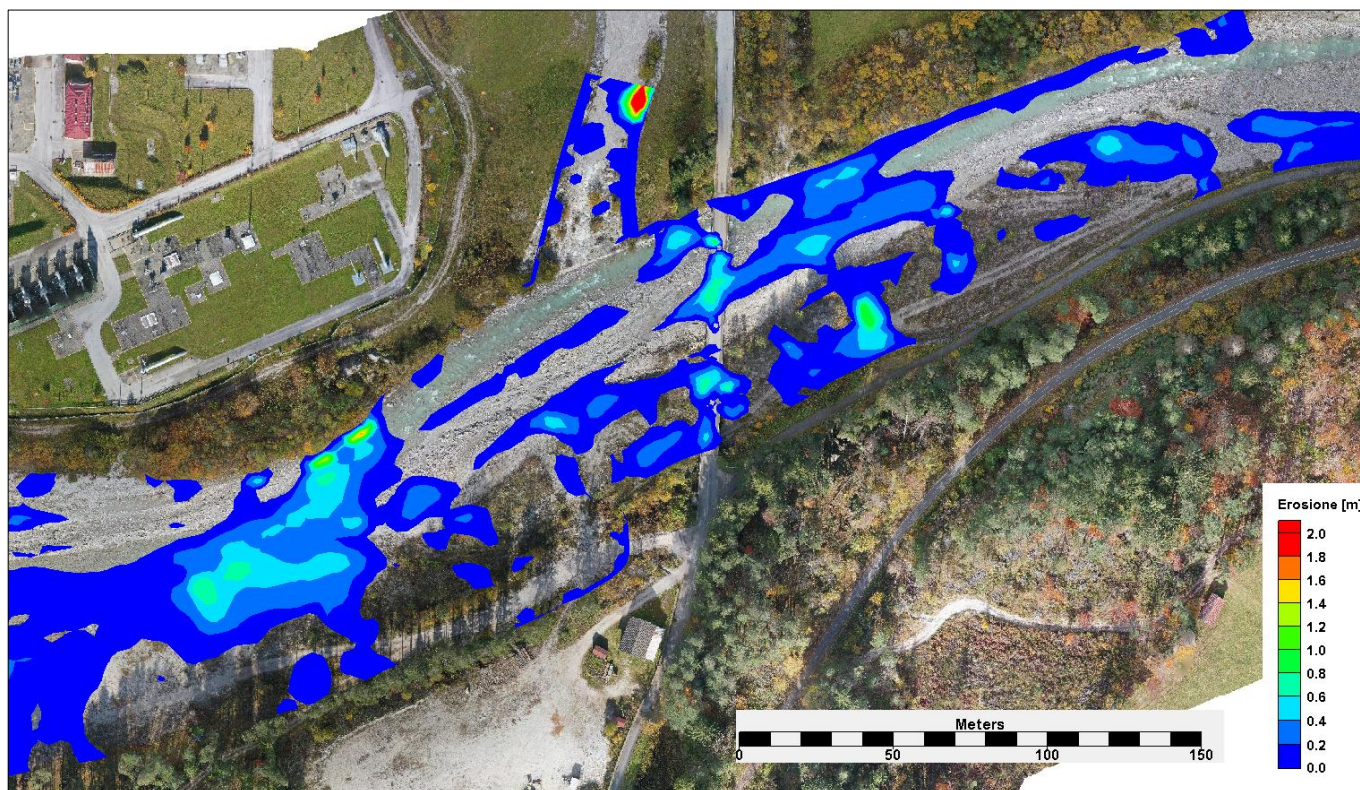


Figura 32 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 4:00

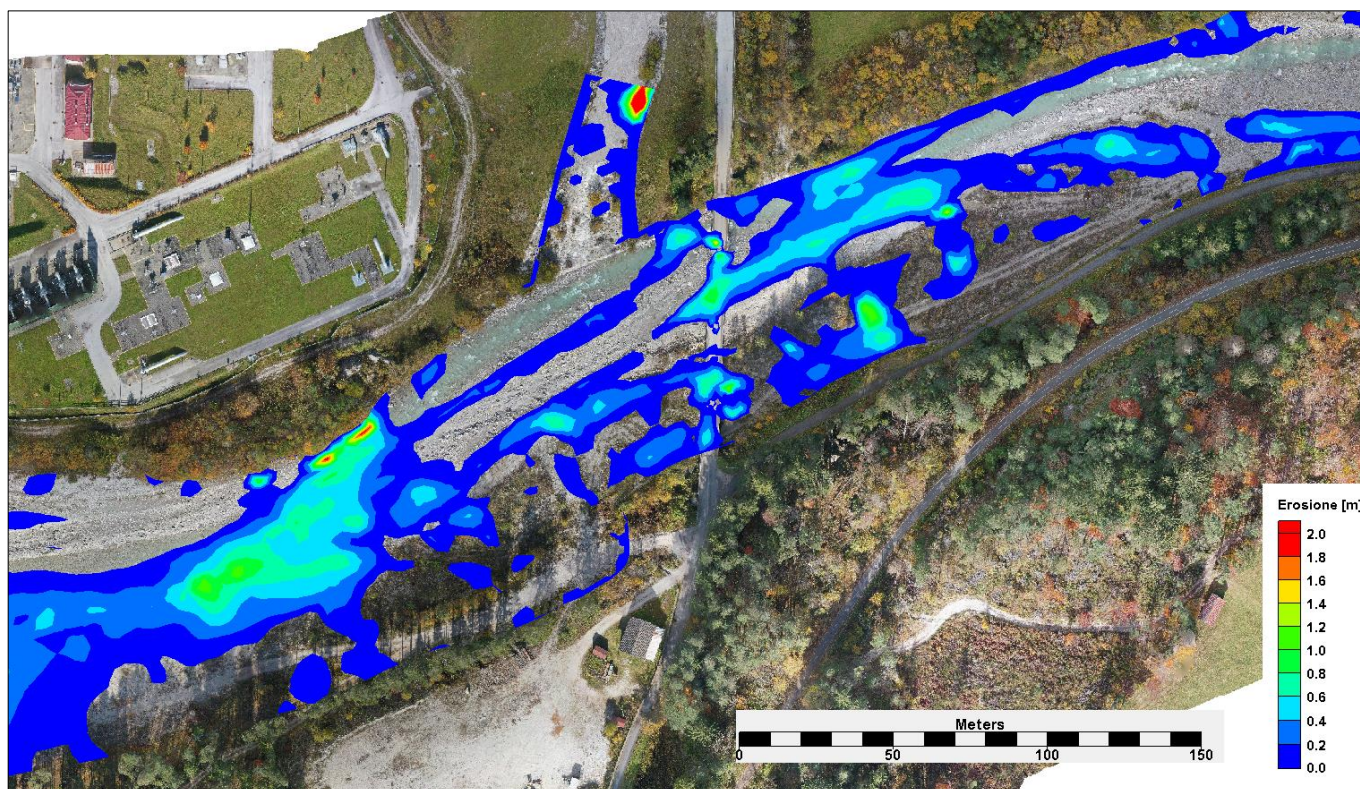


Figura 33 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 5:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

