



GEOLOGIA E GEOTECNICA
ITER DI BONIFICA SITI CONTAMINATI
GEOMECCANICA E CADUTA MASSI
IDROGEOLOGIA E IDROCHIMICA
TERRE E ROCCE DA SCAVO

Via del Commercio, 76 – 38121 Trento – Tel. 0461 40 23 88 – info@studiozulberti.it – www.studiozulberti.it

VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI ZIANO DI FIEMME VARIANTI 19/A, 152, 23 E 39

Committente



Comune di Ziano di Fiemme

Piazza Italia 7, 38030 Ziano di Fiemme
tel +39 0462 571122
pec comune@pec.comune.ziano.tn.it
CF e P IVA 00159270222

Contenuto

STUDIO DI COMPATIBILITA'

N. Commessa

270.2

Rev. n.	Data	Descrizione
00	Febbraio 2023	Emissione

Firme

Dario Zulberti

Indice generale

PREMESSA	7
1 INTRODUZIONE	8
1.1 Variante 2021 al PRG.....	9
2 CARTOGRAFIA TEMATICA	10
2.1 Inquadramento normativo.....	14
2.1.1 Articolo 14. Contenuti della Carta di Sintesi della Pericolosità.....	14
2.1.2 Articolo 16. Aree con penalità medie.....	15
2.1.3 Articolo 17. Aree con penalità basse.....	16
2.1.4 Art. 18 – Aree con altri tipi di penalità.....	16
STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 19	19
3 INTRODUZIONE	19
3.1 Individuazione dei fenomeni attesi.....	20
3.2 Nuova destinazione d'uso.....	21
3.3 Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso	22
4 APPROFONDIMENTO DELLA PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE TORRENTIZIA	22
5 DESCRIZIONE DEL TRATTO IN ESAME	23
5.1 Spartiacque orografico e sezione di chiusura	24
6 CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO	26
7 ANALISI MORFOMETRICA	31
7.1 Tempo di corrivazione del bacino: Tc	33
7.1.1 Stima di Tc.....	33
7.2 Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico	37
8 ANALISI IDROLOGICA	38
9 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA	40
9.1 Abd-Toolbox	40
9.2 Metodo del Soil Conservation Service (S.C.S.).....	42
9.3 Tabella riassuntiva delle portate calcolate	45
10 MODELLAZIONE IDRAULICA MONODIMENSIONALE MEDIANTE HEC-RAS	45
10.1 Ipotesi semplificative	46
10.2 Dati di input	47
10.2.1 Geometria dell'alveo	47
10.2.2 Portata di progetto	49
10.2.3 Parametri idraulici	49
10.3 Risultati della modellazione idraulica 1D.....	50
10.3.1 Risultati della simulazione per Tr pari a 25 anni.....	51

10.3.2	Risultati della simulazione per Tr pari a 100 anni	55
10.3.3	Risultati della simulazione per Tr pari a 200 anni	59
11	TRASPORTO SOLIDO.....	63
11.1	Considerazioni preliminari	63
11.2	Software di calcolo	64
11.3	Dati di input	64
11.3.1	Caratteristiche del bacino.....	64
11.3.2	Colata detritica.....	64
11.4	Fase di modellazione.....	65
11.5	Analisi critica dei risultati.....	72
11.6	Opere di mitigazione.....	76
12	VARIANTE 19 - CONCLUSIONI.....	79
	STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 152	80
13	INTRODUZIONE	80
13.1	Individuazione dei fenomeni attesi.....	81
13.2	Nuova destinazione d'uso.....	82
13.3	Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso	85
14	APPROFONDIMENTO DELLA PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE TORRENTIZIA	85
14.1	Interventi di mitigazione	89
14.1.1	Possibili interferenze delle opere di mitigazione.....	89
15	VARIANTE 152 - CONCLUSIONI.....	90
	STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 23	91
16	INTRODUZIONE	91
16.1	Individuazione dei fenomeni attesi.....	91
16.2	Nuova destinazione d'uso.....	92
16.3	Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso	93
17	VARIANTE 23 - CONCLUSIONI.....	93
	STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 39	94
18	INTRODUZIONE	94
18.1	Individuazione dei fenomeni attesi.....	94
18.2	Nuova destinazione d'uso.....	96
18.3	Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso	96
19	APPROFONDIMENTO PERICOLOSITÀ CROLLI ROCCIOSI	97
19.1	Modello geologico.....	97
19.2	Opere di mitigazione presenti in sito.....	102
20	APPROFONDIMENTO PERICOLOSITÀ VALANGHIVA	104

20.1	Cartografia tematica	106
20.2	Determinazione dell'altezza di distacco e spessore manto nevoso	108
20.3	Spessore neve accumulata su tre giorni consecutivi DH3gg per T = 30, 100 e 300	110
20.4	Nota nivologica	111
21	VARIANTE 39 - CONCLUSIONI.....	112
22	NOTE CONCLUSIVE	113

Elenco delle figure

Figura 1.	Estratto Ortofotografico dell'area	7
Figura 2.	Ortografia riportante le modifiche previste dalla variante al PRG 2021.	8
Figura 3.	Legenda CaP e CSP.	10
Figura 4.	Carta della Pericolosità torrentizia	11
Figura 5.	Carta della Pericolosità da valanga.	12
Figura 6.	Carta della Pericolosità da crolli rocciosi.	13
Figura 7.	Carta di Sintesi della Pericolosità.	14
Figura 8.	Variante 19 - Catasto	19
Figura 9.	Variante 19 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).....	20
Figura 10.	Rio d'interesse e area oggetto di studio (scala grafica).....	23
Figura 11.	Calcolo dello spartiacque del bacino d'interesse mediante software ADB-Toolbox.	24
Figura 12.	Bacino idrografico d'interesse - Vista 3D.....	25
Figura 13.	DEM per il bacino d'interesse su ortofoto.	26
Figura 14.	Carta delle pendenze del suolo che caratterizza il bacino idrografico oggetto di studio.	27
Figura 15.	Bacino d'interesse su carta del parametro CN (Curve Number).	28
Figura 16.	Estratto della mappa dell'Uso del suolo Corine Land Cover 2000 (scala grafica).	29
Figura 17.	Profilo longitudinale dell'intera asta (in ordinata si riporta l'altitudine in metri s.l.m. e in ascissa la distanza progressiva in metri da monte a valle).....	32
Figura 18.	Idrogramma di piena generato dal software ADB Toolbox per un Tr 30.	41
Figura 19.	Idrogramma di piena generato dal software ADB Toolbox per un Tr 100.	41
Figura 20.	Idrogramma di piena generato dal software AdB Toolbox per un Tr 200.....	42
Figura 21.	Planimetria su ortofoto del tratto analizzato con indicazione delle Cross-Section (n. 54) considerate nella modellazione idraulica.	48
Figura 22.	Esempio dell'alveo riportato in HEC-RAS.	48
Figura 23.	Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.51	
Figura 24.	Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.	52
Figura 25.	Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.	52

Figura 26. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.52	
Figura 27. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.	55
Figura 28. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.	56
Figura 29. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.	56
Figura 30. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.	56
Figura 31. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.	59
Figura 32. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.	60
Figura 33. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.	60
Figura 34. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.	60
Figura 35. Panoramica del bacino idrografico	63
Figura 36. Modulo della velocità della colata a 2 ore e 5 minuti.	66
Figura 37. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – velocità.	67
Figura 38. Scavi e depositi a 2 ore e 5 minuti. In rosso i depositi e in blu gli scavi.	68
Figura 39. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – Scavi e depositi.	69
Figura 40. Tirante idraulico (espresso in m) della mistura a 2 ore e 5 minuti.	70
Figura 41. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – Tirante idrico.	71
Figura 42. Confronto output simulazioni idrauliche (tirante): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto).	73
Figura 43. Confronto output simulazioni idrauliche (scavi e depositi): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto)	74
Figura 44. Confronto output simulazioni idrauliche (velocità flusso): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto)	75
Figura 45. Simulazione con opera - tirante	77
Figura 46. Simulazione con opera – scavi e depositi	77
Figura 47. Simulazione con opera – velocità	78
Figura 48. Variante 152 - Catasto	80
Figura 49. Variante 125 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).	81
Figura 50. Variante 125 – edificio attualmente presente.	82
Figura 51. Variante 125 – edificio attualmente presente. Vista da Ovest (sopra) e Est (sotto). Fonte immagine Google Street View	83
Figura 52. Variante 125 – output simulazioni depositi Tr 200 (D. Sonda, 2011).	86
Figura 53. Variante 125 – output simulazioni tiranti Tr 200 (D. Sonda, 2011).	87
Figura 54. Variante 125 – output simulazioni velocità Tr 200 (D. Sonda, 2011).	88
Figura 55. Variante 23 - Catasto	91

Figura 56. Variante 23 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).....	92
Figura 57. Variante 39 - Catasto.....	94
Figura 58. Variante 39 – Carta del pericolo (valanghe).....	95
Figura 59. Variante 39 – Carta del pericolo (crolli rocciosi).....	96
Figura 60. Variante 39 – Cartografia IFFI.....	97
Figura 61. Carta geologica.....	98
Figura 62. Estratto dall' Archivio Storico degli Eventi Calamitosi della PAT.....	99
Figura 63. Scheda evento – progetto ARCA.....	99
Figura 64. Estratto articolo di giornale.....	100
Figura 65. Combinazione carta delle pendenze e substrato affiorante.....	101
Figura 66. Ubicazione delle barriere paramassi.....	103
Figura 67. Schianti bosco tempesta VAIA.....	104
Figura 68. Ortofoto area di studio: confronto pre (2015, sopra) e post (2020, sotto) tempesta VAIA.....	105
Figura 69. Carta delle pendenze.....	106
Figura 70. Catasto valanghe.....	107
Figura 71. CLPV - fotointerpretazione.....	107
Figura 72. CLPV - inchiesta.....	108
Figura 73. Aree microclimatiche, in viola quella oggetto di studio (ALPsolut S.r.l., 2019).....	109
Figura 74. Massimi annuali di HS e DH3gg della serie storica della stazione Predazzo Gardonè – 13PR	110

Elenco delle tabelle

Tabella 1. Modifiche di destinazione d'uso previste dalla variante 2021 al PRG del Comune di Ziano di Fiemme oggetto del presente studio di compatibilità.....	9
Tabella 2. Varianti al PRG – classi di pericolo e di penalità.....	10
Tabella 3. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità alluvionale torrentizia.....	11
Tabella 4. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità da valanghe.....	12
Tabella 5. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità da crolli rocciosi.....	13
Tabella 6. Variante 19 – classi di pericolo e di penalità.....	20
Tabella 7. Caratteristiche principali del tratto analizzato.....	23
Tabella 8. Caratteristiche principali del bacino d'interesse.....	26
Tabella 9. Valori orientativi del coefficiente di deflusso (FAO – 1976).....	30
Tabella 10. Coefficiente di deflusso stimato secondo l'uso delle diverse aree del bacino.....	30
Tabella 11. Coefficiente di deflusso medio del bacino.....	30
Tabella 12. Principali caratteristiche del tratto analizzato.....	32
Tabella 13. Principali parametri morfometrici del bacino d'interesse.....	32
Tabella 14. Parametri caratteristici del sottobacino d'interesse.....	35
Tabella 15. Tempo di corrivazione ottenuto con diversi metodi presenti in letteratura.....	36
Tabella 16. Parametri di Forma del bacino.....	37

Tabella 17. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 25.	38
Tabella 18. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 100.	38
Tabella 19. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 200.	38
Tabella 20. Risultati delle elaborazioni per le zone omogenee (Provincia Autonoma di Trento).	39
Tabella 21. Dati di input inseriti nel metodo SCS per il calcolo della portata di piena.	44
Tabella 22. Valori della portata ottenuti con il metodo SCS per un tempo di ritorno di 25, 100 e 200 anni.	44
Tabella 23. Portate di piena calcolate con tre diversi metodi di calcolo.	45
Tabella 24. Portate di progetto per i tempi di ritorno considerati nella verifica.	49
Tabella 25. Coefficienti di scabrezza scelti per la modellazione idraulica.	49
Tabella 26. Valori delle portate di piena considerati per la modellazione idraulica con HEC-RAS.	50
Tabella 27. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 25 anni.	51
Tabella 28. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 25 anni.	54
Tabella 29. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 100.	55
Tabella 30. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 100 anni.	58
Tabella 31. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni.	59
Tabella 32. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 200 anni.	62
Tabella 33. Parametri di input per la modellazione della colata detritica.	64
Tabella 34. Variante 125 – classi di pericolo e di penalità.	81
Tabella 35. Variante 125 – risultati output simulazioni D. Sonda (2011).	89
Tabella 36. Variante 23 – classi di pericolo e di penalità.	92
Tabella 37. Variante 23 – classi di pericolo e di penalità.	95
Tabella 38. Spessore del manto nevoso accumulato su tre giorni consecutivi DH3gg (T,z) espressi in cm, per l'area microclimatica FIEMME (ALPsolut S.r.l., 2019).....	111

PREMESSA

Su incarico e per conto del Comune di Ziano di Fiemme è stato redatto il presente studio di compatibilità a supporto della “VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI ZIANO DI FIEMME – VARIANTI 19/A, 152, 23 E 39”.

L’estratto ortofotografico proposto di seguito riporta l’ubicazione del comune di Ziano di Fiemme all’interno del territorio della Provincia Autonoma di Trento.

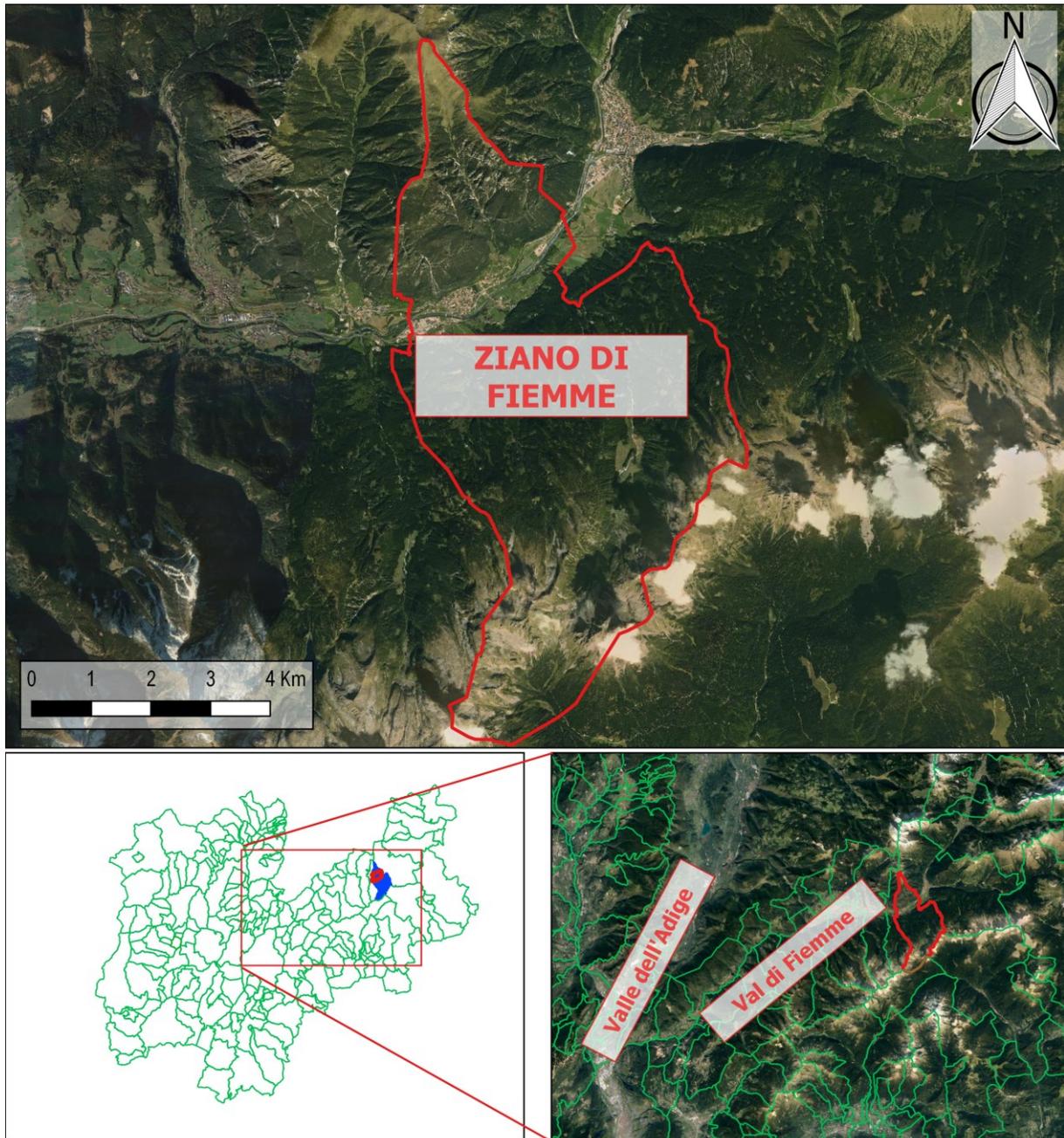


Figura 1. Estratto Ortofotografico dell'area.

1 INTRODUZIONE

Nel seguente documento si fornirà una valutazione tecnica sulla compatibilità delle varianti al PRG (variante 2021) proposte dal comune di Ziano di Fiemme in relazione alla cartografia tematica vigente in materia di prevenzione di rischi naturali (Carta delle Pericolosità e Carta di Sintesi della Pericolosità).

La valutazione tecnica dovrà valutare la compatibilità delle nuove destinazioni d'uso previste dalla variante 2021 al PRG con le pericolosità attese per le aree soggette a variante.

Ai sensi delle norme di attuazione del PUP in materia di Carta di Sintesi della Pericolosità, le trasformazioni urbanistiche che ricadono in aree a penalità elevata P4 (art 15), penalità media P3 (art 16) e aree da approfondire APP (art 18) devono essere corredate da un apposito studio di compatibilità.

L'estratto ortografico di seguito proposto riporta le varianti oggetto del presente studio di compatibilità.