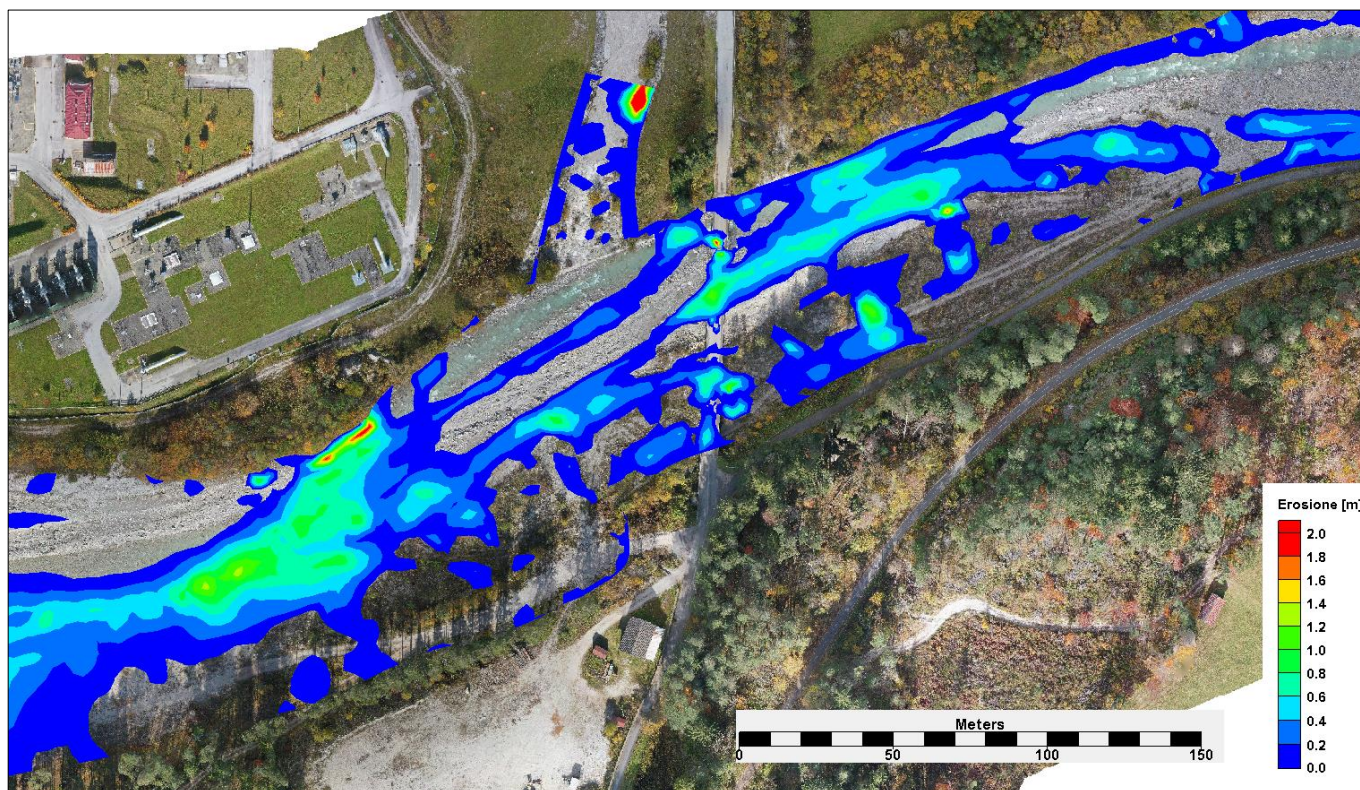


Figura 34 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 6:00

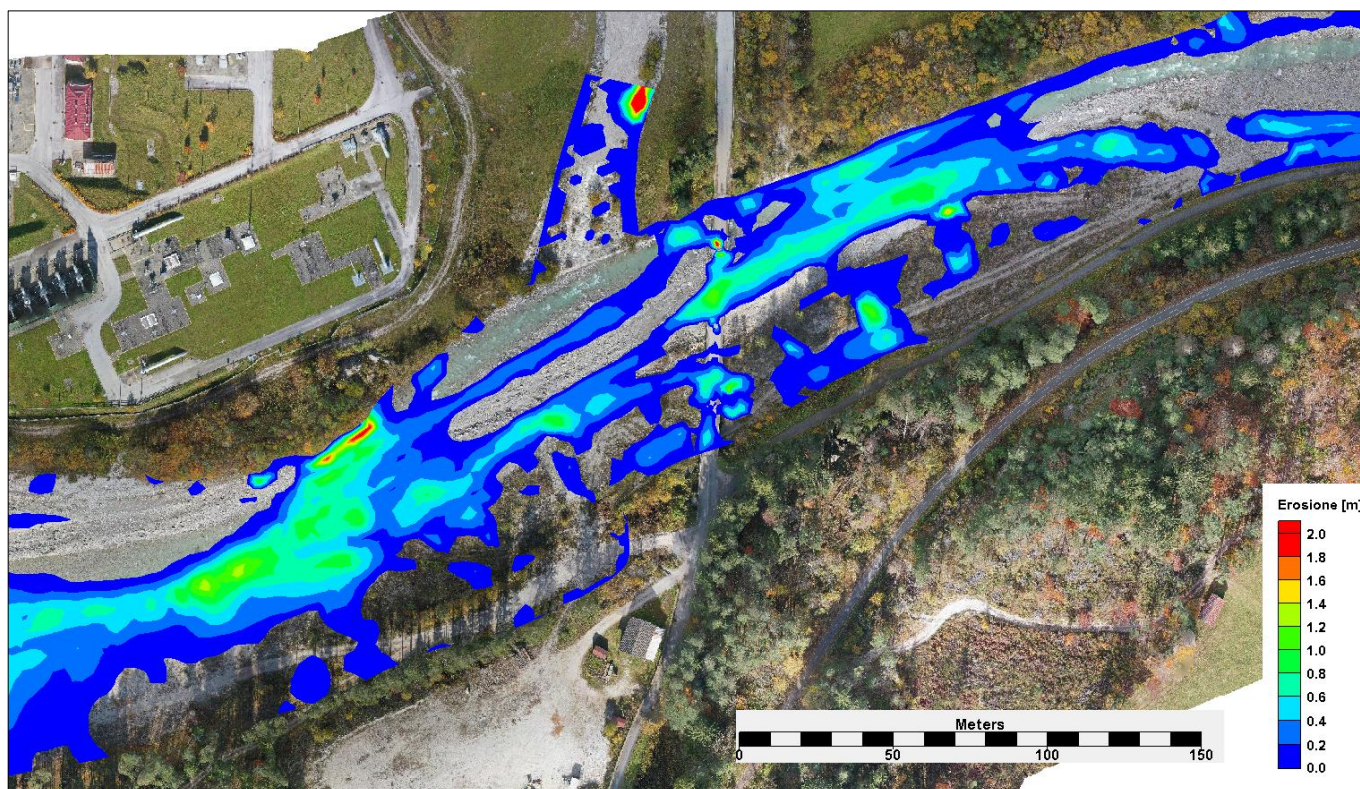


Figura 35 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 7:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