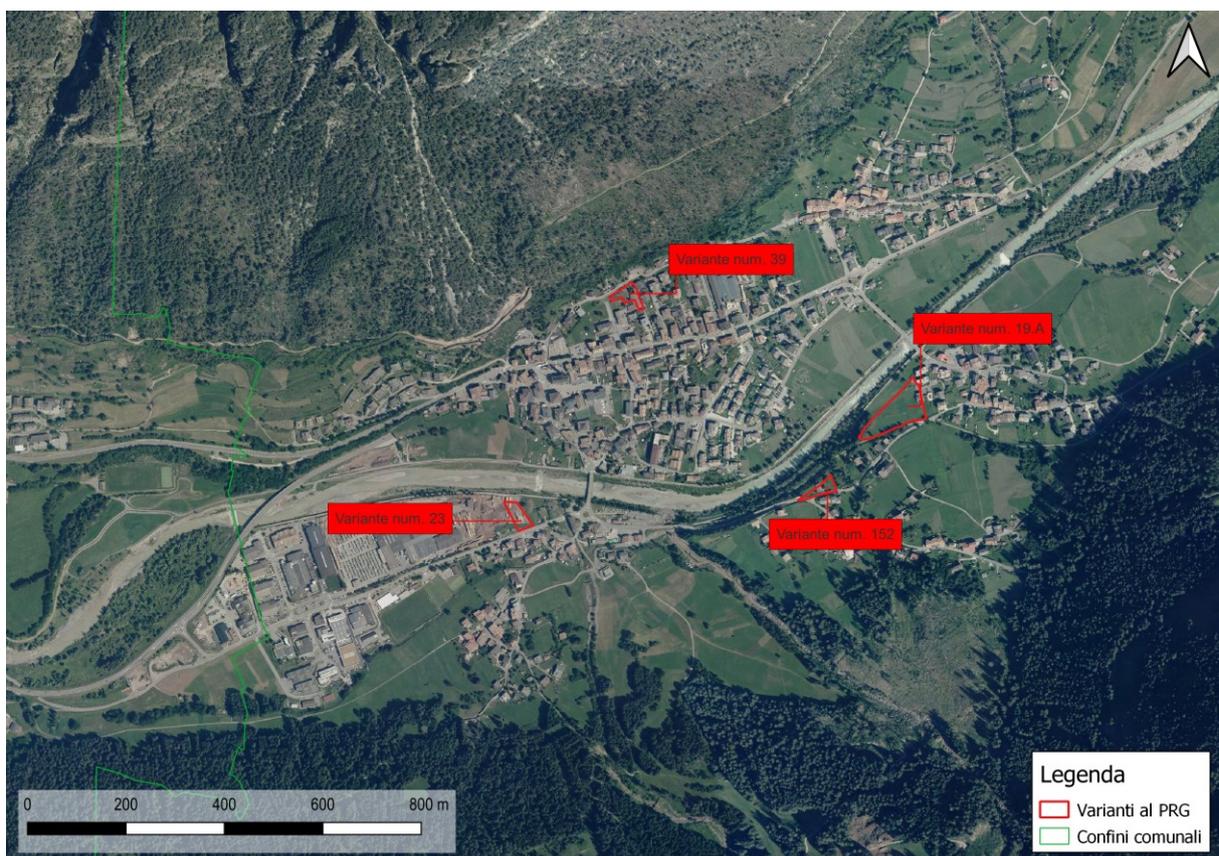


Figura 2. Ortografia riportante le modifiche previste dalla variante al PRG 2021.
Ortofoto 2020 – © AGEA – Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Roma (www.agea.gov.it).

1.1 Variante 2021 al PRG

Si riporta nel seguente paragrafo l'elenco delle trasformazioni urbanistiche previste. Per ogni variante, si riporta la modifica di destinazione d'uso e la classe di penalità individuata dalla Carta di Sintesi della Pericolosità.

Numero Variante	Destinazione Vigente	Destinazione Variante 2021
19.A	Verde Attrezzato	Espansione C1
152	Verde Privato	Alberghiero
23	Agricola Pregio Loca	Produttiva Provincia
39	Verde Privato	Civile Amministrativo

Tabella 1. Modifiche di destinazione d'uso previste dalla variante 2021 al PRG del Comune di Ziano di Fiemme oggetto del presente studio di compatibilità

2 CARTOGRAFIA TEMATICA

Nel presente capitolo si propongono le pericolosità individuate dalla cartografia tematica provinciale (Carta delle Pericolosità) e le penalità (Carta di Sintesi della Pericolosità) per le aree oggetto del presente studio di compatibilità.

Per la rappresentazione delle varie classi di penalità individuate si utilizzano i colori riportati in Figura 3.

Legenda - CARTE DELLA PERICOLOSITA'	Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'
<p>Classi di pericolosità ordinaria</p> <p> H4 - elevata</p> <p> H3 - media</p> <p> H2 - bassa</p> <p> H1 - trascurabile</p> <p>Classi di pericolosità straordinaria</p> <p> HP - potenziale</p> <p> HR4 - residua elevata</p> <p> HR3 - residua media</p> <p> HR2 - residua bassa</p>	<p>Classi di Penalità Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)</p> <p>penalità ordinarie</p> <p> P4 - elevata art. 15</p> <p> P3 - media art. 16</p> <p> P2 - bassa art. 17</p> <p>altri tipi di penalità</p> <p> APP - aree da approfondire art. 18</p> <p> PRV - residua da valanga art. 18</p> <p> P1 - trascurabile o assente art. 18</p> <p>tutele speciali</p> <p> AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche art. 14</p> <p> IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo art. 18</p> <p> RSS - area di rispetto stazione sismometrica art. 18</p> <p> stazione sismometrica</p>

Figura 3. Legenda CaP e CSP.

Numero Variante	Carte della Pericolosità			Carta di Sintesi della Pericolosità
	Pericolosità da valanghe	Pericolosità torrentizia	Pericolosità da crolli rocciosi	
19.A	//	H2 H3	//	P2 P3
152	//	H3	//	P3
23	//	H2 H3	//	P2 P3
39	HP	//	H2 H3	APP P2 P3

Tabella 2. Varianti al PRG – classi di pericolo e di penalità

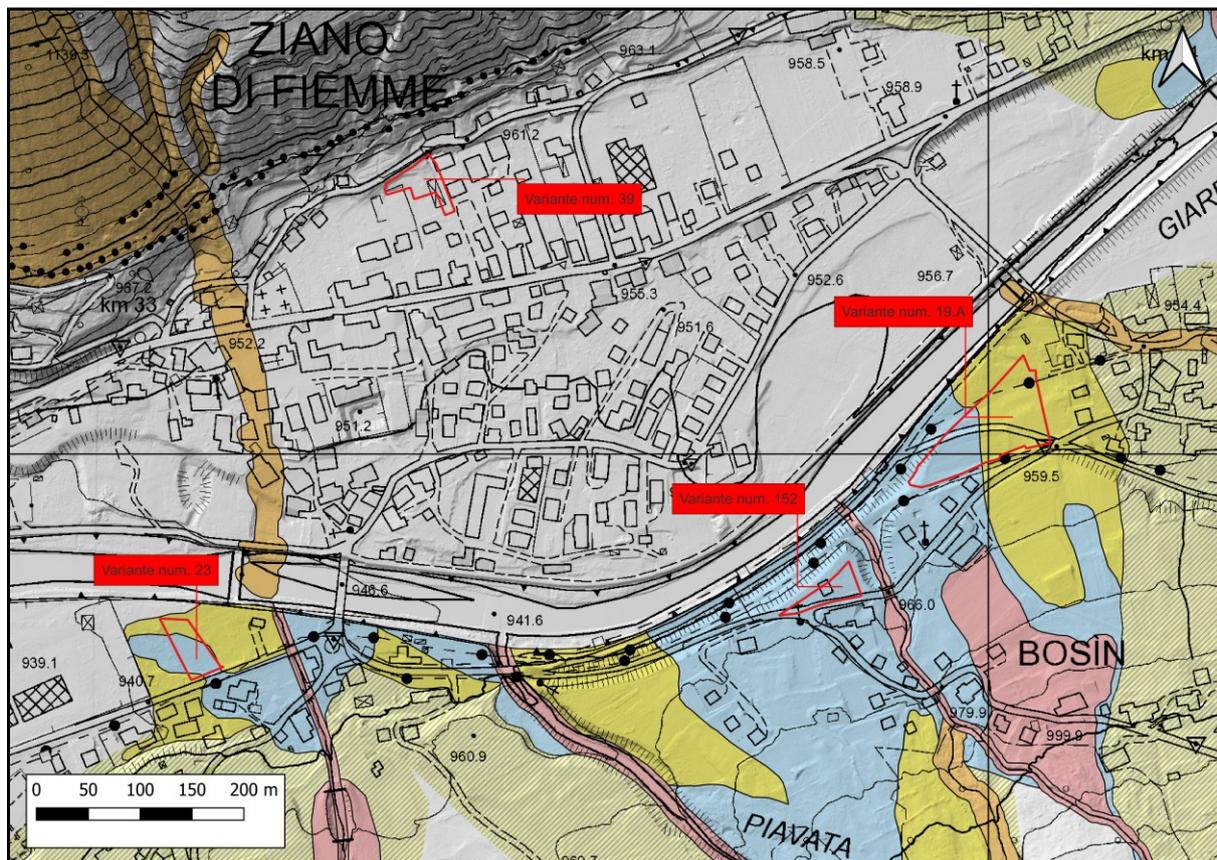


Figura 4. Carta della Pericolosità torrentizia.

Pericolosità alluvionale torrentizia

Carta delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità elevata	H4	Penalità elevata	P4
Pericolosità media	H3	Penalità media	P3
Pericolosità bassa	H2	Penalità bassa	P2
Pericolosità trascurabile	H1	Penalità trascurabile o assente	P1
Pericolosità residua elevata	HR4	Penalità media	P3
Pericolosità residua media	HR3	Penalità bassa	P2
Pericolosità residua bassa	HR2	Penalità trascurabile o assente	P1
Pericolosità potenziale	HP	Area da approfondire	APP

Tabella 3. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità alluvionale torrentizia

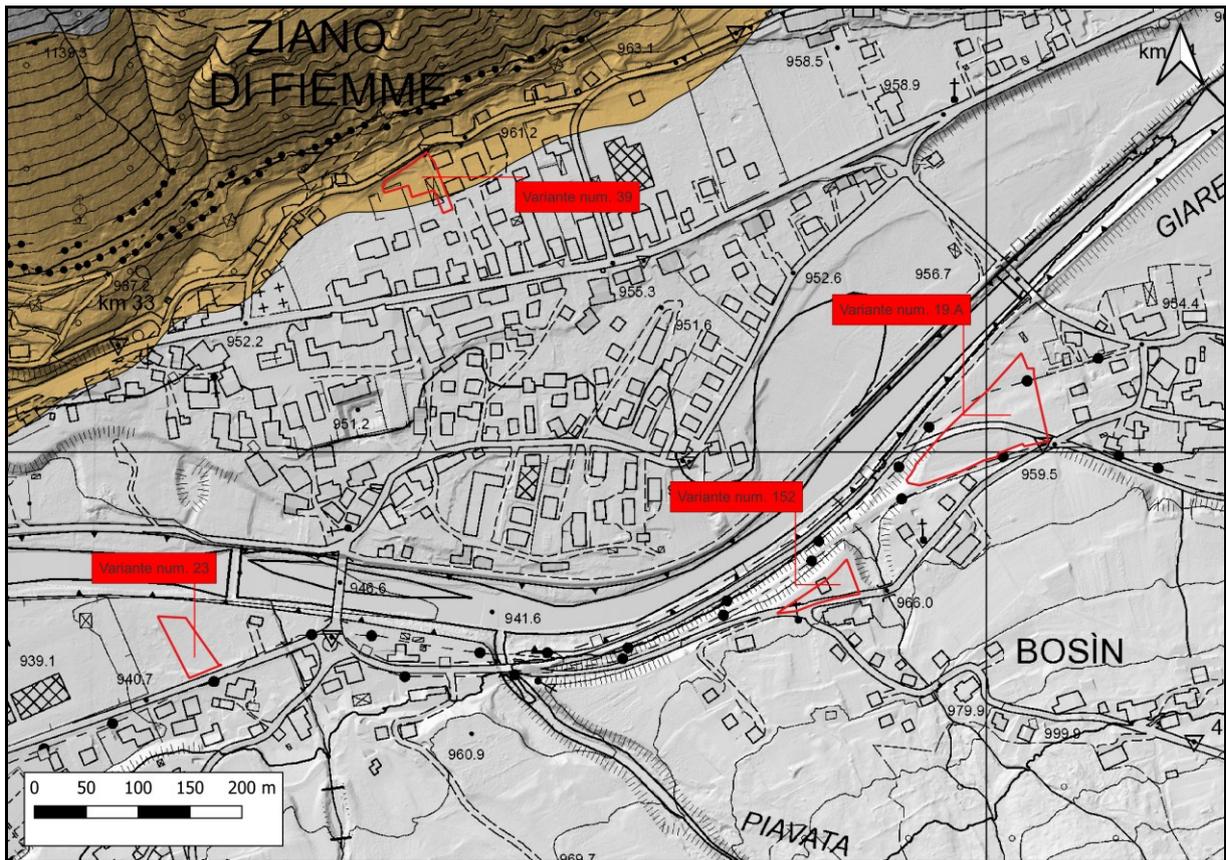


Figura 5. Carta della Pericolosità da valanga.

Pericolosità da valanghe

Carta delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità elevata	H4	Penalità elevata	P4
Pericolosità media	H3	Penalità media	P3
Pericolosità bassa	H2	Penalità bassa	P2
Pericolosità residua elevata	HR4	Penalità residua da valanga	PRV
Pericolosità potenziale	HP	Area da approfondire	APP

Tabella 4. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità da valanghe.

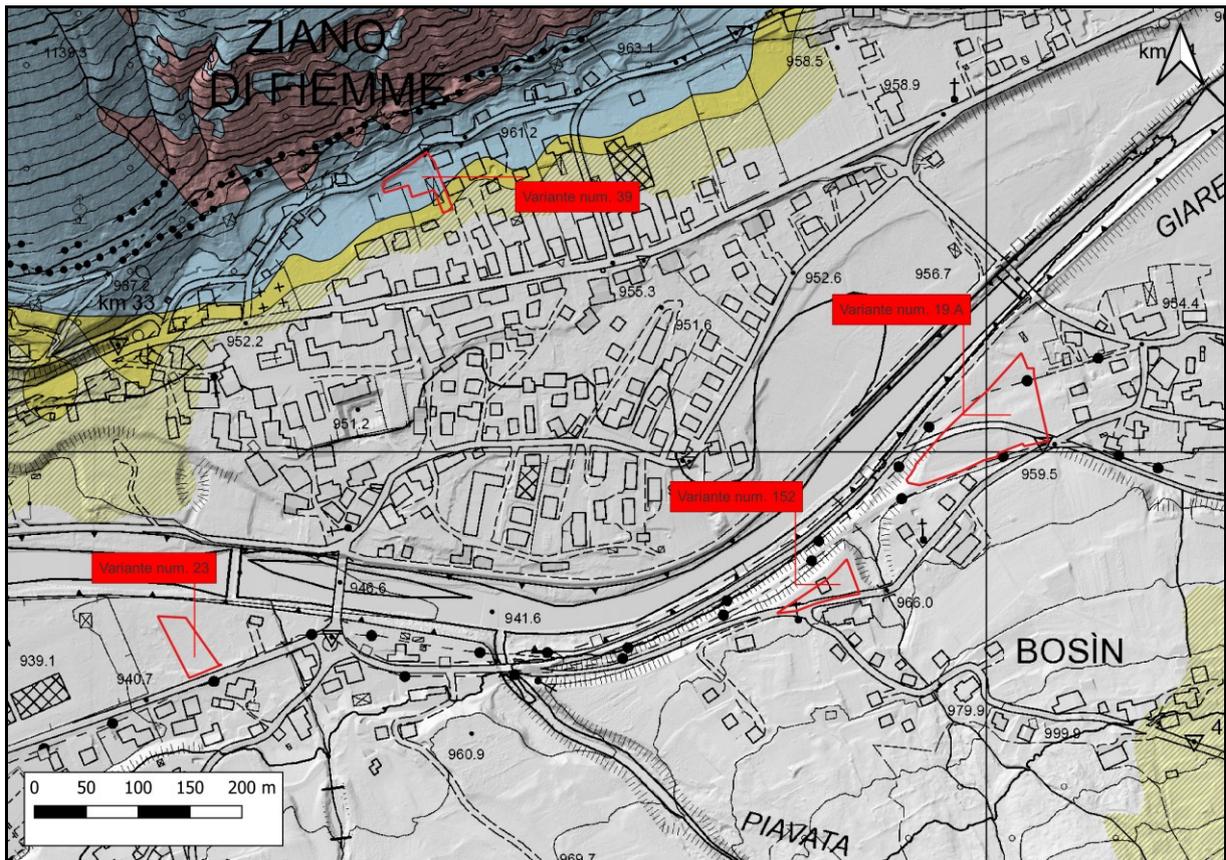


Figura 6. Carta della Pericolosità da crolli rocciosi.

Pericolosità da crolli rocciosi

Carta delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità elevata	H4	Penalità elevata	P4
Pericolosità media	H3	Penalità media	P3
Pericolosità bassa	H2	Penalità bassa	P2
Pericolosità residua bassa	HR2	Penalità bassa	P2

Tabella 5. Assegnazione della classe di penalità in funzione della pericolosità da crolli rocciosi

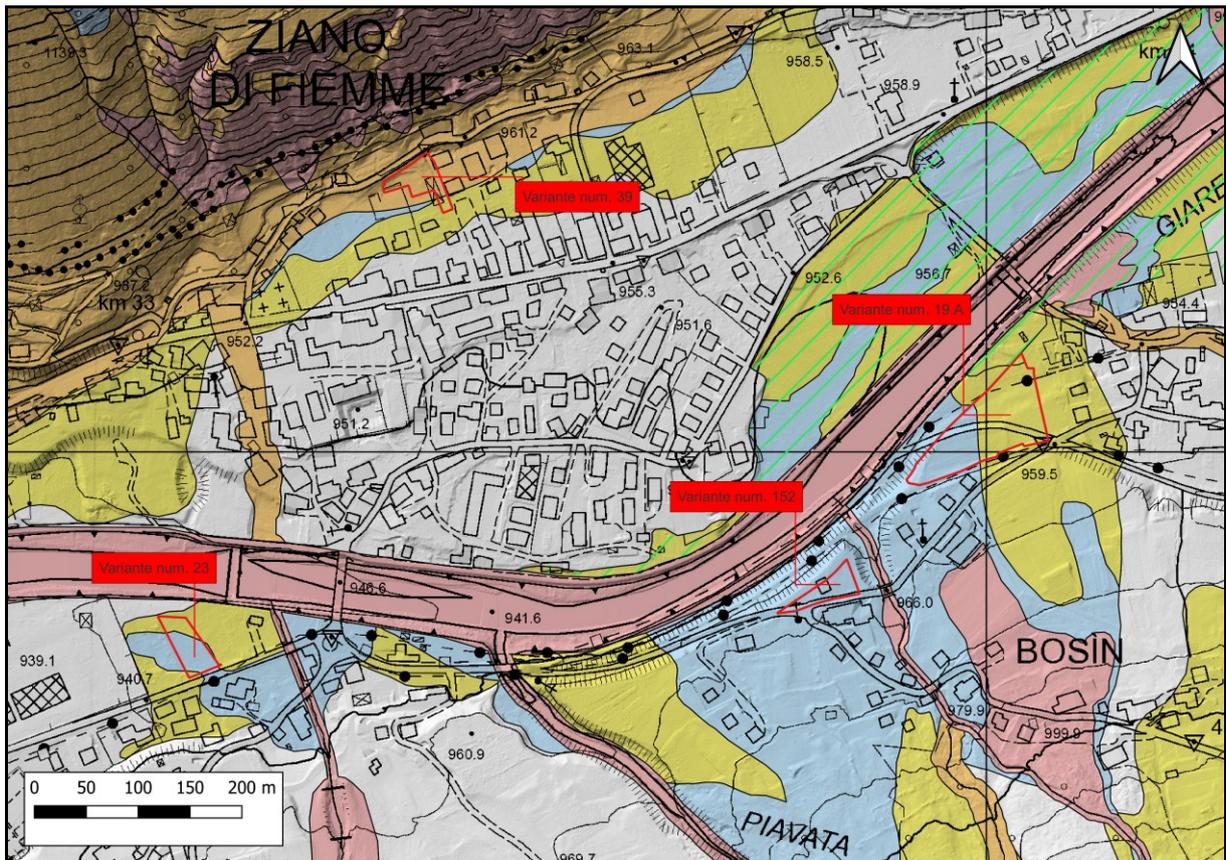


Figura 7. Carta di Sintesi della Pericolosità.