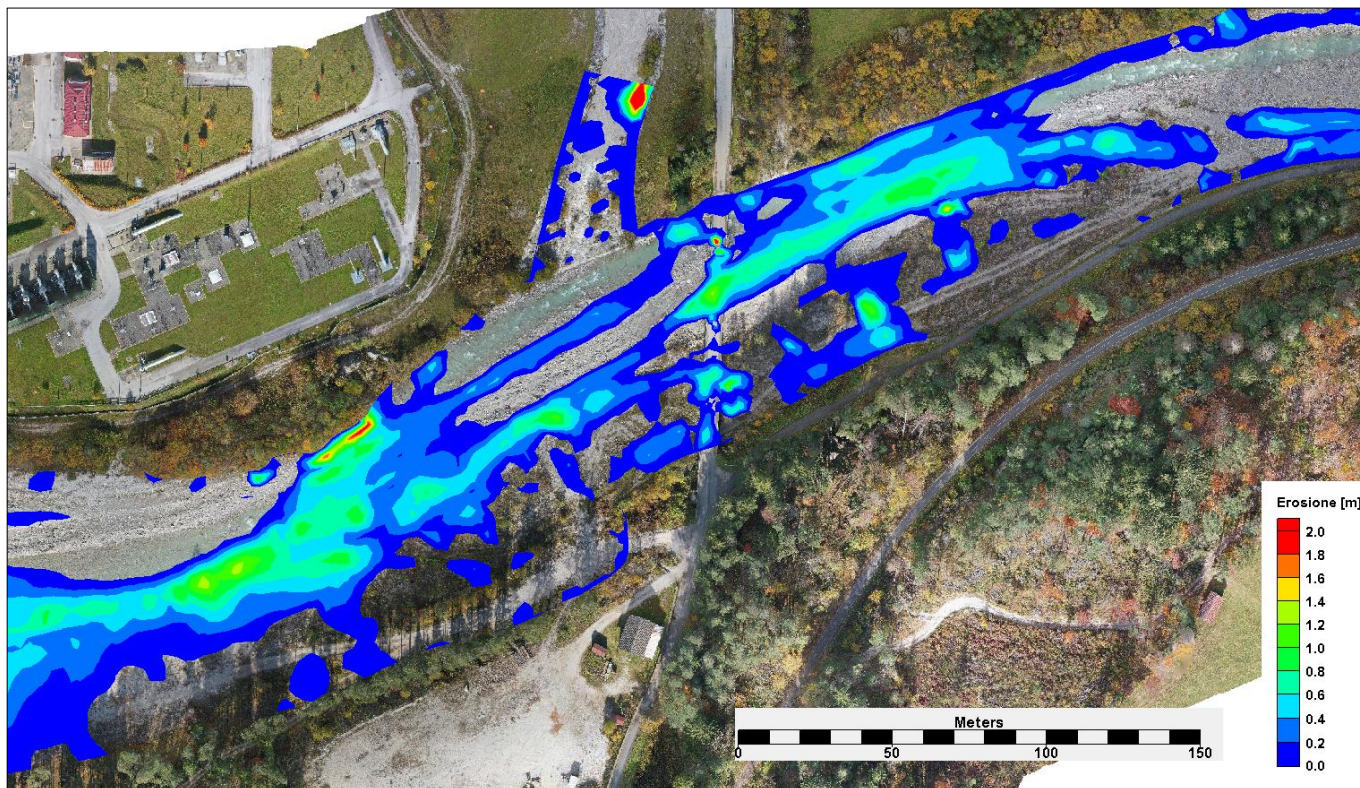


Figura 36 appendice - Wilcock and Crowe erosione ore 8:00

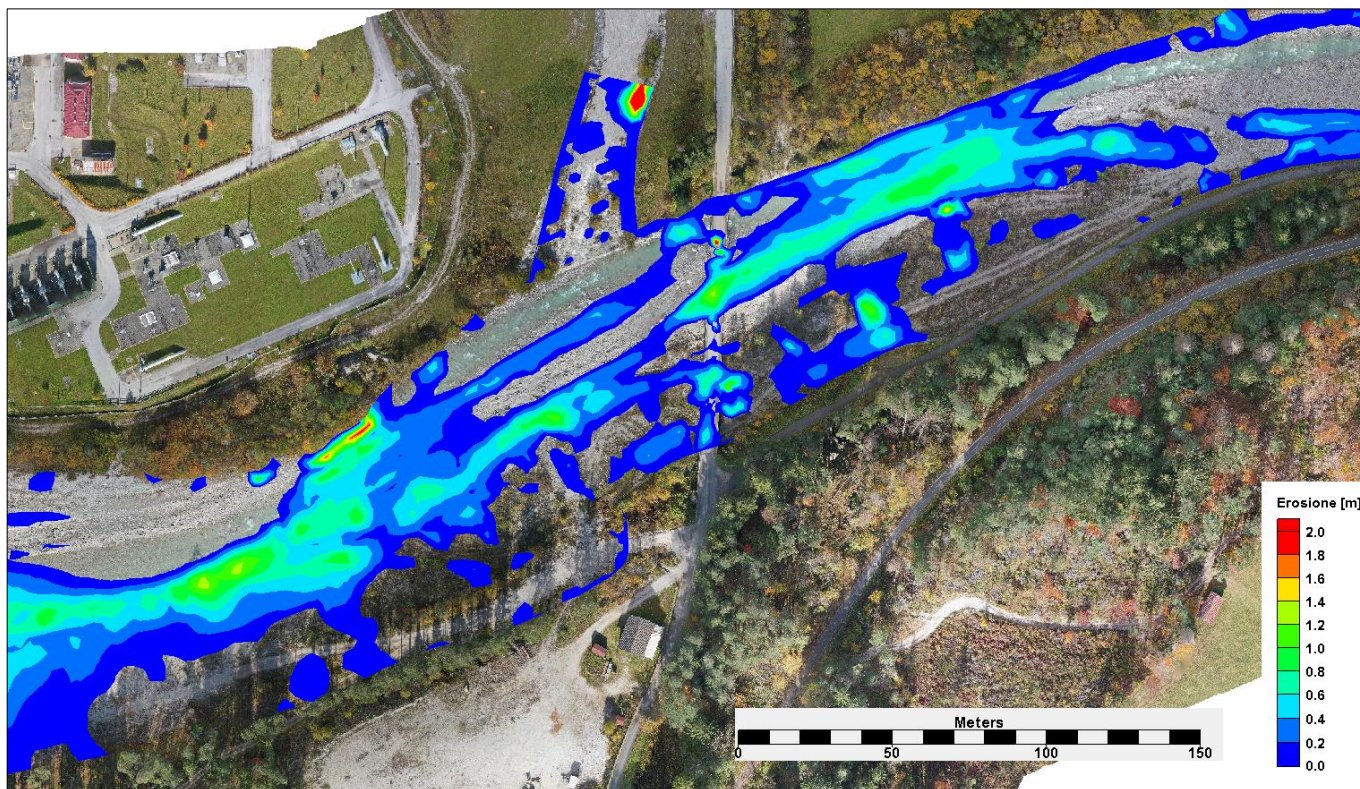


Figura 37 appendice - Wilcock and Crowe erosione ore 9:00



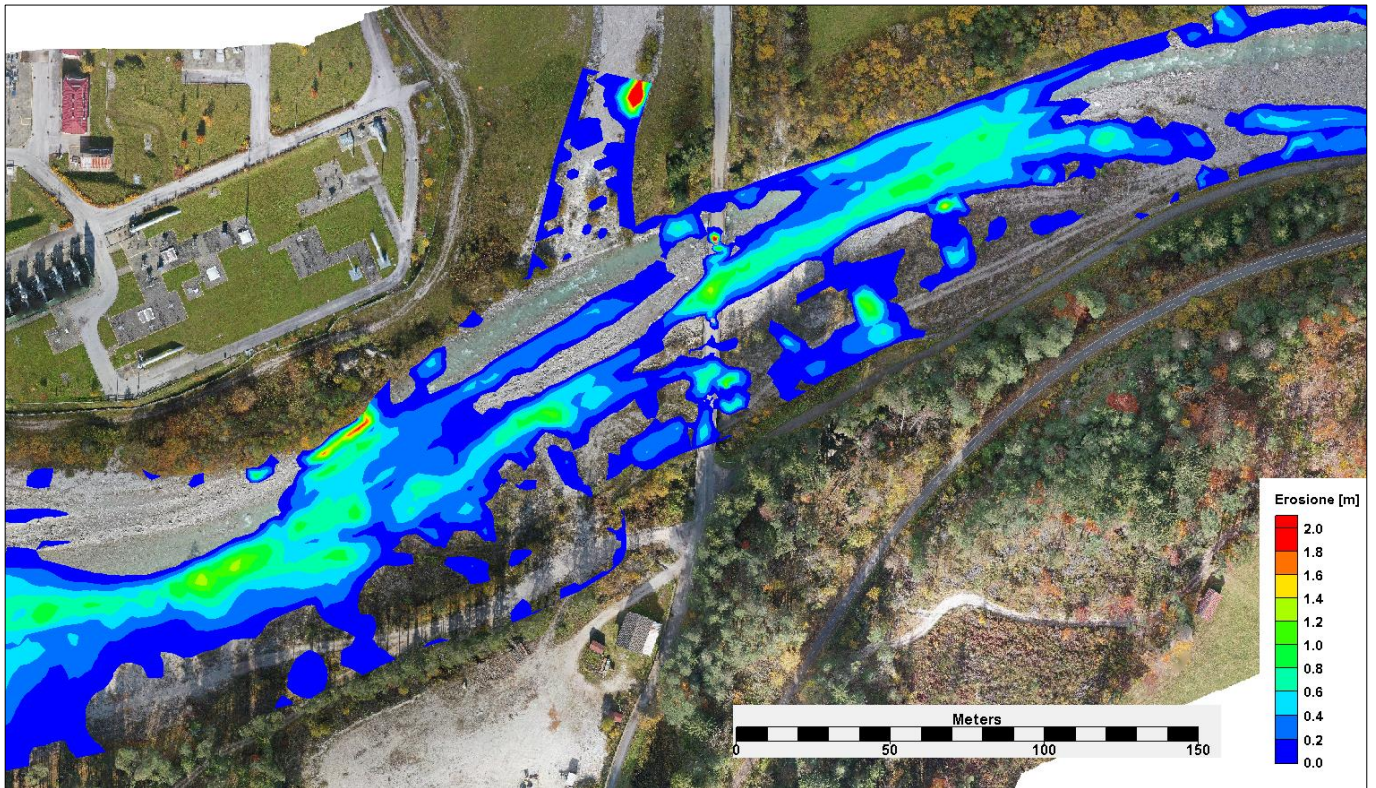


Figura 38 appendice -Wilcock and Crowe erosione ore 10:00

### 12.3.4 Formula di Wu

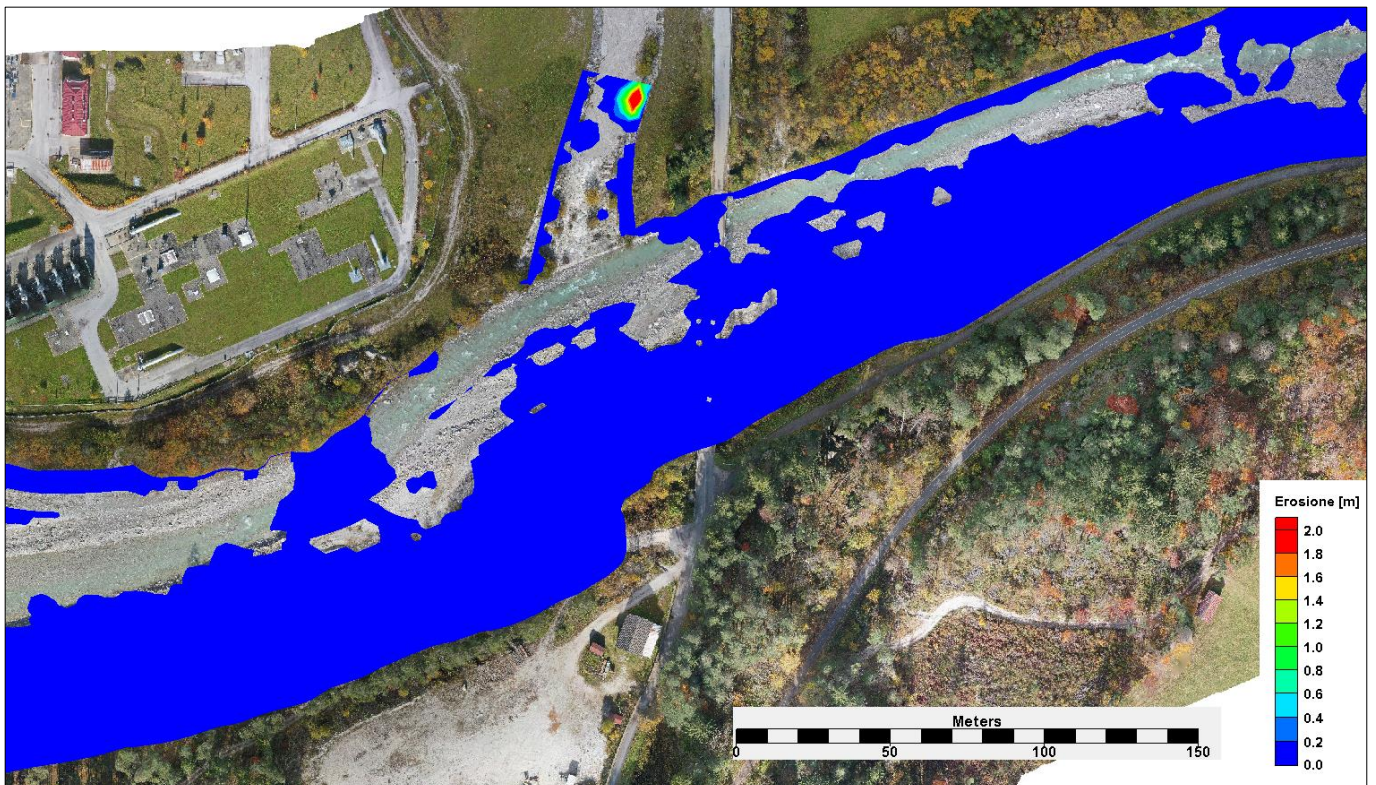


Figura 39 appendice -Wu erosione ore 3:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