2.1 Inquadramento normativo

Si riporta di seguito la normativa di riferimento per l'area oggetto di studio, contenuta nella Legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5 (Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale) e ss.mm.ii, con le indicazioni contenuto nell'allegato C alla deliberazione della Giunta provinciale n. 1630 del 7 settembre 2018.

2.1.1 Articolo 14. Contenuti della Carta di Sintesi della Pericolosità

1. La carta di sintesi della pericolosità, disciplinata dalla legge urbanistica, è approvata dalla Giunta provinciale tenuto conto delle carte della pericolosità previste dalla vigente normativa in materia di protezione civile e di servizi anti-incendi ed è soggetta ad aggiornamenti periodici ai sensi della normativa medesima. Essa individua in particolare:
 - a. Le aree con penalità elevate;
 - b. Le aree con penalità medie;
 - c. Le aree con penalità basse;

- d. Le aree con altri tipi di penalità
2. Al fine di assicurare un quadro organico nella rappresentazione e nella disciplina della pericolosità, la carta di sintesi riporta gli ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal piano generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche (PGUAP) di cui all'articolo 14 del decreto del Presidente della Repubblica 31 agosto 1972, n. 670.
3. La Giunta provinciale, con apposito provvedimento, può fornire indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse.

2.1.2 Articolo 16. Aree con penalità medie.

1. Sono aree con penalità medie quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi mediamente gravosi per combinazione di intensità e frequenza.
2. Nelle aree con penalità medie è vietata ogni attività di trasformazione urbanistica ed edilizia, fatte salve le opere di difesa e prevenzione.
3. In deroga a quanto disposto dal comma 2 e a condizione che con apposito studio di compatibilità allegato al progetto si analizzino dettagliatamente le condizioni di pericolo e si definiscano gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi nonché quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni, possono essere realizzati:
 - a. gli interventi ammessi ai sensi del comma 3 dell'articolo 15;
 - b. le opere di infrastrutturazione e le bonifiche agrarie;
 - c. gli interventi ammessi ai sensi del comma 4 dell'articolo 15, con possibilità di ampliamento, per gli edifici esistenti alla data di entrata in vigore di questo piano, non superiore al dieci per cento del volume esistente;
 - d. gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, diversi da quelli di cui alle lettere a), b) e c) e già previsti dai vigenti piani regolatori generali alla data di entrata in vigore di questo piano, purché siano realizzate apposite opere difensive, che consentano il declassamento della pericolosità, ovvero siano adottate, in relazione ai fenomeni attesi, adeguate misure di sicurezza afferenti all'utilizzazione degli immobili in relazione ai fenomeni attesi. Dette opere o misure devono essere realizzate prima dell'inizio lavori; qualora ciò non risulti tecnicamente possibile è ammessa la loro realizzazione prima della fine lavori o del collaudo sulla base di un programma temporale e finanziario da riportarsi nello studio di compatibilità.
4. Gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia previsti da nuovi strumenti di pianificazione o loro varianti in aree con penalità media sono ammessi solo a condizione che i medesimi strumenti di pianificazione prevedano altresì la realizzazione di apposite opere difensive che consentano il declassamento della pericolosità o l'adozione di misure di sicurezza adeguate in relazione ai fenomeni attesi. A tal fine gli strumenti di pianificazione medesimi e loro varianti devono essere supportati dallo studio di compatibilità di cui al comma 3. Le strutture provinciali competenti, in sede di esame delle previsioni degli strumenti di pianificazione secondo le procedure previste dalla legge urbanistica, si

esprimono con parere vincolante anche in merito all'idoneità delle predette opere difensive o misure di sicurezza.

2.1.3 Articolo 17. Aree con penalità basse.

1. Sono aree con penalità basse quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi moderatamente gravosi per combinazione d'intensità e frequenza.
2. Nelle aree con penalità basse sono ammessi, oltre agli interventi consentiti ai sensi degli articoli 15 e 16, le sole attività di trasformazione urbanistica ed edilizia aventi caratteristiche costruttive e di utilizzazione compatibili con le locali condizioni di pericolo, secondo quanto previsto dai piani regolatori generali, tenuto conto dei criteri stabiliti dalla Giunta provinciale ai sensi del comma 3 dell'articolo 14 e delle disposizioni della legge urbanistica. I relativi progetti sono corredati da un'apposita relazione tecnica che attesta la compatibilità e assicura l'adozione degli accorgimenti necessari per garantirne la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi.

2.1.4 Art. 18 – Aree con altri tipi di penalità

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità prevista dall'Art. 14 sono opportunamente rappresentate anche le "aree con altri tipi di penalità", tra cui in particolare quelle associate alla presenza di pericolosità residua, potenziale e trascurabile.

Le aree con altri tipi di penalità comprendono:

- a. Aree da approfondire;
- b. Aree con penalità residua da valanga (ovvero aree in cui sussiste una parziale attenuazione delle condizioni di pericolo grazie alla presenza di opere di difesa attiva, quali reti, ponti e rastrelliere);
- c. Aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo (interventi programmati nell'ambito del piano generale delle opere di prevenzione di cui all'Art. 12 della l.p. n. 9/2011, dei piani degli interventi di cui all'Art. 85 della l.p. n. 11/2007, del piano di gestione del rischio alluvioni di cui alla deliberazione della Giunta provinciale n. 2209 del 3 dicembre 2015;
- d. Aree con penalità legate alla pericolosità sismica (tutto il territorio provinciale, a seguito dell'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e dei successivi adeguamenti normativi, è da considerarsi a sismicità trascurabile (zona sismica 4) o bassa (zona sismica 3));
- e. Aree con penalità trascurabile o assente (aree dove, anche in funzione del grado di studio, non sono state individuate condizioni favorevoli all'insorgere di eventi pericolosi.

Aree da approfondire

Le aree da approfondire hanno un carattere di salvaguardia volto ad assicurare specifici studi prima della realizzazione degli interventi ammessi. Questa classe di pericolosità, tenuto conto del fatto che il territorio provinciale, per le sue caratteristiche naturali, presenta un fondo naturale di pericoli tipici dell'ambiente alpino, è stata adottata per le porzioni di territorio per cui non è disponibile la relativa classificazione ordinaria della pericolosità.

Inoltre, questa classe è stata adottata anche per i tratti di corsi d'acqua coperti, vista la difficoltà di valutazione delle caratteristiche idrauliche/strutturali delle opere.

Nel caso delle previsioni urbanistiche vigenti gli interventi di trasformazione edilizia in tali aree sono subordinati a specifici studi di compatibilità, finalizzati ad approfondire le dinamiche degli eventi attesi e a individuare, con riferimento all'area oggetto di intervento, la corrispondente pericolosità secondo le classi previste dalla deliberazione della Giunta provinciale n. 2759 del 2006 e s.m. nonché della penalità secondo la deliberazione della Giunta provinciale concernente "Disposizioni tecniche per la redazione della 'Carta di sintesi delle pericolosità' in attuazione di quanto disposto dall'articolo 14 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5 'Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale'." Considerata la classe di penalità risultante da detti studi si applica all'area di intervento la disciplina d'uso del suolo corrispondente alla rispettiva penalità e le relative precisazioni contenute nel presente documento.

Lo studio, richiesto per la presentazione o il rilascio del titolo edilizio per gli interventi nelle aree da approfondire, è subordinato al parere della struttura di merito per tipologia di pericolo.

In deroga a quanto previsto nei paragrafi precedenti, nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico e per quelle da approfondire per presenza di fenomeni valanghivi, si stabiliscono le seguenti specifiche disposizioni:

- a. nelle aree da approfondire legate al solo reticolo idrografico, rimane ferma la necessità di verificare preventivamente l'ammissibilità rispetto alla disciplina delle invariati del Piano urbanistico provinciale e alle disposizioni sulla polizia idraulica di cui alla l.p. n. 18 del 1976; per gli interventi ammessi lo studio allegato al piano o al progetto deve attestare mediante asseverazione la compatibilità della previsione o dell'intervento con l'assetto del corso d'acqua, il pericolo atteso e le caratteristiche strutturali e idrauliche delle sezioni di deflusso se il corso d'acqua è coperto o tombinato, senza che ciò comporti l'aggiornamento della classe di penalità dell'area;
- b. nelle aree da approfondire interessate esclusivamente da fenomeni valanghivi lo studio asseverato consiste in una relazione nivologica che individui gli accorgimenti (opere difensive e/o misure gestionali) atti a tutelare l'incolumità delle persone, senza che ciò comporti l'aggiornamento della classe di penalità dell'area.

Nel caso di adozione di nuove previsioni urbanistiche e l'autorizzazione in deroga di opere pubbliche o di interesse pubblico nelle aree da approfondire, il piano o il progetto sono supportati da uno studio che, con riferimento al contesto, assicuri l'approfondimento degli eventi attesi e la classificazione dell'area oggetto di modifica secondo la disciplina delle classi di penalità. A seguito dell'approvazione degli strumenti urbanistici si rinvia all'aggiornamento periodico delle carte della pericolosità e della Carta di sintesi della pericolosità. Analogamente,

nel caso di procedimenti di deroga urbanistica, l'aggiornamento della Carta di sintesi della pericolosità è condotto secondo la procedura di aggiornamento adottata periodicamente.

Aree con penalità trascurabile o assente

Si fa riferimento, in generale, ad aree dove, anche in funzione del grado di studio, non sono state individuate condizioni favorevoli all'insorgere di eventi pericolosi. In tali aree, per gli interventi di trasformazioni urbanistica ed edilizia, il tecnico incaricato deve valutare nella relazione geologica, quando prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, in maniera commisurata alla importanza ed alla natura dell'intervento da effettuare e ai contenuti delle Carte della pericolosità, se quanto espresso dalla Carta di sintesi della pericolosità rappresenta documentazione sufficiente ad escludere la necessità di specifiche analisi finalizzate alla definizione di misure precauzionali da adottare soprattutto per gli interventi che ricadono in prossimità di aree con livello di penalità maggiore.

3.1 Individuazione dei fenomeni attesi

Sulla base di quanto indicato dalla Carta della Pericolosità, e del contesto geomorfologico nel quale si inserisce l'area di studio, le maggiori pericolosità sono legate a possibili eventi alluvionali-torrentizi legati al vicino corso d'acqua denominato "Rio Valene".

La CaP individua una pericolosità H2 e H3 (rispettivamente bassa e media) per fenomeni alluvionali torrentizi, corrispondenti a penalità P2 e P3 nella CSP.

Numero Variante	Carte della Pericolosità			Carta di Sintesi della Pericolosità
	Pericolosità da valanghe	Pericolosità torrentizia	Pericolosità da crolli rocciosi	
19	//	H2 H3	//	P2 P3

Tabella 6. Variante 19 – classi di pericolo e di penalità

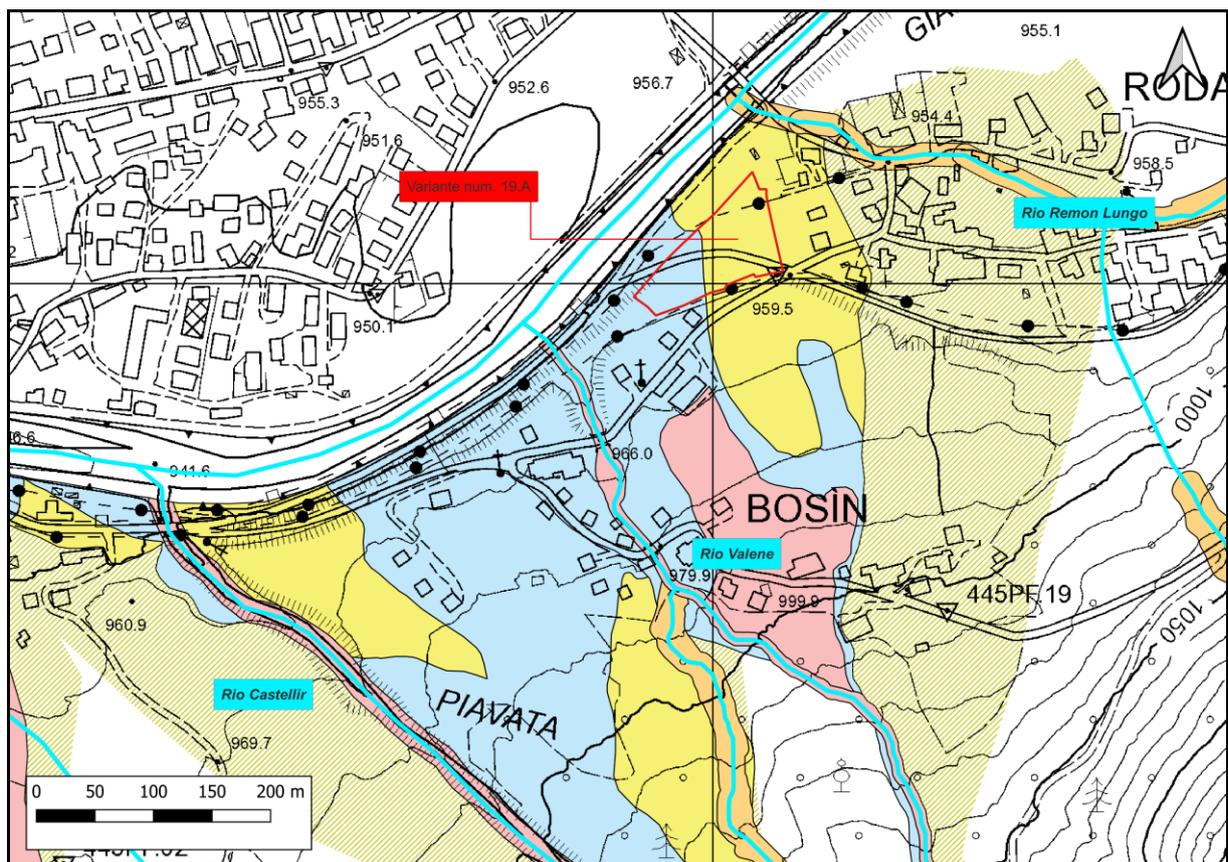


Figura 9. Variante 19 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).

3.2 Nuova destinazione d'uso

La nuova destinazione d'uso proposta (Espansione C1) ha lo scopo di permettere la realizzazione di una nuova area residenziale "PL4". La riduzione della superficie destinata a verde in questa zona si inserisce in un contesto dove il verde pubblico ed il verde attrezzato hanno dimensioni tali da soddisfare ampiamente gli standard previsti dal D.M. 1444/68.

L'area risponde all'articolo 41 delle Norme di Attuazione del PRG (Variante 2019):

Art. 41 Area residenziale C1 di nuova espansione e di riqualificazione urbanistica

- 1. Le aree di nuova espansione e di riqualificazione urbanistica sono quelle, pressoché inedificate o dove sono presenti edifici in contrasto con il contesto urbanistico nelle quali le reti infrastrutturali sono mancanti o comunque inadeguate a consentire una nuova edificazione ad uso prevalentemente residenziale; l'utilizzo delle aree di espansione e di riqualificazione urbanistica, pertanto, è subordinato ad un Piano di Attuazione.*
- 2. In tali zone l'edificazione avviene sulla base di un Piano Attuativo che deve essere redatto nell'ambito dell'intera zona risultante dalla cartografia del P.R.G. Per i singoli piani attuativi il P.R.G. stabilisce le quote di residenza ordinaria e di residenza per il tempo libero e le vacanze così come definite dal Titolo III delle presenti norme di attuazione. Ove eventualmente non specificato i nuovi edifici potranno unicamente essere destinati alla residenza ordinaria.*
- 3. Le schede esplicative allegate alle presenti Norme di Attuazione forniscono per tali zone le specificazioni delle Superfici utili residenziali (Sur) da realizzare nei piani attuativi approvati alla data del 28.02.2019 e delle Superficie utili nette (SUN) da realizzare in tutti gli altri casi, l'altezza massima dei fabbricati, la collocazione dei tracciati viari, degli allineamenti stradali e della posizione, entità e configurazione delle eventuali aree a destinazione pubblica.*
- 4. L'indicazione cartografica della rete viaria interna all'intera zona e delle eventuali aree a destinazione pubblica è vincolante solo per ciò che concerne le esigenze di collegamento, di dimensionamento e di funzionalità; in sede di piano di attuazione tale indicazione può essere modificata, motivatamente, solo per ciò che concerne la collocazione e configurazione.*
- 5. È sempre ammesso il mantenimento di edifici esistenti; in tale caso per questi edifici sono consentiti gli interventi di manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, restauro e risanamento. Nelle norme di attuazione di ogni singolo piano verranno specificate le modalità di riutilizzo dei volumi esistenti anche ai fini di quanto previsto dal Titolo III delle presenti norme di attuazione.*
- 6. Nelle aree di espansione e riqualificazione urbanistica, si applicano le disposizioni di cui all'art. 86 della L.P. 4 marzo 2008, n.1, volte a favorire la diffusione delle tecniche di edilizia sostenibile, secondo le modalità previste dalla deliberazione della Giunta provinciale n. 1531 del 25 giugno 2010 e n. 1427 del 1 luglio 2011.*
- 7. Nell'ambito individuato con lo specifico riferimento normativo è prevista la demolizione degli edifici esistenti e la realizzazione di un nuovo edificio con SUN di mq. 420 a carattere residenziale con un numero di piani pari a 3 in modo da ridurre l'area di sedime dell'edificio che potrà essere di massimo mq. 180. Il permesso di costruire di tipo convenzionato dovrà prevedere la sistemazione della viabilità pubblica esistente dell'incrocio tra Via Roma e Via Prof. Vanzetta e la riprogettazione dell'area a parcheggio pubblico con la cessione gratuita dell'area necessaria agli interventi previsti. È ammessa la modifica anche sostanziale dell'andamento del terreno esistente al fine di riportare il piano naturale del terreno alla quota del piano superiore dell'argine esistente.*

Le aree di nuova espansione C1 sono quindi soggette a Piano Attuativo.

3.3 Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso

L'area è soggetta a pericolosità bassa e media per fenomeni alluvionali torrentizi. La classificazione di pericolosità torrentizia indica una componente non trascurabile di trasporto solido, in carico alla portata liquida.

La realizzazione di nuovi edifici in un'area potenzialmente allagabile con fenomeni di colate detritiche e mud-flow comporta un aumento della vulnerabilità sia per le opere che verranno realizzate sia per l'aumento del carico insediativo.

4 APPROFONDIMENTO DELLA PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE TORRENTIZIA

A supporto dello studio di compatibilità, è stato quindi redatto un dettagliato studio idraulico finalizzato alla valutazione della capacità di deflusso del tratto di rio esaminato ed individuare eventuali criticità idrauliche presenti nel medesimo tratto.

Lo studio è stato condotto per punti successivi analizzando in ordine i seguenti aspetti:

- inquadramento geografico ed individuazione dello spartiacque orografico;
- reticolo idrografico del bacino e descrizione del tratto di rio in esame;
- analisi morfologica e morfometrica del bacino oggetto di studio;
- analisi delle portate liquide di piena che caratterizzano il rio in esame per tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni con l'utilizzo sia dei più noti metodi presenti in letteratura che del noto software ADB-Toolbox;
- verifiche idrauliche mediante software Hec-Ras e analisi critica dei risultati;
- studio fenomeno trasporto solido mediante software Weezard e analisi critica dei risultati;
- proposta di riclassificazione della pericolosità alluvionale-torrentizia;
- valutazioni sulla compatibilità dell'intervento

Per la stesura della relazione i principali riferimenti considerati sono:

- "Delibera n 1306/2020: Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità";
- "SUPPORTO ALLA MODELLAZIONE IDROLOGICA" del Servizio dei Bacini Montan, datato 16 maggio 2016.