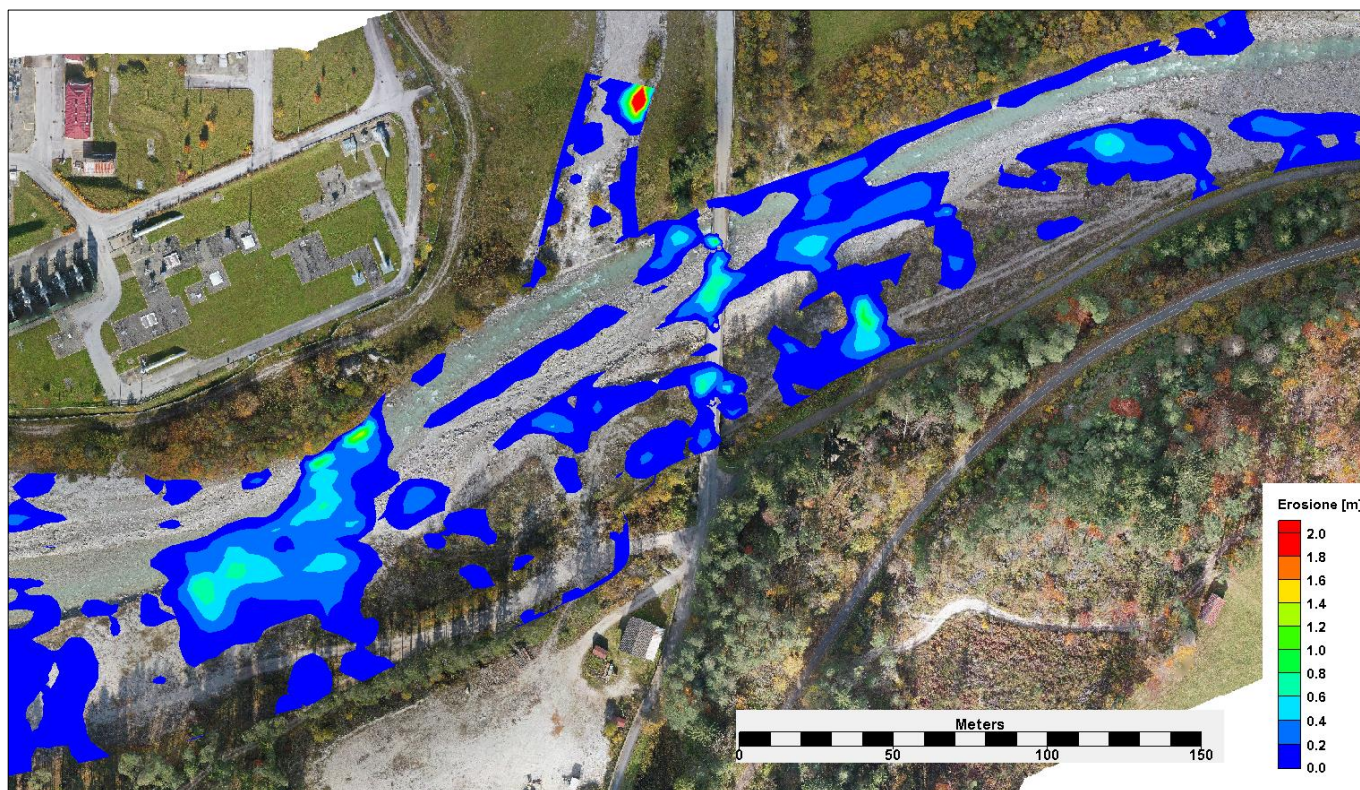


Figura 40 appendice -Wu erosione ore 4:00

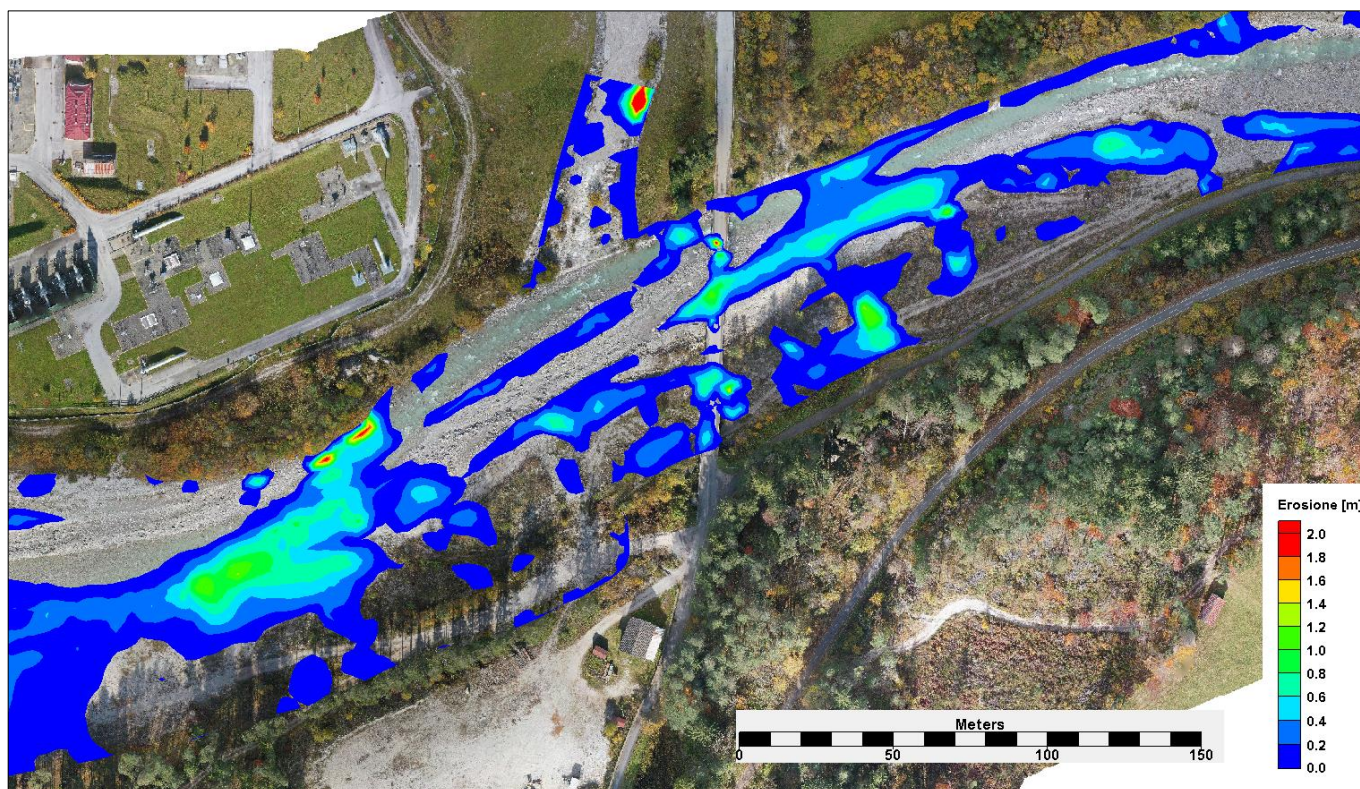


Figura 41 appendice -Wu erosione ore 5:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