5 DESCRIZIONE DEL TRATTO IN ESAME

Come riportato nella figura sottostante, l'asta d'interesse fa parte del reticolo idrografico del bacino di secondo livello del Rio Valene, affluente del Torrente Avisio.

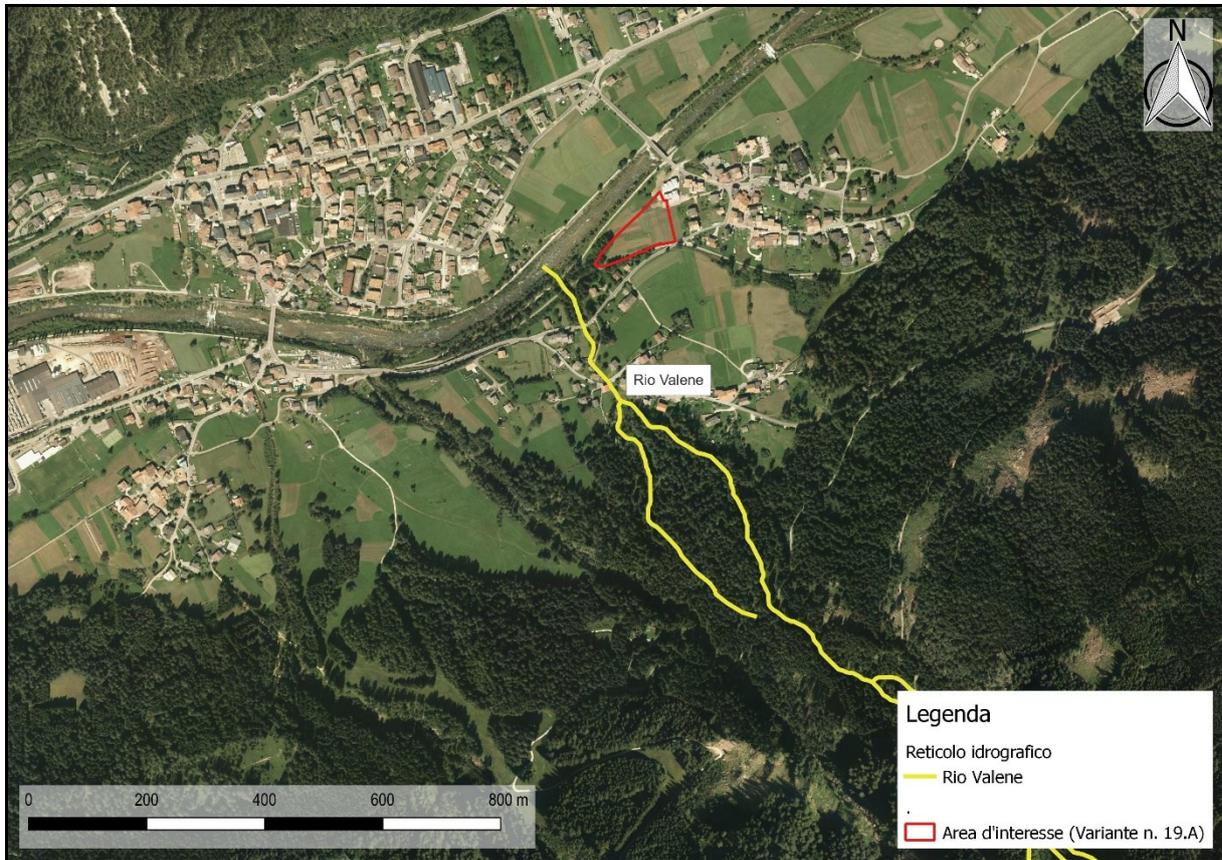


Figura 10. Rio d'interesse e area oggetto di studio (scala grafica).

Il Rio Valene ha origine a quota 1300 m s.l.m. circa, da alcune sorgenti naturali, per poi sfociare nel Torrente Avisio a quota 950 m s.l.m. circa. Il suo percorso è breve (circa 1400 m), caratterizzato da una elevata pendenza nel primo tratto, mentre nel tratto medio inferiore, a partire dall'apice del conoide, la pendenza si riduce in modo progressivo.

Le sue sponde e lo stesso fondo sono caratterizzati prevalentemente da erba bassa, cespugli e arbusti. Il corpo idrico è collocato in un versante con pendenze tali che fanno defluire la portata verso valle confluendo nel corso d'acqua principale il Torrente Avisio.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche geometriche del solo tratto analizzato nei paragrafi successivi mediante software di calcolo.

CARATTERISTICHE DEL TRATTO ANALIZZATO	
Lunghezza	0,522 km
Quota massima	1029,31 m.s.l.m.
Quota minima	944,50 m.s.l.m.
Pendenza media	8,82°

Tabella 7. Caratteristiche principali del tratto analizzato.

5.1 Spartiacque orografico e sezione di chiusura

Il bacino orografico dell'asta d'interesse è delimitato dalla linea di spartiacque che lo separa dai bacini adiacenti. Le pendici all'interno di questa area convergono verso l'alveo collettore dove vengono raccolte le acque di pioggia ricadenti all'interno.

La sezione di chiusura del bacino del tratto del corso d'acqua d'interesse è stata considerata poco a monte dell'area d'intervento come riportato nelle figure riportate in seguito.

Lo spartiacque è stato tracciato nel seguente modo:

- Spartiacque da ADB-Toolbox:

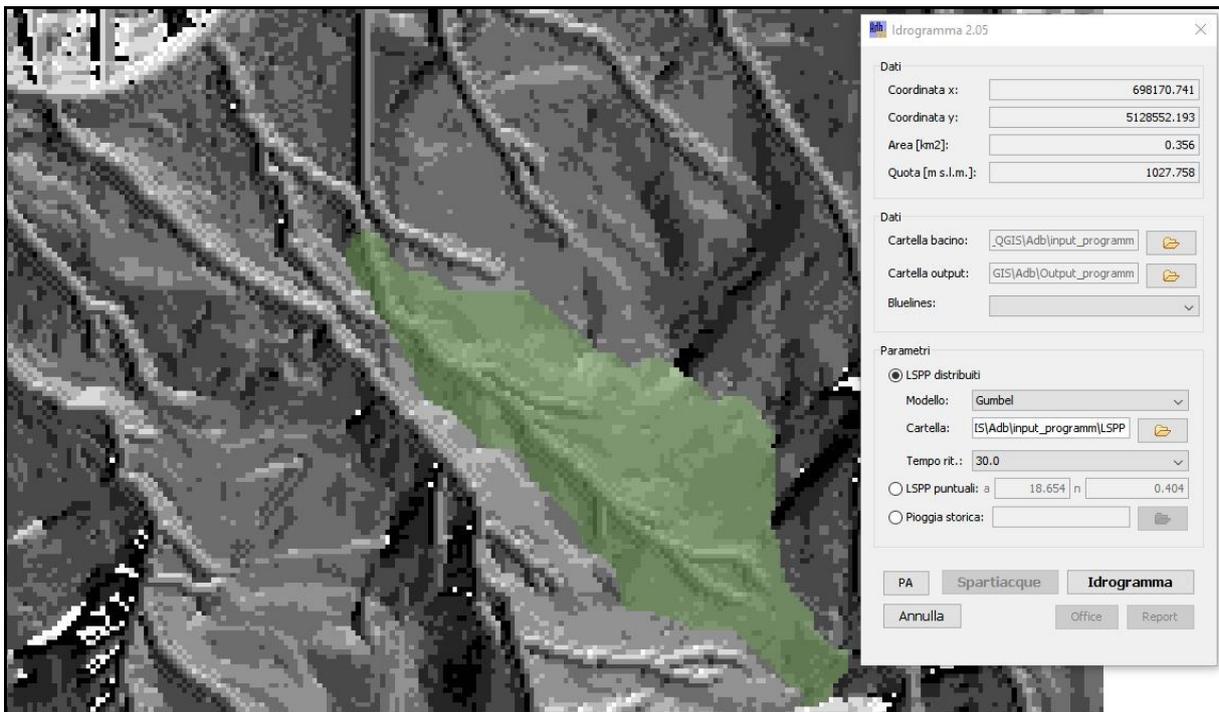


Figura 11. Calcolo dello spartiacque del bacino d'interesse mediante software ADB-Toolbox.

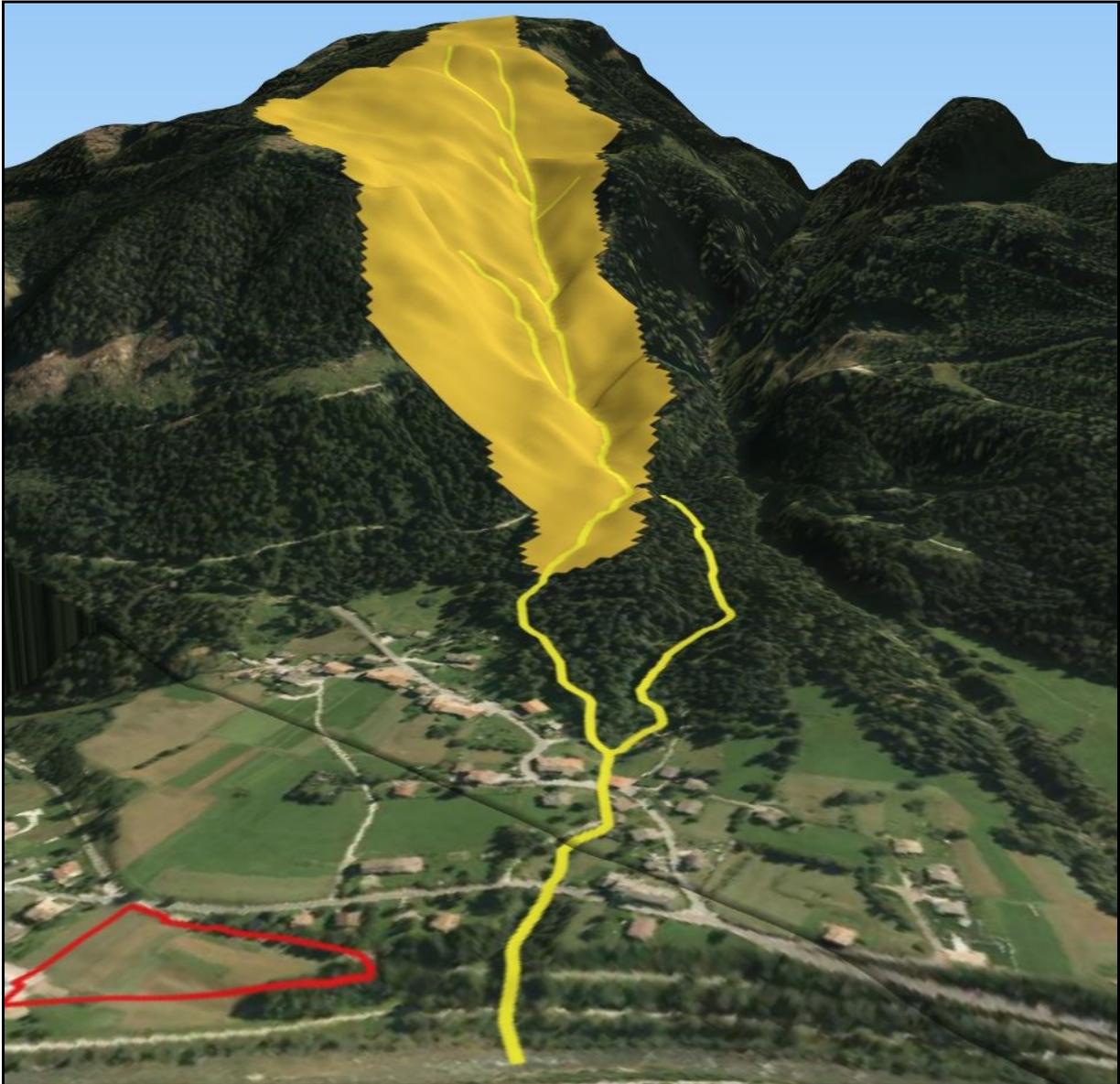


Figura 12. Bacino idrografico d'interesse - Vista 3D.

6 CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO

Per bacino idrografico si intende l'entità geografica costituita dalla proiezione su un piano orizzontale della superficie scolante sottesa alla sezione di chiusura. Nel caso in esame, la sezione di chiusura viene considerata ad una quota di circa 1030 metri s.l.m. in corrispondenza dell'apice del conoide in cui si vuole calcolare la portata di piena di progetto.

Nella seguente tabella vengono riportate le caratteristiche del bacino in questione.

CARATTERISTICHE DEL BACINO	
Sviluppo	Da quota 1300 m s.l.m. fino a 1030 m s.l.m. ca
Area	0,356 km ²
Perimetro	4,2 km
Lunghezza asta principale	1,4 km

Tabella 8. Caratteristiche principali del bacino d'interesse.

In seguito, vengono riportati gli estratti cartografici che sono stati utilizzati per ottenere i parametri caratteristici del bacino in esame, utili ai fini del calcolo della portata di piena secondo i metodi proposti dalla delibera 1306/2020:

- La Figura 13 mostra l'altimetria del bacino su ortofoto del 2015.
- La Figura 14 descrive la carta delle pendenze del bacino del torrente.

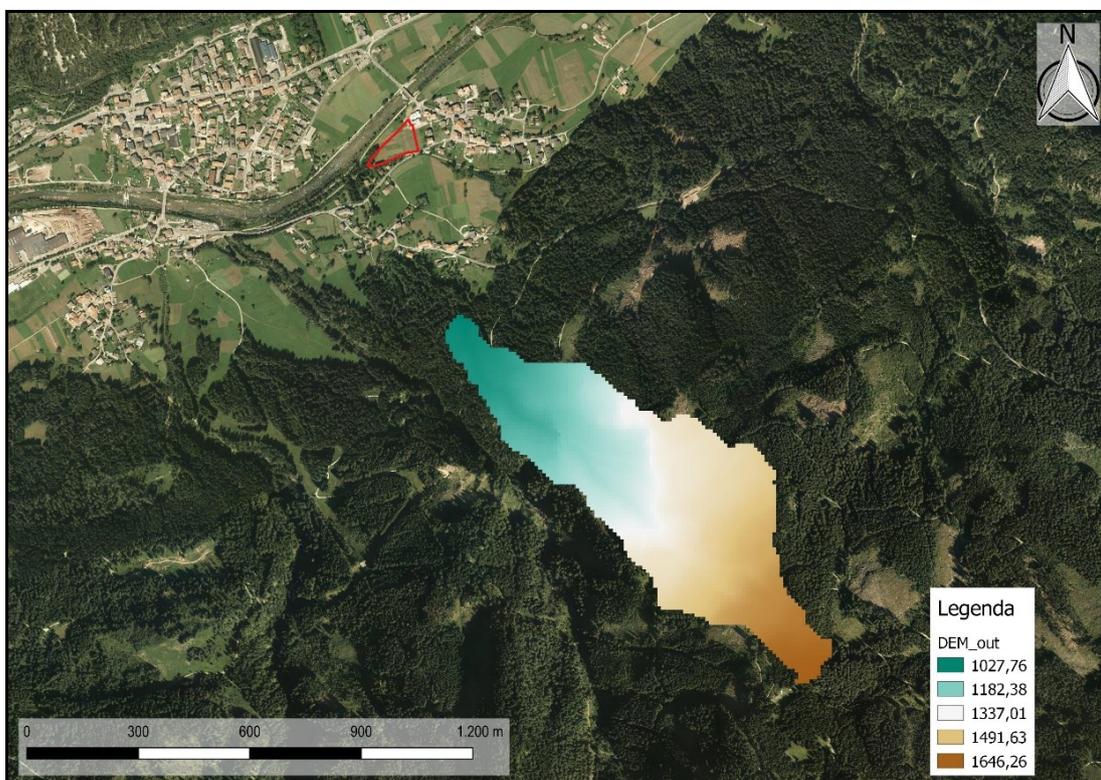


Figura 13. DEM per il bacino d'interesse su ortofoto.

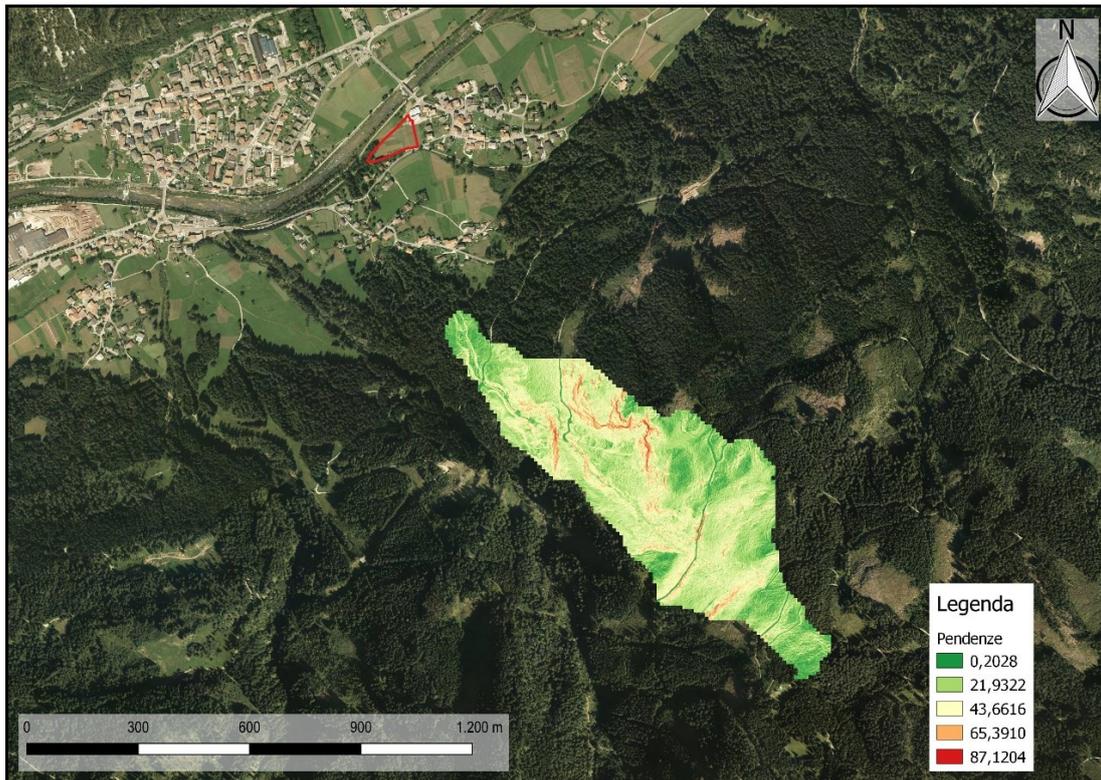


Figura 14. Carta delle pendenze del suolo che caratterizza il bacino idrografico oggetto di studio.

Curve Number “CN”

Questo parametro sarà utile, nei capitoli successivi, per il calcolo della portata al colmo di piena in quanto indica l’attitudine del complesso suolo-soprassuolo a produrre deflusso superficiale:

- valori bassi di CN identificano una situazione locale poco favorevole alla formazione di deflusso superficiale;
- valori crescenti di CN caratterizzano superfici tendenti alla impermeabilità.

È possibile ricavare il valore di CN facendo riferimento alla carta del “Curve Number”, ottenuta dalla combinazione della carta di permeabilità e di uso del suolo. Nella seguente figura si riporta la mappa del “Curve Number” reperibile *online* presso il “Geoportale della Provincia Autonoma di Trento”.