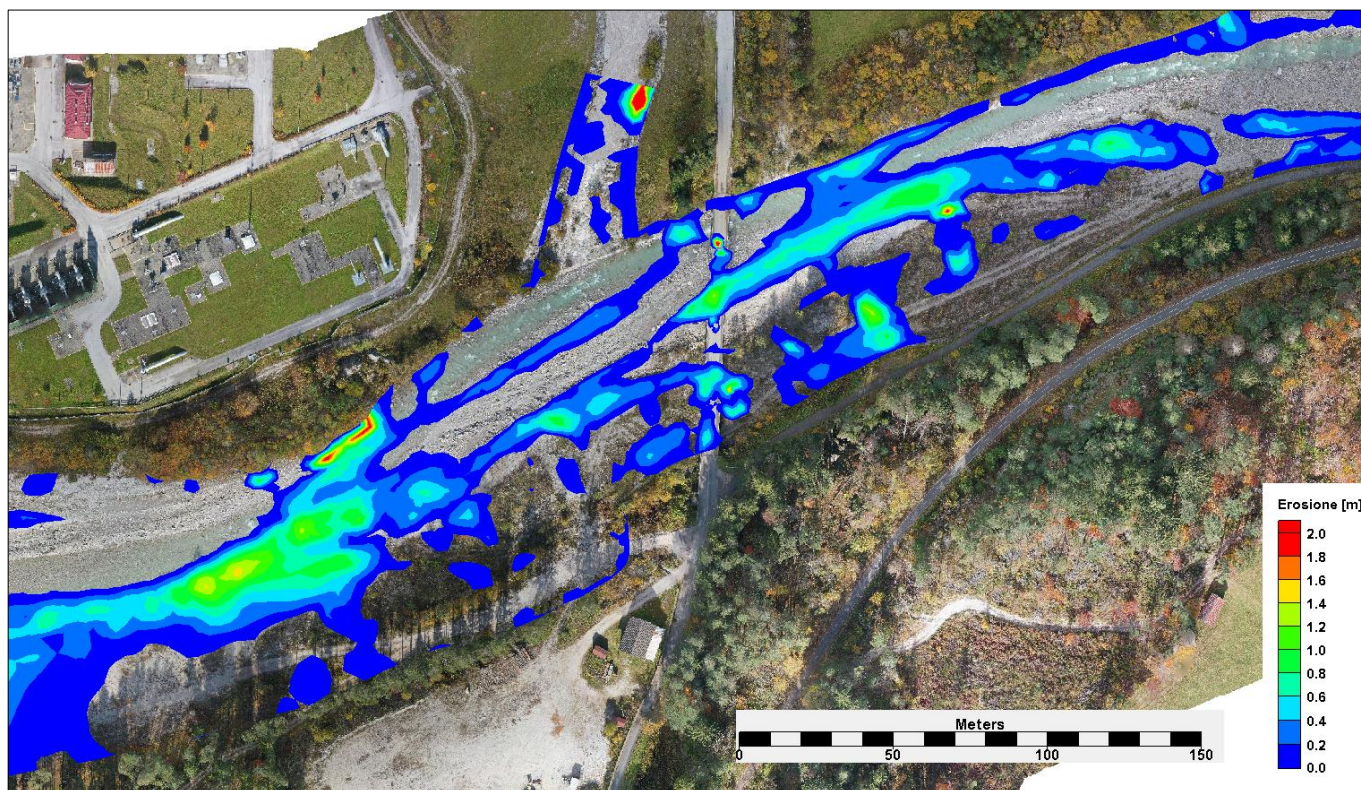


Figura 42 appendice - Wu erosione ore 6:00

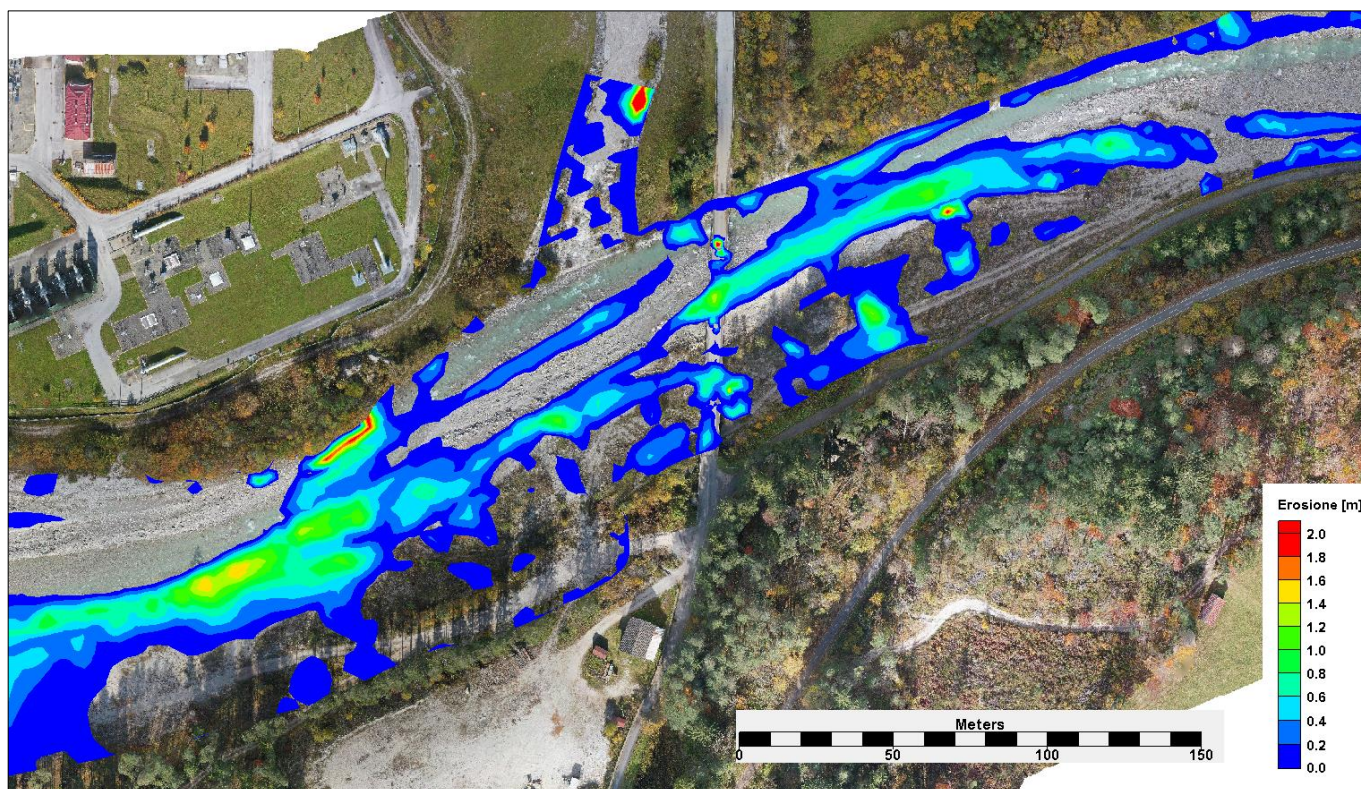


Figura 43 appendice - Wu erosione ore 7:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