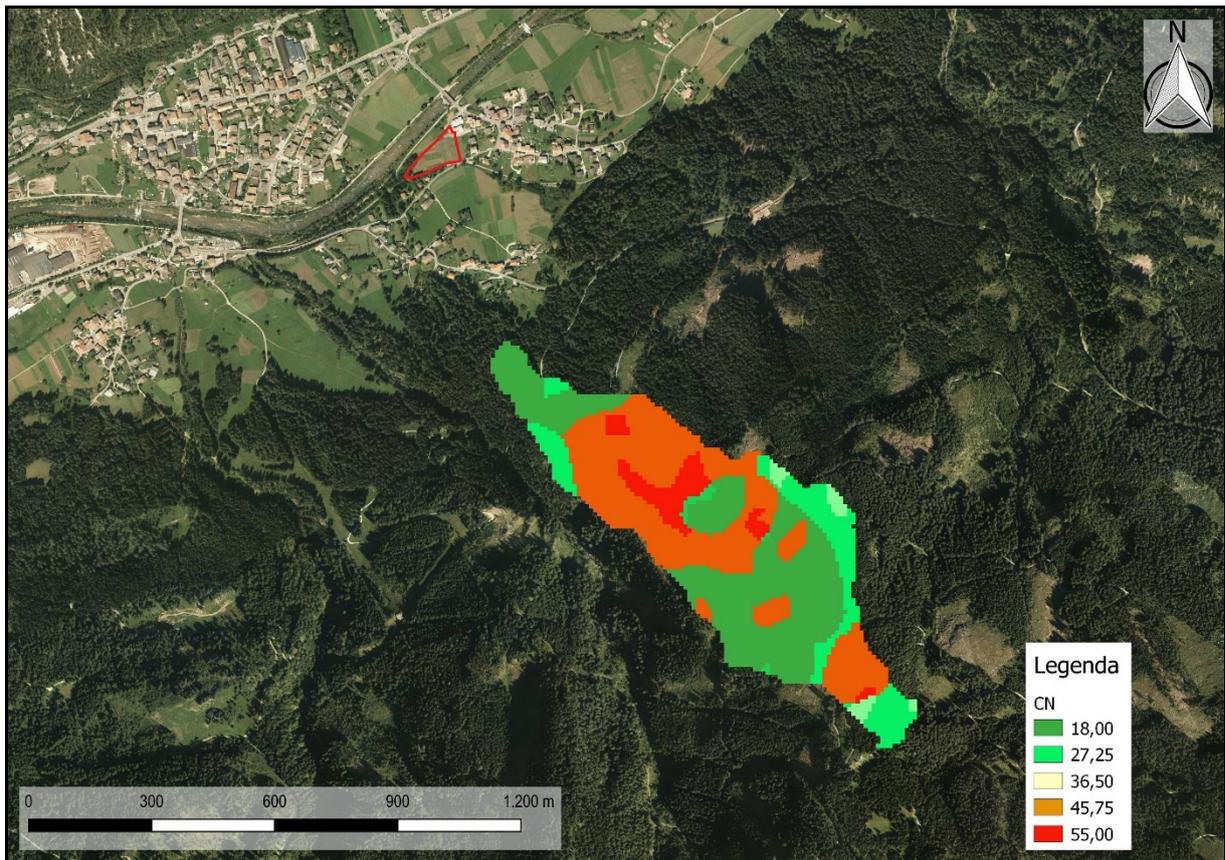


Figura 15. Bacino d'interesse su carta del parametro CN (Curve Number).

Dalla consultazione della carta del "Curve Number", il valore medio di CN(II) è risultato pari a **34,32** in condizioni di umidità normale (ovvero Classe AMC: II – "Antecedent Moisture Condition"). Il metodo del SCS (Soil Conservation Service) presente in letteratura, nonché suggerito dal "PGUAP: PARTE V", individua tre classi di umidità: AMC I (condizioni molto asciutte), AMC II (condizioni medie) e AMC III (condizioni molto umide), in relazione al valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. Al fine di definire la pioggia critica, il parametro CN è stato fissato pari a **54,58** (Classe AMC: III) secondo la relazione:

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)} = 55$$

Uso del Suolo e coefficiente di deflusso

Nel presente paragrafo, alla Figura 16, si riporta la mappa dell'Uso del suolo. Tale mappa consiste nella lettura e interpretazione della copertura del suolo mediante l'impiego di documentazione fotocartografica (ortofoto, catasto, ecc) e di software per la cartografia (Google Maps, Maps Street View, Google Earth, ecc). Rappresenta una poligonazione del suolo comunale in cui, a ciascun poligono, è attribuita una nomenclatura secondo lo standard internazionale di codificazione del modello europeo CORINE Land Cover.

Tale mappa è stata realizzata dall'Ufficio "Sistemi informatica e territorio" in collaborazione con il "Progetto Revisione del PRG" ed è reperibile *online* presso il "Portale Geocartografico Trentino" (Figura 16).

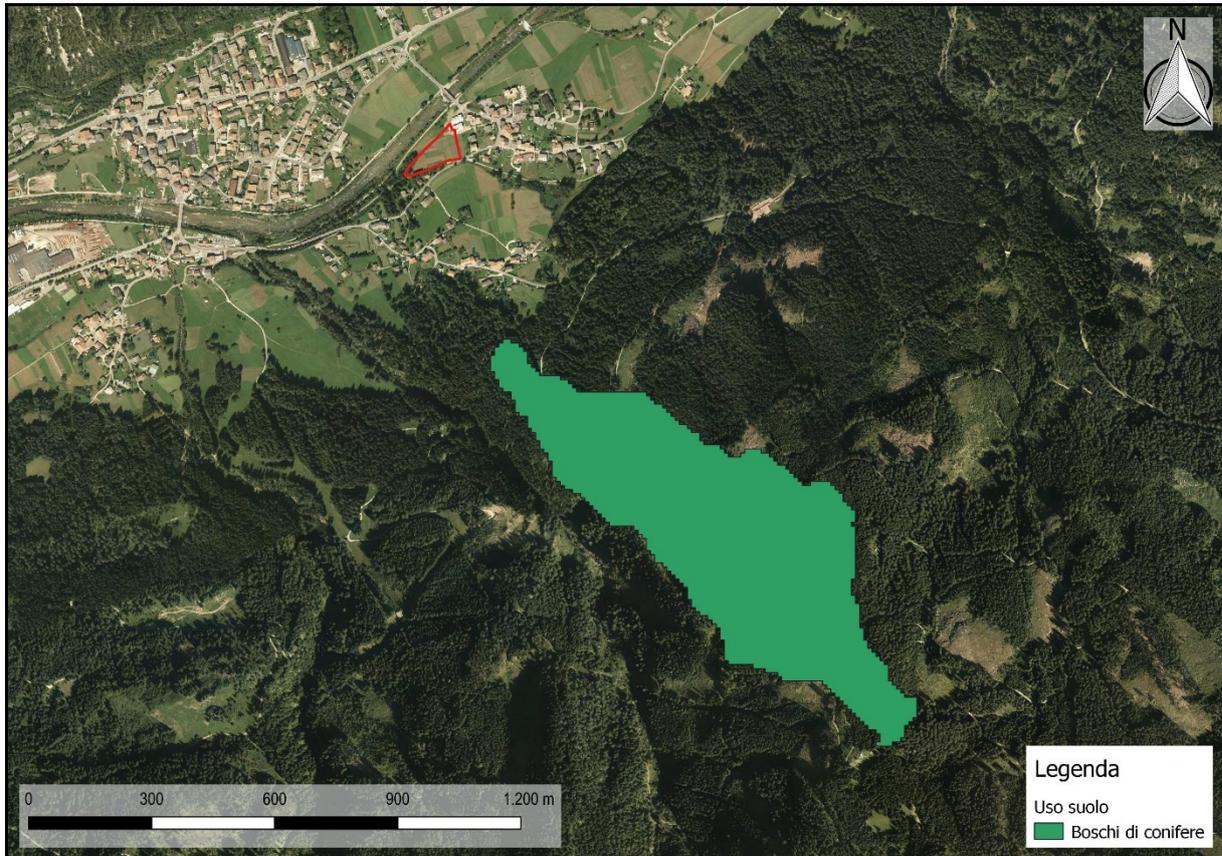


Figura 16. Estratto della mappa dell'Uso del suolo Corine Land Cover 2000 (scala grafica).

A partire dalla carta dell'Uso del Suolo (Mappa Corine Land Cover 2000), a seconda della tipologia di suolo considerato (Boschi misti, sistemi colturali e particellari permanenti e tessuto urbano discontinuo), sono stati attribuiti diversi coefficienti di deflusso tenendo conto dei valori riportati in Tabella 9 derivanti da letteratura. La stima di tale coefficiente è necessaria ai fini del calcolo della portata di piena del bacino.

Tale parametro, nell'ambito del bacino idrografico di un corso d'acqua, esprime il rapporto tra il volume defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo ed il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale.

Deve tenere conto dei diversi fattori che influenzano la formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione del reticolo idrografico superficiale, la dimensione del bacino, la presenza di zone urbanizzate, l'acclività dei versanti ecc.

Ad ogni diversa zona rappresentata nella mappa dell'Uso del suolo è stato attribuito un diverso coefficiente di deflusso facendo riferimento alla seguente tabella presente in letteratura:

TIPO DI SUOLO	COEFF. DI DEFLUSSO		
	Uso del suolo		
	Coltivato	Pascoli	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,2	0,15	0,1
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; Terreni di medio impasto o simili	0,4	0,35	0,3
Suoli poco permeabili. Suoli fortemente argillosi o simili con strati di argilla vicini alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0,5	0,45	0,4

Tabella 9. Valori orientativi del coefficiente di deflusso (FAO – 1976)

Dunque, per ogni categoria individuata nella carta d'uso del suolo, si riporta una descrizione dell'uso del suolo e, in base a questa, si stima un coefficiente di deflusso per ogni area secondo la tabella sopra riportata:

AREA km ²	DESCRIZIONE	COEFF. DI DEFLUSSO
356447	Boschi di conifere	0,3

Tabella 10. Coefficiente di deflusso stimato secondo l'uso delle diverse aree del bacino.

La media dei valori, pesata sulle aree delle zone omogenee, costituisce il coefficiente di deflusso da assegnare al bacino:

AREA TOT km ²	0,356
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO - MEDIA PESATA	0,3

Tabella 11. Coefficiente di deflusso medio del bacino.

7 ANALISI MORFOMETRICA

Nel presente paragrafo si descrivono i parametri morfometrici del bacino oggetto di studio, utili per schematizzare la sua tipologia e per avere informazioni riguardanti la sua struttura.

L'analisi morfometrica è stata effettuata consultando la cartografia *online* messa a disposizione dal "Portale Geocartografico Trentino".

Le principali proprietà del rilievo derivanti dall'analisi morfometrica sono le seguenti:

- **Altitudine media del bacino:**

L'Altitudine media del bacino rappresenta la media ponderata delle altezze medie delle superfici "Ai" comprese tra due curve di livello tra di loro non eccessivamente distanti, in modo da ritenere l'altezza media "hi" della fascia uguale alla media di valori delle curve di livello che la delimitano:

$$H = \frac{\sum hi Ai}{A}$$

- **Pendenza media del bacino e del corso d'acqua;**

La pendenza media di bacino "i_m" corrisponde alla media pesata delle pendenze locali.; come pendenza media dell'intero bacino si assume la media pesata della pendenza delle diverse strisce, calcolata assumendo come pesi i rapporti tra le aree delle strisce e l'area totale del bacino. Nel presente studio tale parametro è stato calcolato utilizzando il "DEM" reperibile *online* dal "Portale Geocartografico Trentino". Anche la pendenza media del corso d'acqua è stata ricavata utilizzando i dati forniti dal "DEM".

- **Profilo longitudinale dell'intera asta e del tratto analizzato:**

Le figure seguenti, ricavate utilizzando i dati forniti dal "DEM" reperibile *online* presso il "Portale Geocartografico Trentino", descrive lo sviluppo longitudinale e altimetrico dell'intera asta e del singolo tratto analizzato.

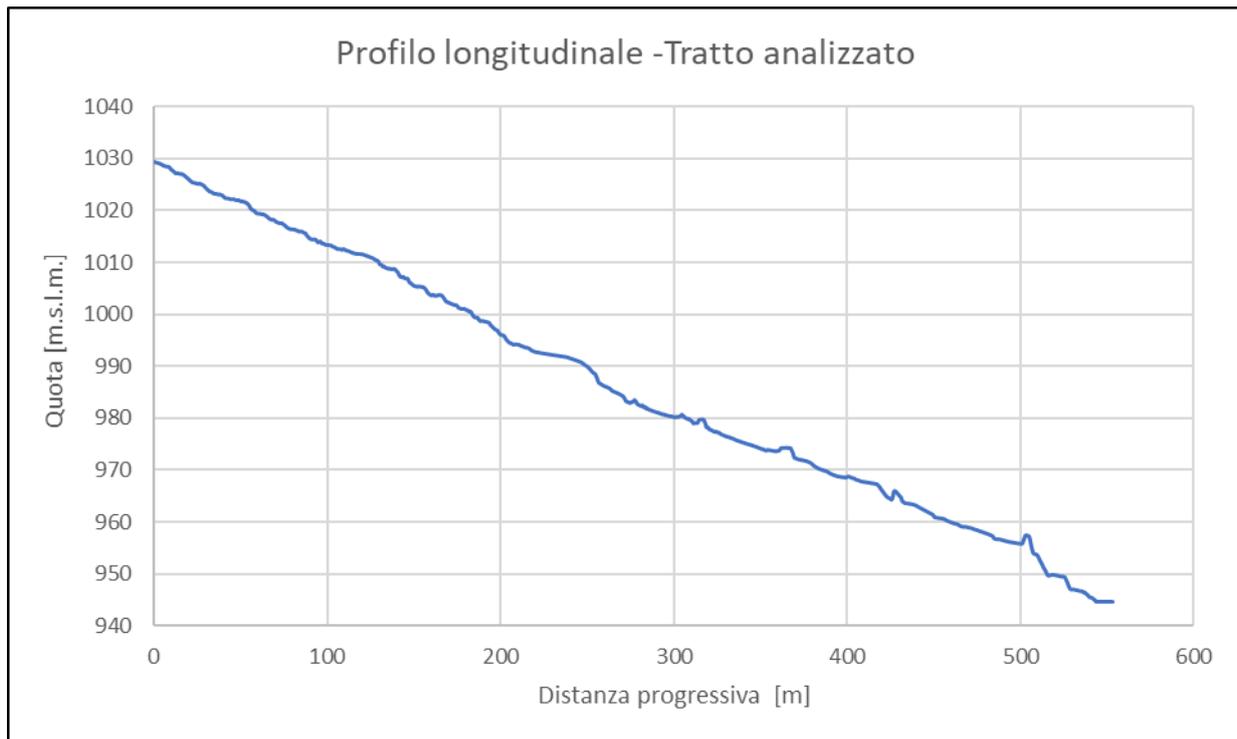


Figura 17. Profilo longitudinale dell'intera asta (in ordinata si riporta l'altitudine in metri s.l.m. e in ascissa la distanza progressiva in metri da monte a valle).

Nelle seguenti tabelle si riassumono le principali caratteristiche dell'asta principale e i principali parametri morfometrici del bacino d'interesse.

DATI TRATTO CORSO ACQUA ANALIZZATO		
Lunghezza	[km]	0,533
Quota estremità monte	[m.s.l.m.]	1029
Quota sezione chiusura	[m.s.l.m.]	944
Pendenza media	[-]	0,175

Tabella 12. Principali caratteristiche del tratto analizzato.

DATI BACINO DEL TRATTO ANALIZZATO		
Pendenza media versanti	[-]	0,31
Altitudine media bacino	[m]	1353
CN medio (II)	[-]	34,32
Area bacino	[km ²]	0,356
Coefficiente di deflusso medio	[-]	0,3

Tabella 13. Principali parametri morfometrici del bacino d'interesse.

7.1 Tempo di corrivazione del bacino: T_c

Il tempo di corrivazione del bacino idrografico può essere definito come “il tempo necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura”, dunque, ad ogni punto del bacino, corrisponde un particolare valore del tempo di corrivazione.

Un punto particolare è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l’asta principale della rete idrografica. Il tempo corrispondente a tale punto è il tempo di corrivazione più lungo e prende il nome di tempo di corrivazione del bacino.

Tale parametro è basilare per la determinazione della portata di piena in quanto si ipotizza che corrisponda all’intervallo di tempo interposto tra l’inizio della pioggia e il picco di piena: per una precipitazione, estesa su tutto il bacino, di altezza *h* e di intensità media *i*, costante nella durata di pioggia, si raggiunge la portata massima quando alla sezione considerata giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino stesso. Questo intervallo di tempo è definito come il tempo di corrivazione del bacino.

7.1.1 Stima di T_c

È possibile stimare il tempo di corrivazione utilizzando formule empiriche derivate dall’analisi di casi reali. Il valore che si assumerà per il calcolo della portata sarà la media dei valori ottenuti.

Il tempo di corrivazione varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo caratterizzanti lo stesso ed è stato calcolato mediante le seguenti espressioni presenti in letteratura:

- *Formula di Giandotti*

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (Q_{med} - Q_{min})^{0.5}}$$

- *Formula di Kirpick*

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

- *Formula Pezzoli*

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

- *Formula di Puglisi*

$$t_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{max} - Q_{min}}}$$

- *Formula di Ventura*

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

- *Formula di Tournon*

$$t_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_a}{i_b}} \right)^{0.72}$$

- *Formula di Pasini*

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

- *Formula di Viparelli*

$$t_c = \frac{L}{3.5 \cdot V}$$

dove:

- A [km²] è l'area del bacino idrografico;
- L [km] è la lunghezza dell'asta principale;
- Q_{max} [m] è la quota massima del bacino idrografico;
- Q_{med} [m] è la quota media del bacino idrografico;
- Q_{min} [m] è la quota minima del bacino idrografico;
- CN [0-100] è il "Curve Number";
- D_{max} [km] rappresenta la distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura;
- i_b [m/m] è la pendenza media del bacino idrografico;
- i_a [m/m] è la pendenza media dell'asta principale;
- V è la velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti in letteratura sono compresi tra [1-1,5] m/s, nel caso in esame si assume il limite superiore.
- P [km] è il perimetro del bacino idrografico.

I dati che caratterizzano il bacino d'interesse, utilizzati nel calcolo del tempo di corrivazione, vengono riportati nella seguente tabella:

INPUT DATI	
Descrizione	Valori
Area bacino	0,356 km ²
Lunghezza asta principale	1,4 km
Quota massima	16446,7 m.s.l.m.
Quota media	1532,66 m.s.l.m
Quota minima	1027 m.s.l.m
Curve number medio del bacino	34,32
Pendenza media del bacino	0,3051
Pendenza media dell'asta principale	0,31
Perimetro del bacino	4,86 km

Tabella 14. Parametri caratteristici del sottobacino d'interesse.

OUTPUT: TEMPO DI CORRIVAZIONE [h]	
Metodi di calcolo	Risultati ottenuti
Giandotti	0,311
Kirpick	0,136
Pezzoli	0,139
Puglisi	1,046
Ventura	0,137
Tournon	0,294
Pasini	0,155
Viparelli	0,259

Tabella 15. Tempo di corrivazione ottenuto con diversi metodi presenti in letteratura.

Per stimare il tempo di corrivazione caratteristico del bacino in esame è stata fatta una media aritmetica dei risultati ottenuti con i diversi metodi sopra esposti escludendo i valori poco ragionevoli. Il tempo di corrivazione medio ottenuto è pari a **0,31 h**.

7.2 Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico

La forma planimetrica del bacino condiziona alcuni fenomeni idrologici che in esso si verificano come, per esempio, i tempi di trasferimento delle gocce di pioggia cadute sul bacino.

Per caratterizzare la forma di un bacino si utilizzano diversi indici che generalmente confrontano il bacino reale con un cerchio di pari superficie o di pari diametro:

- **Fattore di forma:** Indica approssimativamente il grado di sinuosità dell'asta principale. Corrisponde alla differenza tra la forma attuale e quella di un quadrato

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

- **Coefficiente di uniformità:** È il rapporto tra il perimetro P del bacino ed il perimetro di un cerchio con area uguale al bacino in esame:

$$R_u = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}}$$

- **Rapporto di circolarità:** Esprime il rapporto tra la superficie A del bacino e l'area di un cerchio avente perimetro P uguale a quello del bacino:

$$R_c = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$$

- **Rapporto di allungamento:** È il rapporto tra il diametro del cerchio di area A:

$$R_a = \frac{2 \cdot \sqrt{A}}{L \cdot \sqrt{\pi}}$$

OUTPUT: FORMA DEL BACINO IDROGRAFICO	
Descrizione	Risultati
Rapporto di circolarità	0,19
Coefficiente di Uniformità	2,30
Fattore di Forma	0,21
Rapporto di allungamento	0,52

Tabella 16. Parametri di Forma del bacino.

8 ANALISI IDROLOGICA

Per il calcolo dell'altezza critica h_c sono stati considerati i dati presentati nello studio di "DELLA LUCIA D., FATTORELLI S. PROVASI S." in cui vengono individuate delle zone omogenee per le piogge intense nel Trentino allo scopo di ottenere una conoscenza delle portate di piena per i bacini montani della Provincia.

Per la zona 3, comprendente il sottobacino d'interesse, nell'ipotesi di eventi con tempo di ritorno di 50, 100 anni e di 200 anni i coefficienti "a" ed "n" della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, assumono i seguenti valori:

COEFFICIENTI CURVA- Tr 25 anni		ESPRESSIONE
a	n	
35,60	0,47	$h = 35,60 t^{0,47}$

Tabella 17. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 25.

COEFFICIENTI CURVA- Tr 100 anni		ESPRESSIONE
a	n	
44,20	0,48	$h = 44,20 t^{0,48}$

Tabella 18. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 100.

COEFFICIENTI CURVA- Tr 200 anni		ESPRESSIONE
a	n	
48,60	0,48	$h = 48,60 t^{0,48}$

Tabella 19. Coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per il calcolo della pioggia critica per Tr 200.

INTERVALLO DI RITORNO TR (anni)	ALTEZZA h (mm) DELLE PIOGGE DI DURATA tp (ore)					PARAMETRI DELLA $h=at^n$	
	1	3	6	12	24	a	n
<i>Zona n. 1</i>							
2	14,7	23,2	33,0	46,6	63,3	14,4	0,47
5	20,6	31,0	44,0	64,5	90,6	19,6	0,47
10	24,6	36,2	51,1	76,5	109,3	23,0	0,48
25	29,6	42,6	59,9	91,8	133,5	27,3	0,48
50	33,5	47,3	66,4	103,3	151,9	30,5	0,48
100	37,3	52,0	72,9	114,8	170,6	33,6	0,49
200	41,3	56,7	79,3	126,4	189,7	36,8	0,49
<i>Zona n. 2</i>							
2	18,6	27,1	38,2	53,8	74,0	17,7	0,44
5	26,6	35,8	49,3	69,4	96,5	24,7	0,41
10	32,0	41,5	56,2	79,4	110,9	29,3	0,40
25	39,0	48,5	64,8	91,5	128,7	35,3	0,38
50	44,4	53,6	71,0	100,4	141,6	39,7	0,37
100	49,8	58,7	77,0	109,0	154,3	44,2	0,36
200	55,3	63,7	83,1	117,6	167,0	48,8	0,35
<i>Zona n. 3</i>							
2	19,6	27,9	36,1	47,9	63,8	19,0	0,37
5	27,1	37,4	46,7	62,2	83,7	26,0	0,35
10	32,0	43,6	53,5	71,4	96,4	30,6	0,34
25	38,3	51,3	61,8	82,6	112,1	36,4	0,33
50	43,1	56,9	67,8	90,8	123,6	40,8	0,33
100	47,8	62,6	73,7	98,9	135,0	45,1	0,32
200	52,6	68,2	79,6	106,9	146,3	49,5	0,32
<i>Zona n. 4</i>							
2	19,1	28,8	38,7	54,3	75,5	18,4	0,43
5	26,8	39,4	53,5	77,3	111,0	25,3	0,45
10	32,0	46,4	63,4	92,9	135,9	29,9	0,46
25	38,7	55,2	75,9	113,2	168,5	35,6	0,47
50	43,7	61,8	85,3	128,5	193,7	39,9	0,47
100	48,8	68,4	94,8	144,1	219,5	44,2	0,48
200	54,0	75,1	104,3	160,0	246,1	48,6	0,48
<i>Zona n. 5</i>							
2	20,0	38,6	57,7	82,9	110,8	20,8	0,54
5	27,1	53,3	80,0	117,1	160,4	28,0	0,56
10	31,7	63,0	94,8	140,3	194,6	32,8	0,57
25	37,5	75,5	113,8	170,1	239,1	38,7	0,59
50	41,8	84,8	127,9	192,6	273,2	43,1	0,59
100	46,1	94,1	142,2	215,4	307,9	47,5	0,60
200	50,4	103,6	156,6	238,6	343,6	51,9	0,61

Tabella 20. Risultati delle elaborazioni per le zone omogenee (Provincia Autonoma di Trento).

I dati così ottenuti sono stati utilizzati per il calcolo dell'altezza critica di pioggia mediante la seguente formulazione:

$$h_c = a t^n$$

dove:

- "a" ed "n" sono parametri adimensionali che si ricavano dalla tabella sopra riportata;
- "t" è il tempo di pioggia critico in ore;
- "h_c" è l'altezza di pioggia critica in mm.

9 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Ai fini della corretta modellazione idraulica del corpo idrico risulta indispensabile effettuare uno studio approfondito delle portate che interessano l'asta fluviale in occasione di eventi meteorici intensi.

In questo capitolo vengono presentate le metodologie ed i criteri utilizzati per il calcolo del tempo di ritorno e delle portate di piena nella sezione di chiusura d'interesse.

9.1 Abd-Toolbox

AdB-Toolbox è un applicativo GIS Open Source sviluppato per conto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Il modello propone un'applicazione distribuita dell'approccio geomorfologico, combinando le equazioni del Soil Conservation Service (SCS) per il calcolo della pioggia efficace, il metodo cinematico per la propagazione del deflusso superficiale alla sezione di chiusura ed un serbatoio lineare per la simulazione del deflusso di base.

Consente numerose analisi di dati spaziali, tra le quali il calcolo dell'idrogramma di progetto. Per l'elaborazione dei dati, il programma utilizza anche dati territoriali che coprono l'intero territorio nazionale, effettuando una modellazione ad evento del processo afflussi-deflussi. In particolare, per l'ambito trentino, i dati utilizzati sono quelli derivati dalla prima taratura del modello su tutta la Provincia.

Come dati di input vengono utilizzati informazioni morfometriche, idrologiche e climatiche per una determinata zona, quali:

- la mappa del Curve Number;
- il DEM idrologicamente condizionato;
- la mappa delle direzioni di deflusso;
- la mappa dell'area drenata.

Da queste informazioni e sulla base di alcuni coefficienti, quali il coefficiente pluviometrico, il coefficiente di scale e di variazione, determinata la sezione di chiusura di un bacino, il software calcola l'idrogramma di progetto per il bacino di interesse.

Nella seguente immagine si riporta l'idrogramma di piena calcolato con ADB-Toolbox per un tempo di ritorno pari a 30, 100 e 200 anni.

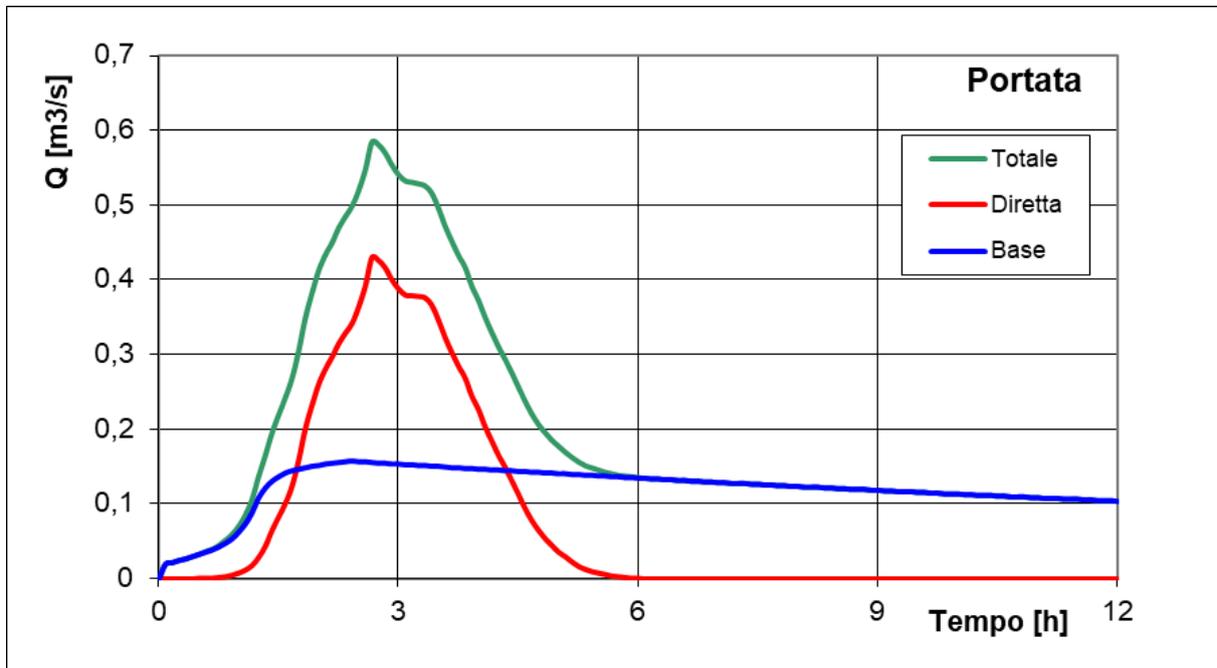


Figura 18. Idrogramma di piena generato dal software ADB Toolbox per un Tr 30.

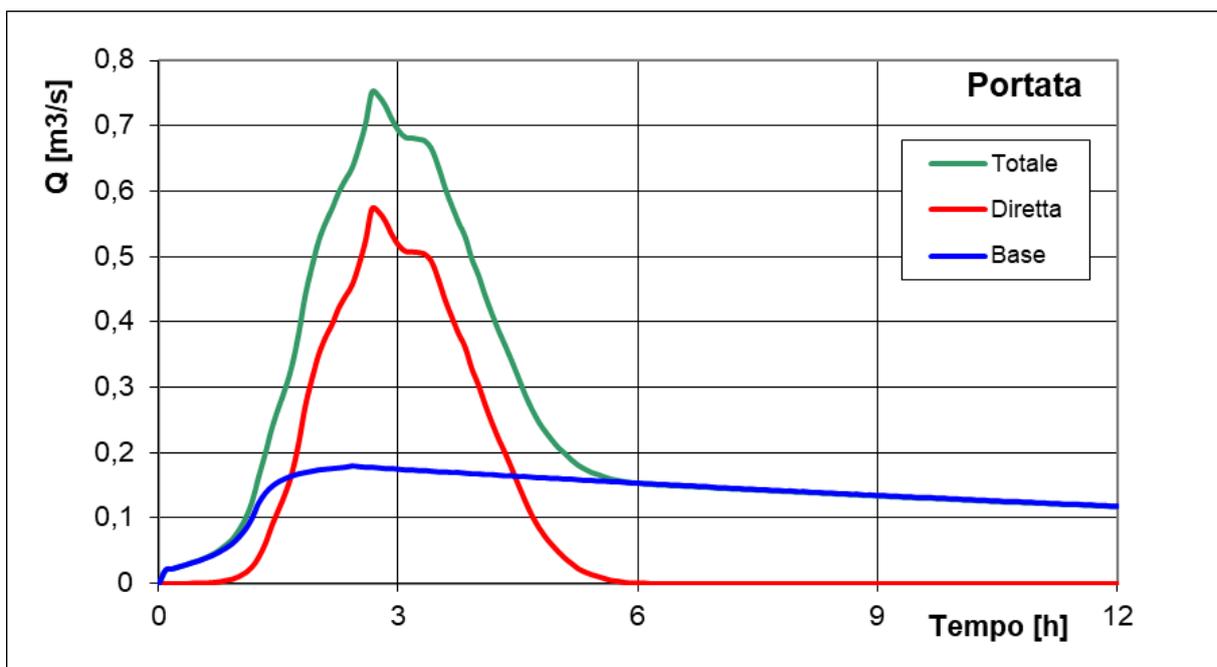


Figura 19. Idrogramma di piena generato dal software ADB Toolbox per un Tr 100.

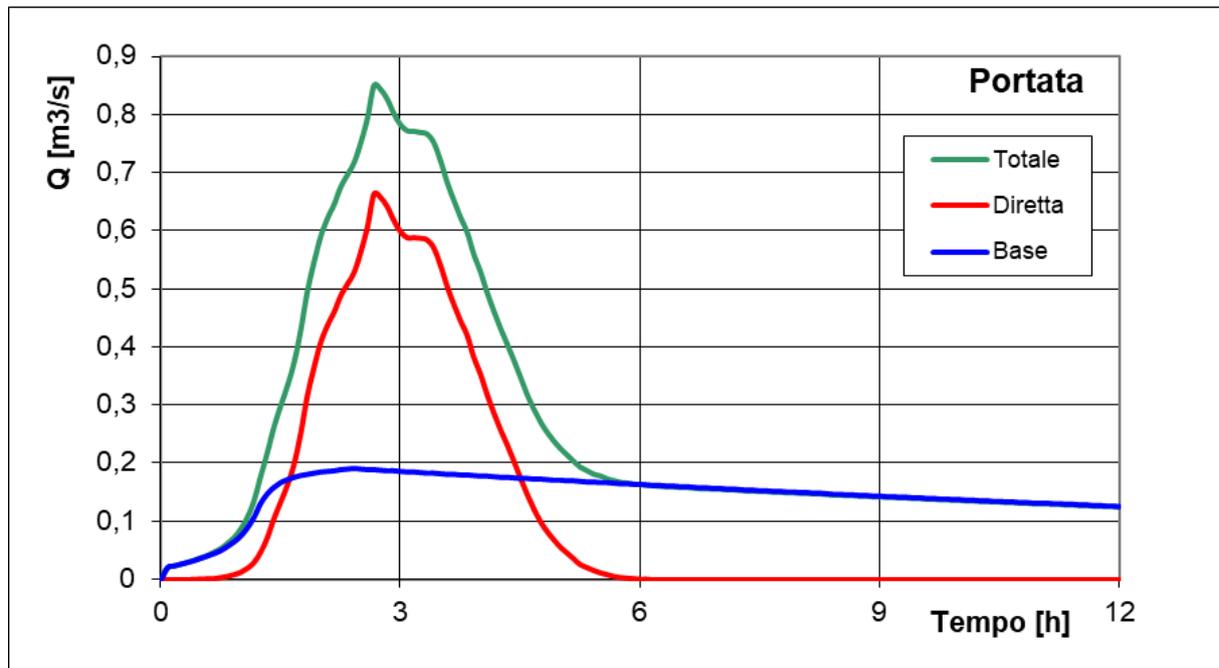


Figura 20. Idrogramma di piena generato dal software AdB Toolbox per un Tr 200.

9.2 Metodo del Soil Conservation Service (S.C.S.)

Secondo questo metodo di calcolo la portata di colmo può essere espressa come segue:

$$Q_P = 0,278 \frac{V A}{T_a}$$

Dove:

- Q_P è la portata al colmo espressa in m^3/s ;
- **0,278** è il coefficiente di conversione delle unità di misura;
- V è il volume di deflusso superficiale [mm];
- A è l'area del bacino [km^2];
- T_a è il tempo di accumulo [h].

L'ipotesi alla base del metodo è che il deflusso superficiale V sia funzione di:

- pioggia netta P_n (cioè della pioggia critica depurata delle perdite iniziali I_a per intercettazione) espressa in mm;
- contenuto idrico massimo del suolo S espresso in mm.

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Il contenuto idrico massimo del suolo è espresso in funzione del parametro CN "curve number" il cui valore, variabile tra 0 e 100, è stato calcolato al capitolo 6. Valori bassi del parametro CN identificano un bacino poco favorevole alla formazione di deflusso superficiale mentre valori

progressivamente crescenti si riferiscono a suoli tendenti alla impermeabilità. È possibile esprimere il parametro S secondo la seguente espressione:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Per quanto riguarda il tempo di accumulo T_a , ipotizzando un pluviogramma di forma rettangolare si ha:

$$T_a = T_L + 0,5 T_P$$

Dove:

- T_L è il tempo di ritardo, ovvero l'intervallo temporale tra il baricentro del pluviogramma e il punto di massimo dell'idrogramma, Per calcolare questo parametro è possibile utilizzare la formula di Mockus:

$$S = 25,4 \cdot 0,342 Y^{-0,5} L^{0,8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

Dove:

- Y pendenza media del bacino [%]
- L lunghezza dell'asta principale [m]
- CN è il "Curve Number"

- T_P è il tempo critico di pioggia. Il metodo ipotizza un tempo di pioggia critico T_P pari a:

$$T_P = 2 T_C$$

Dove:

- T_C è il tempo di corrivazione del bacino che può essere espresso, secondo questo metodo, mediante la seguente espressione:

$$T_C = \frac{T_L}{0,6}$$

$$T_P = 2 T_C$$

La particolarità del metodo SCS consiste nel suddividere la superficie del bacino in base alla diversa attitudine delle sue aree a produrre deflusso. Questa "diversità" dei suoli nella produzione di deflusso è legata alla permeabilità a saturazione. Il parametro indicatore dell'attitudine del complesso suolo-soprasuolo a produrre deflusso superficiale è il Curve Number CN.

Le considerazioni sulla scelta del Curve Number sono riportate al capitolo 6.

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati di input utilizzati al fine del calcolo della portata di piena con il metodo razionale e i risultati ottenuti.

	DATI DI INPUT		
	Tr 25	Tr 100	Tr 200
P [mm]			
	40,11	49,92	54,89
V [mm]			
	0,022	0,268	0,712
T_L [h]	0,387		
A [km²]	0,356		
T_c [h]	1,289		
T_a [h]	0,644		
T_p [h]	1,289		
S [mm]	211,344		
CN (III)	54,58		

Tabella 21. Dati di input inseriti nel metodo SCS per il calcolo della portata di piena.

DATI OUTPUT	TEMPO DI RITORNO		
	Tr 25	Tr 100	Tr 200
Portata [m ³ /s]	0,0021	0,03	0,07

Tabella 22. Valori della portata ottenuti con il metodo SCS per un tempo di ritorno di 25, 100 e 200 anni.

9.3 Tabella riassuntiva delle portate calcolate

Nella Tabella 23 si mostrano, in forma sintetica, i risultati ottenuti nel calcolo delle portate di piena mediante i metodi descritti nei precedenti paragrafi.