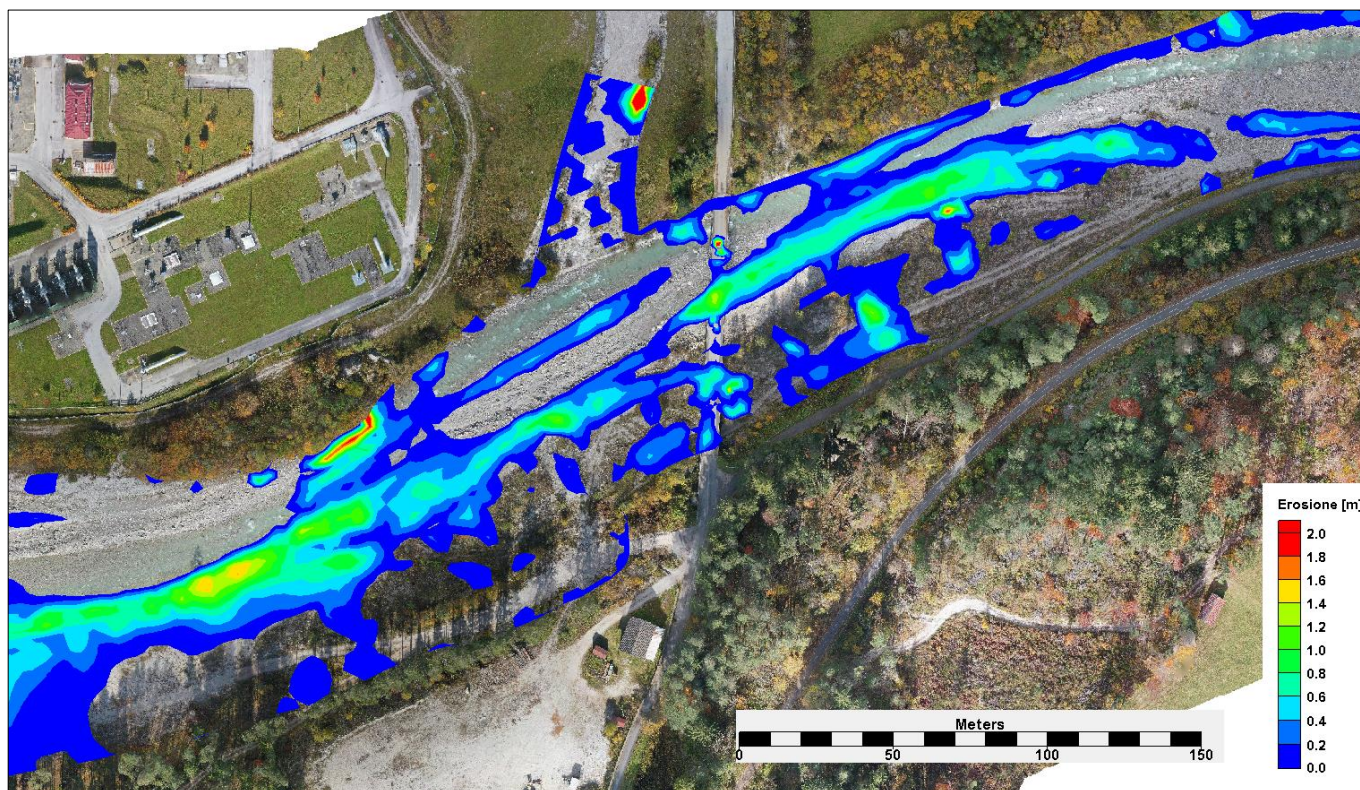


Figura 44 appendice -Wu erosione ore 8:00

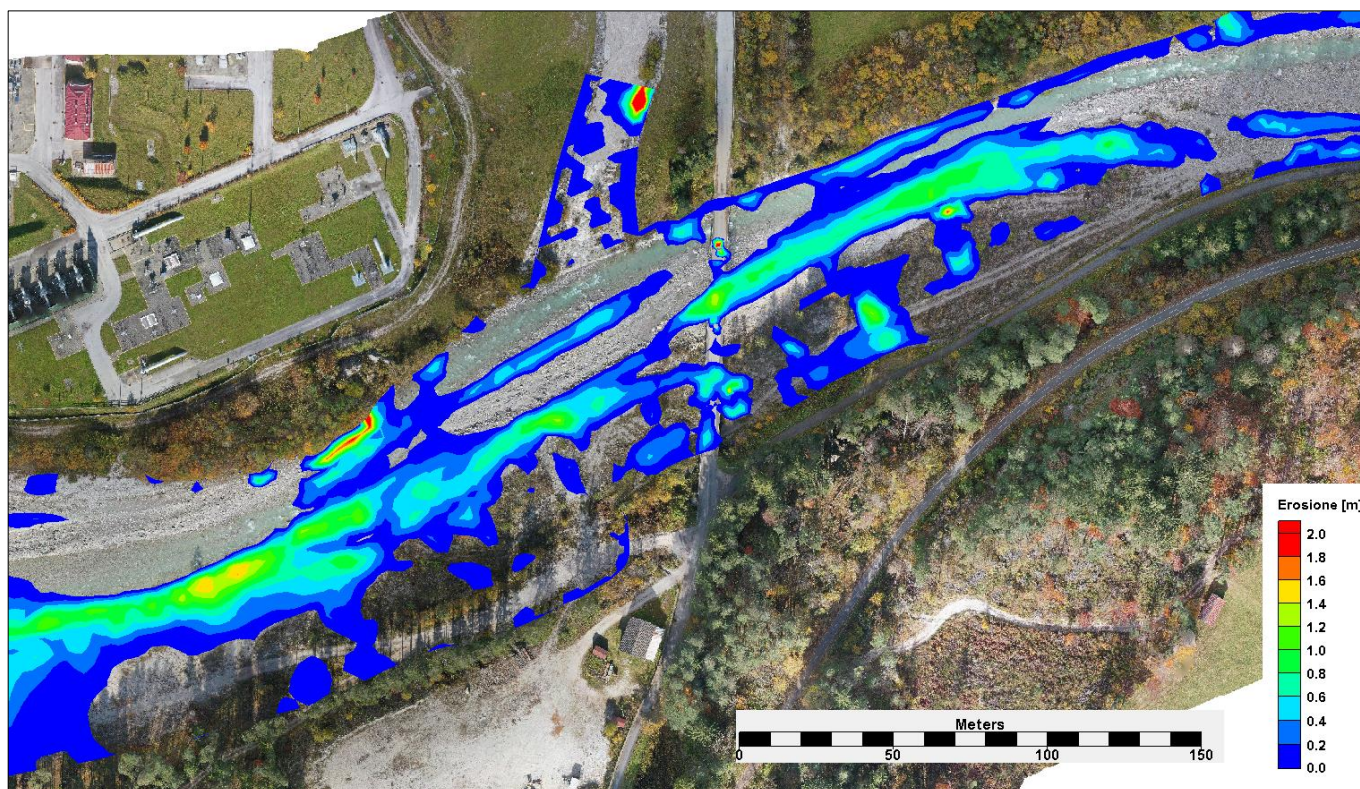


Figura 45 appendice -Wu erosione ore 9:00



Codifica Elaborato Terna:

< RC1541174B2036212 >

Rev. < 01 >

Codifica Elaborato <Fornitore>:

20-170 modello a fondo mobile\_Malborghetto

Rev. < 01 >

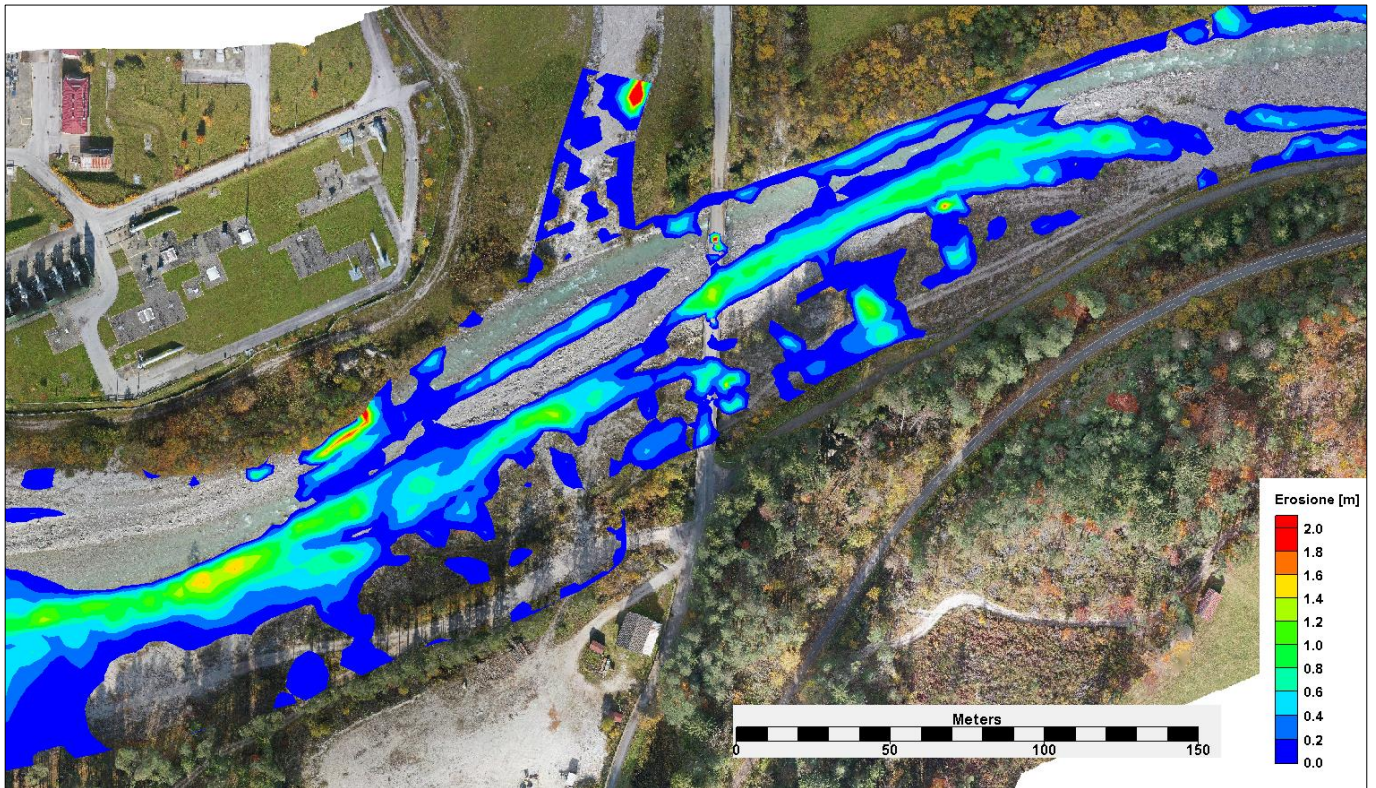


Figura 46 appendice - Wu erosione ore 10:00