METODO UTILIZZATO	PORTATE DI PIENA [m ³ /s]	TEMPO DI RITORNO [anni]
Adb toolbox	0,585	30
	0,709	100
	0,851	200
SCS	0,0021	25
	0,03	100
	0,07	200

Tabella 23. Portate di piena calcolate con tre diversi metodi di calcolo.

10 MODELLAZIONE IDRAULICA MONODIMENSIONALE MEDIANTE HEC-RAS

Al fine di verificare il corretto deflusso delle portate di piena all'interno dell'alveo dell'asta in esame, il corso d'acqua in esame è stato implementato in un codice di calcolo monodimensionale.

La modellazione idraulica consente di simulare la risposta del corpo idrico in funzione della portata in ingresso, dando come output la ricostruzione dei tiranti idrici.

Tale modellazione è stata eseguita a moto permanente e a fondo fisso con il software Hec - Ras dell'U.S. Army Corps of Engineers. che permette di fare diverse analisi idrauliche, in particolare:

- calcoli dei profili di superficie dell'acqua in regime stazionario, "Steady flow models";
- simulazioni uni e bi-dimensionali per il flusso non stazionario, "Unsteady flow models";
- calcoli del trasporto solido, "Sediment transport models";
- valutazione della qualità dell'acqua, "Water quality analysis".

Nei paragrafi successivi verranno descritti i seguenti punti:

- ipotesi semplificative utilizzate nella modellazione idraulica;

- dati di input inseriti all'interno del software;
- passaggi necessari alla elaborazione dell'analisi relativa al sito oggetto di studio;
- risultati ottenuti.

10.1 Ipotesi semplificative

La ricostruzione del modello di piena è stata eseguita utilizzando le seguenti ipotesi semplificative:

- moto permanente (le caratteristiche del flusso sono variabili nei diversi punti della sezione ma costanti nel tempo);
- moto monodimensionale;
- geometria dell'alveo caratterizzata da variazioni di geometria graduale;
- fondo fisso.

Tramite HEC-RAS è stato realizzato un modello idrologico utilizzando la portata precedentemente calcolata, al fine di valutare l'altezza del battente idraulico all'interno del corpo idrico usando i dati geografici dello stato di fatto del tratto fluviale.

Scopo della presente simulazione è verificare che la morfologia del corpo idrico sia tale da garantire il corretto deflusso delle portate affluenti, evitando quindi l'esondazione delle acque, anche in occasione di eventi meteorici intensi (Tr pari a 25,100 e 200 anni).

Calcoli dei profili di superficie dell'acqua

L'elaborazione dei profili di superficie dell'acqua è stata condotta per mezzo di un algoritmo riferito al caso di flusso costante. Tale procedura computazionale è basata sull'equazione unidimensionale dell'energia. Le perdite di energia sono valutate dall'equazione di Manning (frizione) e sulla base dei valori dei coefficienti di contrazione ed espansione.

Computazione

Il sistema è capace di modellare i profili di superficie dell'acqua in base al regime di flusso, che può essere subcritico, supercritico e misto.

Questi regimi sono basati sui profili di superficie dell'acqua, i quali indicano come la profondità di flusso varia longitudinalmente. I profili sono classificati in riferimento alla relazione tra la profondità attuale d'acqua (y), la profondità normale (y_n), e la profondità critica (y_c). La profondità normale consiste nella profondità che si avrebbe se il flusso fosse uniforme e costante, ed è generalmente definita tramite l'equazione di Manning.

La profondità critica viene definita come la profondità del flusso laddove l'energia è al minimo per la portata determinata.

Il flusso subcritico si realizza quando la profondità attuale dell'acqua è superiore alla profondità critica. Questo tipo di flusso viene determinato dalle forze gravitazionali ed è caratterizzato da uno scorrimento delle acque lento e stabile.

Il flusso supercritico si realizza quando la profondità attuale dell'acqua è inferiore alla profondità critica. Questo tipo di flusso viene definito dalle forze inerziali ed è caratterizzato da uno scorrimento delle acque rapido e instabile.

Nel caso studiato, il flusso è stato ipotizzato supercritico. Tale supposizione è stata confermata in fase di analisi dei risultati valutando il coefficiente di Froude che è risultato maggiore di 1:

$$Fr = \frac{V_0}{\sqrt{g L_0}}$$

- $Fr = 1$ la corrente è nel suo punto critico;
- $Fr < 1$ la corrente è lenta;
- $Fr > 1$ la corrente è veloce.

10.2 Dati di input

Le grandezze fisiche necessarie all'implementazione del modello numerico sono:

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

10.2.1 Geometria dell'alveo

Uno dei principali input da inserire nel programma sono i dati delle sezioni trasversali (o "*Cross Section*" in HEC-RAS). Ogni sezione trasversale è identificata da una stazione di fiume, che definisce l'ubicazione della sezione in riferimento a tutte le altre sezioni trasversali all'interno del tratto fluviale.

La geometria dell'alveo è stata estratta dal rilievo LIDAR della provincia autonoma di Trento (dtm 2014).

Sono state considerate 54 sezioni di lunghezza pari a 20 metri ed interesse 10 metri; da monte a valle vengono denominate dal programma tramite la sigla "River station".

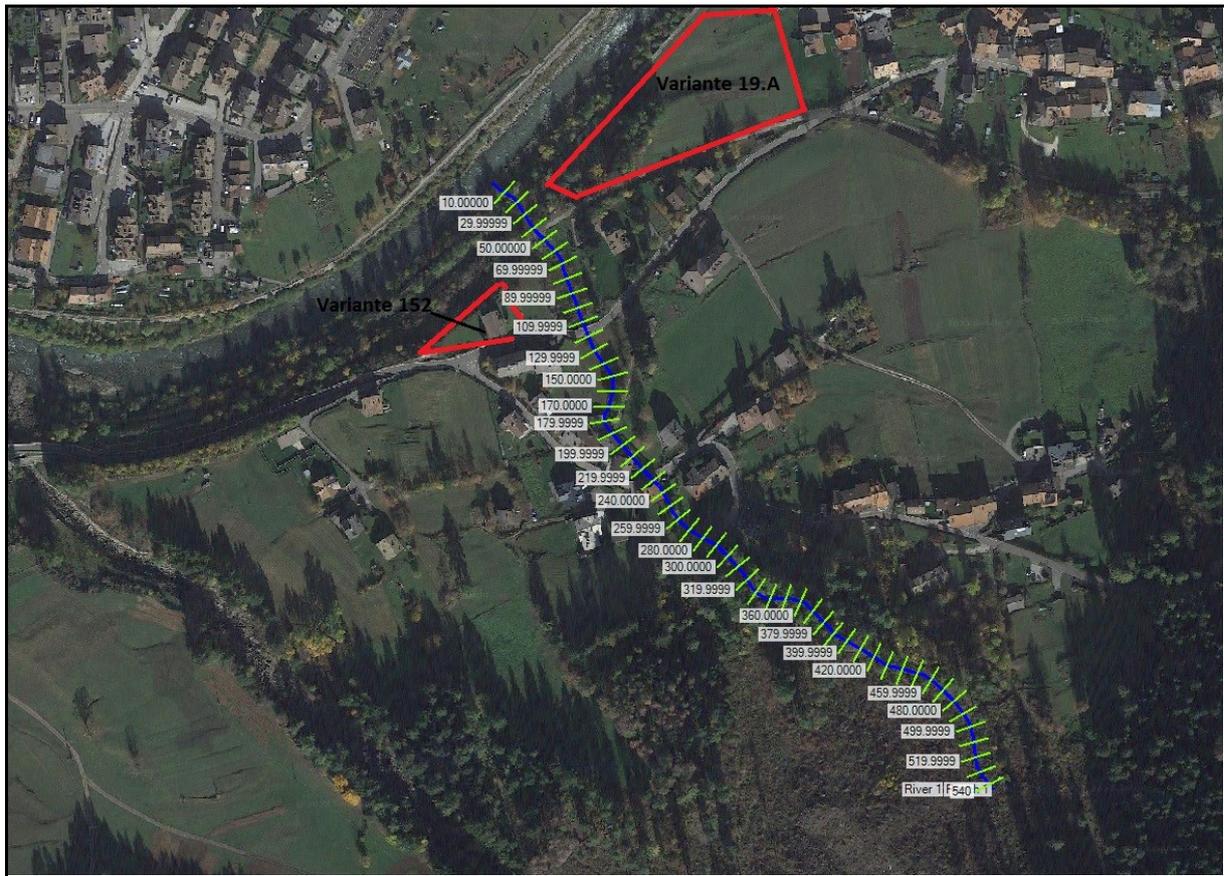


Figura 21. Planimetria su ortofoto del tratto analizzato con indicazione delle Cross-Section (n. 54) considerate nella modellazione idraulica.

Per una maggiore comprensione della geometria che caratterizza il tratto di corso d'acqua in questione si riportano alcune delle sezioni trasversali che sono state inserite all'interno del software di modellazione idraulica HEC-RAS:

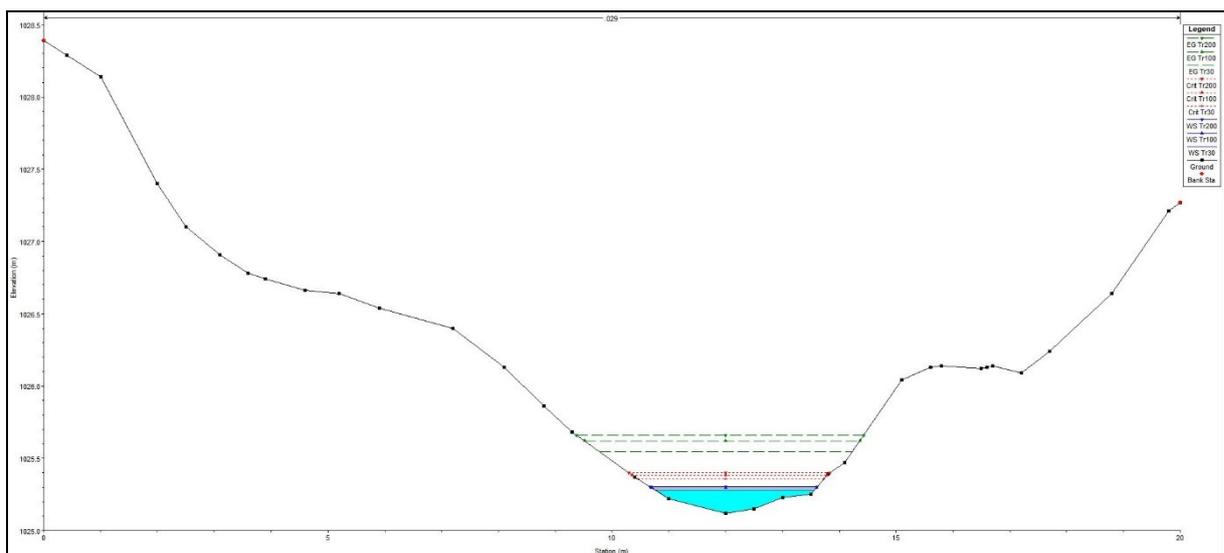


Figura 22. Esempio dell'alveo riportato in HEC-RAS.

10.2.2 Portata di progetto

La simulazione è stata eseguita **a moto permanente** imponendo una portata pari alla portata di piena calcolata nel capitolo 9 del presente studio.

Per stimare tale portata sono stati utilizzati quattro diversi metodi. Nella seguente tabella si illustrano le portate scelte per la modellazione idraulica che corrispondono ai valori calcolati con il “metodo statistico” in quanto risultano i valori maggiormente a favore di sicurezza.

TEMPO DI RITORNO [anni]	25	100	200
PORTATA DI PIENA Q [m ³ /s]	0,585	0,751	0,851

Tabella 24. Portate di progetto per i tempi di ritorno considerati nella verifica.

10.2.3 Parametri idraulici

La resistenza al moto della sezione viene espressa attraverso il **coefficiente di scabrezza di Manning** ($K_s \text{ s/m}^{1/3}$) permettono di valutare le perdite di energia.

Il valore di Manning è un coefficiente che rappresenta la rugosità dell'alveo ovvero la frizione applicata al flusso da parte del canale. Tale parametro varia a seconda del punto dell'alveo preso in considerazione: riva sinistra (Left Over Bank, LOB in HEC-RAS) e destra (Right Over Bank, ROB in HEC-RAS) del fiume e letto del fiume (Channel in HEC-RAS).

Nella seguente tabella vengono riportati i coefficienti di scabrezza scelti per il fondo dell'alveo e delle sponde del corso d'acqua in base a:

- documentazione fotografica dell'area di analisi;
- valori dei coefficienti di Manning disponibili in letteratura;
- manuale di Hec-Ras;
- tabelle standard disponibili online (https://www.engineeringtoolbox.com/mannings-roughness-d_799.html).

Coeff. di Manning di fondo [$K_s \text{ s/m}^{1/3}$]	Coeff. di Manning sponde [$K_s \text{ s/m}^{1/3}$]
Aree con cespugli sparsi ed erba alta 0,030	Aree con cespugli sparsi ed erba alta 0,030

Tabella 25. Coefficienti di scabrezza scelti per la modellazione idraulica.

Le perdite causate dalla contrazione e dall'espansione del tratto fluviale tra le sezioni trasversali sono parametrizzate per mezzo dei coefficienti di contrazione ed espansione. Quando la testa di velocità ("velocity head") aumenta verso valle, viene utilizzato il coefficiente di contrazione; quando diminuisce, viene considerato quello di espansione. Nel caso in esame, considerando i valori riportati nel manuale Hec-Ras, sono stati assunti i valori suggeriti per la "transizione graduale" pari a 0,05 per il coefficiente di contrazione e 0,1 per il coefficiente di espansione.

10.3 Risultati della modellazione idraulica 1D

Il tratto oggetto di studio è stato implementato in una modellazione idraulica, inserendo la geometria della sezione fino e oltre il ciglio superiore degli argini.

Le simulazioni dei modelli HEC-RAS hanno permesso di definire i profili di superficie dell'acqua per ciascuna sezione trasversale

Il principale parametro ottenuto dalla simulazione è il livello idrometrico all'interno dell'alveo per le portate di progetto definite al paragrafo 10.2.2.

TEMPO DI RITORNO [anni]	25	100	200
PORTATA DI PIENA Q [m ³ /s]	0,585	0,751	0,851

Tabella 26. Valori delle portate di piena considerati per la modellazione idraulica con HEC-RAS.

10.3.1 Risultati della simulazione per Tr pari a 25 anni

Nella seguente tabella si riporta la portata calcolata per un tempo di ritorno pari a 25 anni con il “metodo statistico”.

TEMPO DI RITORNO [anni]	25
PORTATA DI PIENA Q [m³/s]	0,585

Tabella 27. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 25 anni.

Nella Figura 23. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25. Figura 23 si riporta il profilo delle altezze idrometriche e i valori numerici delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione.

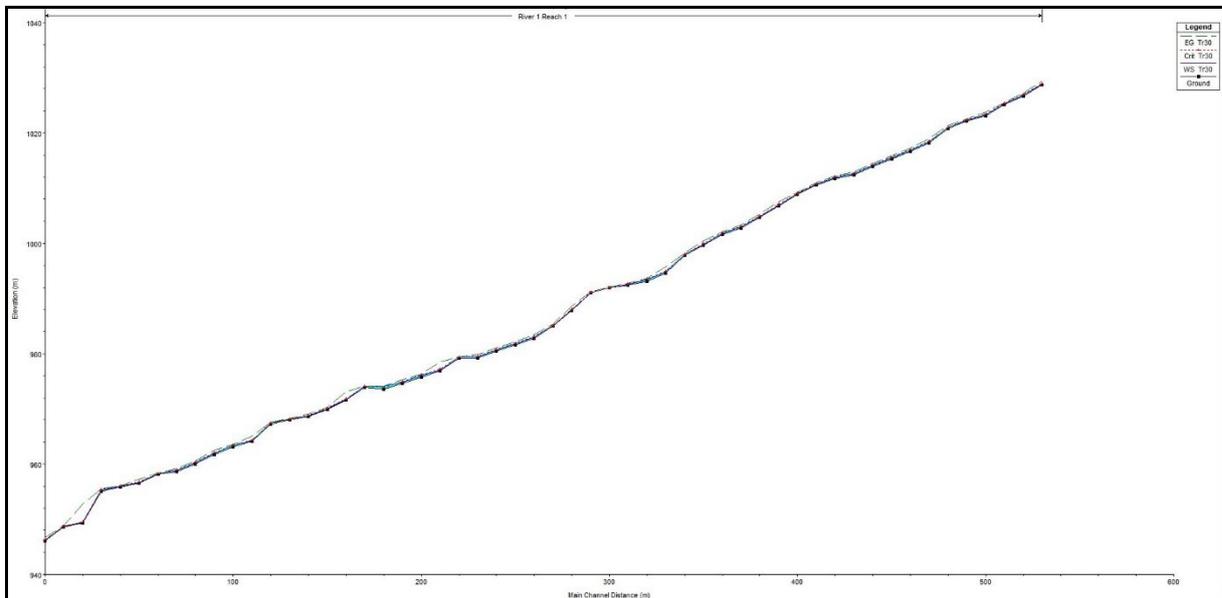


Figura 23. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.

Di seguito vengono riportate i valori delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione nelle tre sezioni che vanno ad identificare la parte iniziale, centrale e finale del tratto analizzato.

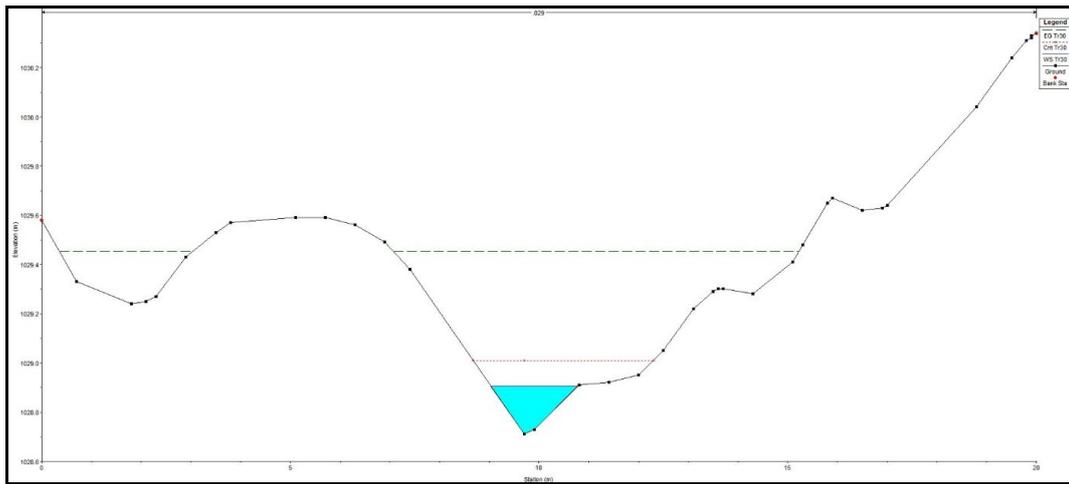


Figura 24. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.

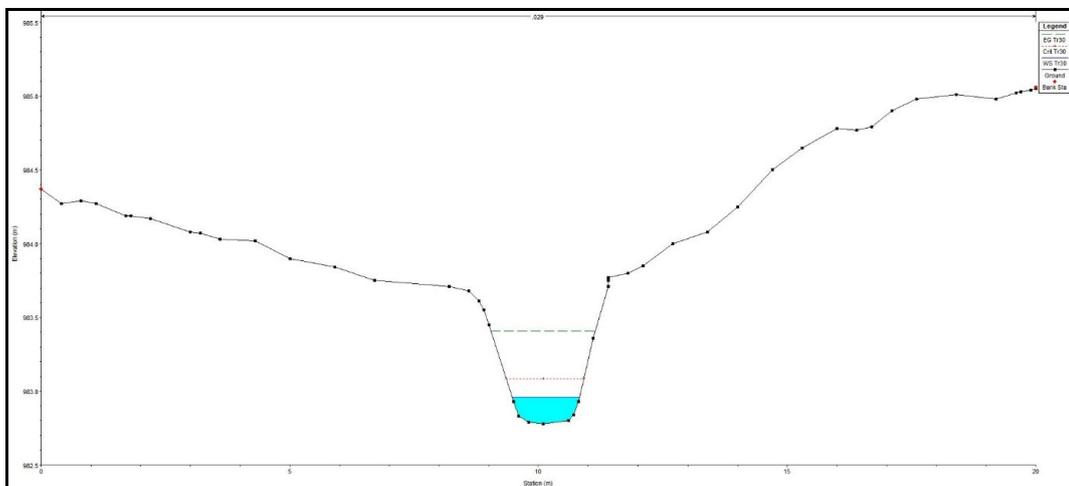


Figura 25. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.

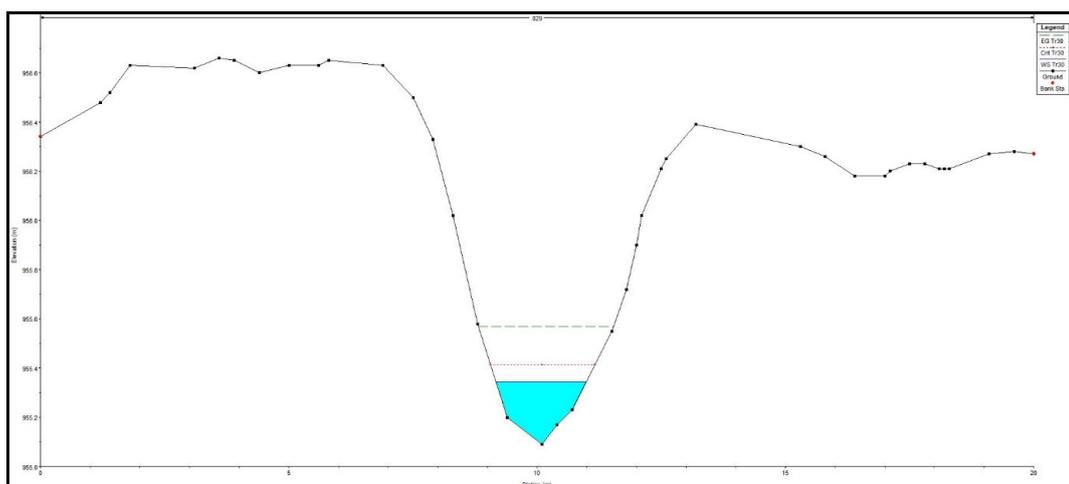


Figura 26. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 25.

River Station	Tempo di ritorno	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	Vel Chnl	Froude # Chl
-	Tr 25	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	-
54	25	0,59	1028,71	1028,91	1029,01	3,27	3,27
53	25	0,59	1026,7	1026,88	1026,97	2,55	2,45
52	25	0,59	1025,12	1025,28	1025,36	2,27	2,39
51	25	0,59	1023,12	1023,33	1023,44	2,93	2,65
50	25	0,59	1022,13	1022,35	1022,42	2,11	1,71
49	25	0,59	1020,79	1020,98	1021,09	2,86	2,74
48	25	0,59	1018,19	1018,39	1018,53	3,44	3,19
47	25	0,59	1016,69	1016,94	1017,04	2,47	2,05
46	25	0,59	1015,27	1015,5	1015,62	2,86	2,47
45	25	0,59	1013,89	1014,12	1014,23	2,58	2,2
44	25	0,59	1012,44	1012,66	1012,75	2,57	2,39
43	25	0,59	1011,74	1011,99	1012,03	1,66	1,36
42	25	0,59	1010,56	1010,7	1010,77	2,77	3,46
41	25	0,59	1008,84	1009,02	1009,08	2,02	1,88
40	25	0,59	1006,77	1006,93	1007,07	3,48	3,26
39	25	0,59	1004,68	1004,86	1004,96	2,73	2,54
38	25	0,59	1002,72	1002,95	1003,06	2,85	2,69
37	25	0,59	1001,59	1001,84	1001,92	2,22	1,8
36	25	0,59	999,63	999,82	999,96	3,69	3,63
35	25	0,59	997,76	998,01	998,1	2,44	2,18
34	25	0,59	994,64	994,79	994,94	4,35	4,7
33	25	0,59	993,15	993,45	993,52	2,15	1,8
32	25	0,59	992,44	992,57	992,62	1,91	1,88
31	25	0,59	991,9	991,99	992,01	1,15	1,27
30	25	0,59	990,98	991,07	991,12	1,89	2,28
29	25	0,59	987,78	987,92	988,06	3,76	3,97
28	25	0,59	985,03	985,13	985,19	2,12	2,67
27	25	0,59	982,78	982,96	983,08	2,97	2,48
26	25	0,59	981,61	981,85	981,95	2,52	1,84
25	25	0,59	980,48	980,69	980,8	2,7	2,26
24	25	0,59	979,24	979,48	979,6	2,69	1,97
23	25	0,59	979,16	979,41	979,41	1,19	1
22	25	0,59	976,87	977	977,21	5,52	5,59
21	25	0,59	975,74	976,06	976,15	2,43	1,65
20	25	0,59	974,62	974,85	974,98	2,99	2,4
19	25	0,59	973,61	974,17	973,88	0,43	0,23
18	25	0,59	973,96	974,11	974,11	0,88	1,01
17	25	0,59	971,59	971,68	971,81	5,25	6,66

16	25	0,59	969,9	970,05	970,12	2,06	1,91
15	25	0,59	968,62	968,78	968,88	2,52	2,28
14	25	0,59	968	968,17	968,19	1,37	1,34
13	25	0,59	967,28	967,42	967,47	1,75	1,89
12	25	0,59	964,19	964,26	964,36	3,83	5,81
11	25	0,59	963,07	963,39	963,43	1,77	1,33
10	25	0,59	961,71	961,92	962,04	3,45	3,45
9	25	0,59	960,05	960,29	960,37	2,27	2,08
8	25	0,59	958,67	958,88	958,98	2,58	2,35
7	25	0,59	958,15	958,3	958,32	1,3	1,29
6	25	0,59	956,56	956,64	956,75	3,4	4,22
5	25	0,59	955,88	956,02	956,03	1,31	1,21
4	25	0,59	955,09	955,34	955,41	2,11	1,72
3	25	0,59	949,3	949,37	949,49	8,14	14,76
2	25	0,59	948,62	948,75	948,78	1,32	1,74
1	25	0,59	946,09	946,21	946,28	2,85	4,49

Tabella 28. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 25 anni. (Min Ch Elev: quota del fondo alveo m.s.l.m.; W.S. Elev.: quota della superficie libera m.s.l.m.; Crit. W.S.: quota dell'altezza critica m.s.l.m.; Vel. Chnl: velocità nel canale m/s; Froude: numero di Froude della corrente).

La portata di progetto per un tempo di ritorno di 25 anni defluisce all'interno del tratto oggetto di studio senza interessare i cigli superiori degli argini: le sponde risultano dunque contenere la portata di piena.

10.3.2 Risultati della simulazione per Tr pari a 100 anni

Nella seguente tabella si riassumono le portate calcolate con il “metodo statico” per un tempo di ritorno pari a 100 anni.

TEMPO DI RITORNO [anni]	100
PORTATA DI PIENA Q [m ³ /s]	0,751

Tabella 29. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 100.

Nella Figura 27 si riporta il profilo delle altezze idrometriche e i valori numerici delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione.

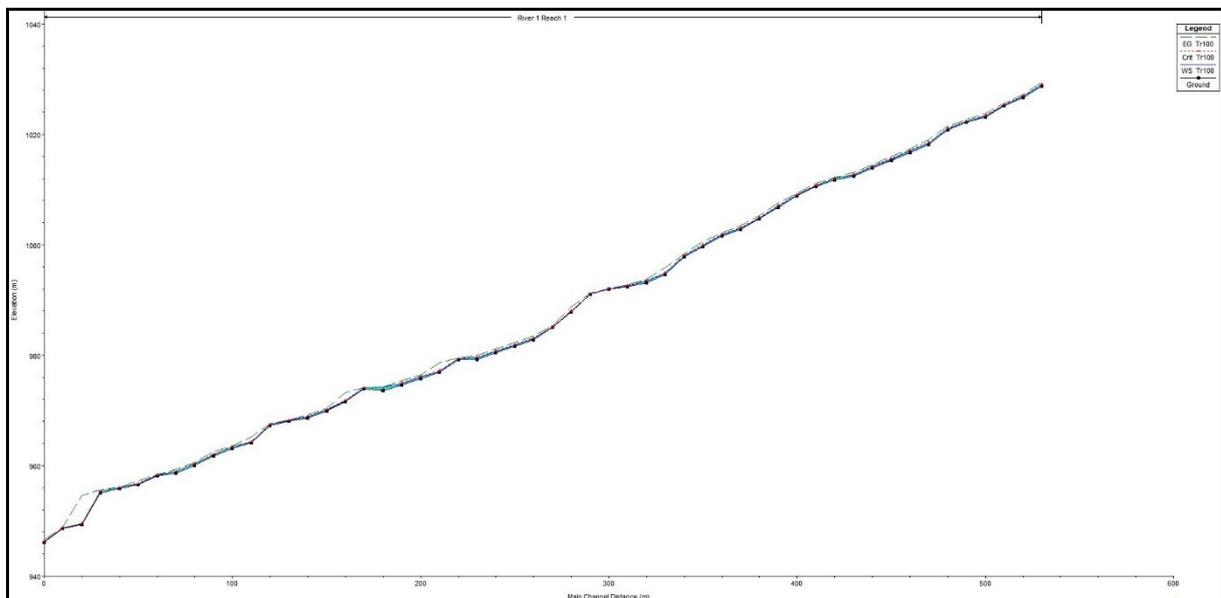


Figura 27. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.

Di seguito vengono riportate i valori delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione nelle tre sezioni che vanno ad identificare la parte iniziale, centrale e finale del tratto analizzato.

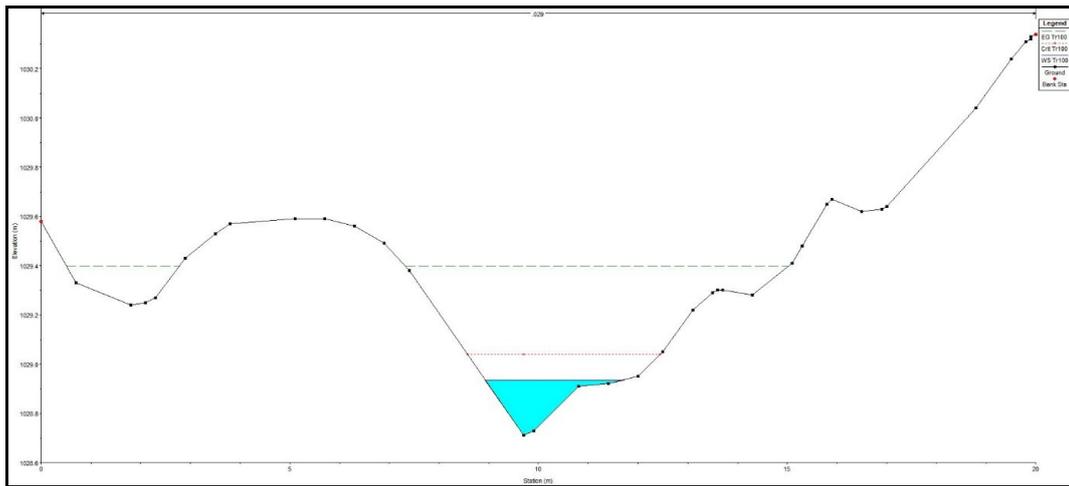


Figura 28. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.

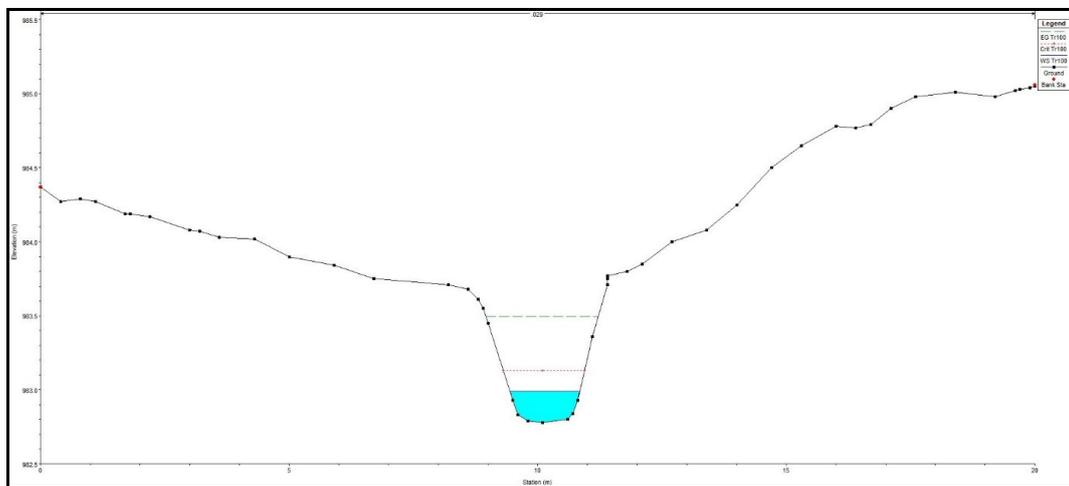


Figura 29. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.

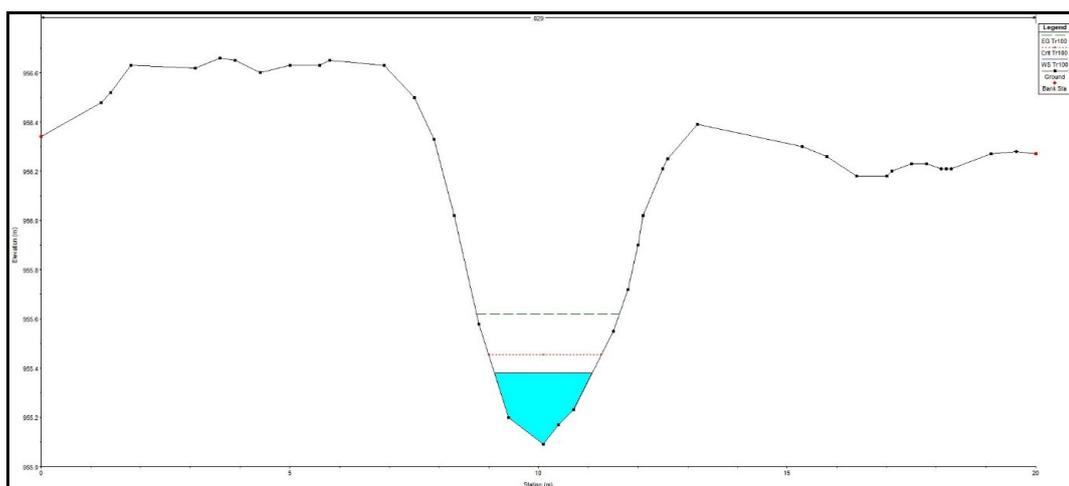


Figura 30. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 100.

River Station	Tempo di	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	Vel Chnl	Froude # Chl
---------------	----------	---------	-----------	-----------	-----------	----------	--------------

	ritorno						
-	Tr 100	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	-
54	100	0,75	1028,71	1028,94	1029,04	3,01	3,21
53	100	0,75	1026,7	1026,9	1027	2,71	2,42
52	100	0,75	1025,12	1025,3	1025,38	2,52	2,51
51	100	0,75	1023,12	1023,35	1023,48	3,1	2,62
50	100	0,75	1022,13	1022,38	1022,46	2,3	1,78
49	100	0,75	1020,79	1021,01	1021,13	3	2,71
48	100	0,75	1018,19	1018,41	1018,57	3,7	3,27
47	100	0,75	1016,69	1016,97	1017,08	2,64	2,1
46	100	0,75	1015,27	1015,53	1015,66	2,98	2,5
45	100	0,75	1013,89	1014,15	1014,25	2,75	2,23
44	100	0,75	1012,44	1012,68	1012,79	2,75	2,43
43	100	0,75	1011,74	1012,02	1012,07	1,78	1,4
42	100	0,75	1010,56	1010,71	1010,8	2,88	3,43
41	100	0,75	1008,84	1009,04	1009,12	2,19	1,93
40	100	0,75	1006,77	1006,96	1007,11	3,65	3,18
39	100	0,75	1004,68	1004,88	1004,99	2,99	2,66
38	100	0,75	1002,72	1002,97	1003,09	2,99	2,68
37	100	0,75	1001,59	1001,87	1001,96	2,4	1,85
36	100	0,75	999,63	999,84	1000,01	3,87	3,54
35	100	0,75	997,76	998,03	998,14	2,7	2,29
34	100	0,75	994,64	994,81	994,98	4,47	4,53
33	100	0,75	993,15	993,47	993,56	2,29	1,87
32	100	0,75	992,44	992,58	992,65	2,07	1,9
31	100	0,75	991,9	992,01	992,03	1,27	1,33
30	100	0,75	990,98	991,09	991,14	1,9	2,22
29	100	0,75	987,78	987,94	988,1	4,07	4
28	100	0,75	985,03	985,14	985,21	2,35	2,78
27	100	0,75	982,78	982,99	983,13	3,15	2,44
26	100	0,75	981,61	981,88	982	2,74	1,9
25	100	0,75	980,48	980,72	980,84	2,88	2,28
24	100	0,75	979,24	979,52	979,65	2,89	2
23	100	0,75	979,16	979,45	979,45	1,18	1,01
22	100	0,75	976,87	977,03	977,26	5,56	5,13
21	100	0,75	975,74	976,1	976,21	2,63	1,7
20	100	0,75	974,62	974,88	975,03	3,17	2,37
19	100	0,75	973,61	974,2	973,92	0,51	0,27
18	100	0,75	973,96	974,12	974,12	0,93	1
17	100	0,75	971,59	971,69	971,84	5,38	6,22
16	100	0,75	969,9	970,07	970,15	2,29	2
15	100	0,75	968,62	968,81	968,91	2,67	2,26
14	100	0,75	968	968,19	968,22	1,52	1,42
13	100	0,75	967,28	967,44	967,49	1,77	1,86
12	100	0,75	964,19	964,27	964,39	4,17	5,84

11	100	0,75	963,07	963,42	963,48	1,93	1,38
10	100	0,75	961,71	961,94	962,08	3,53	3,32
9	100	0,75	960,05	960,31	960,4	2,47	2,17
8	100	0,75	958,67	958,91	959,02	2,71	2,34
7	100	0,75	958,15	958,32	958,34	1,46	1,36
6	100	0,75	956,56	956,66	956,78	3,46	3,87
5	100	0,75	955,88	956,03	956,06	1,47	1,28
4	100	0,75	955,09	955,38	955,45	2,16	1,64
3	100	0,75	949,3	949,37	949,51	10,08	18,1
2	100	0,75	948,62	948,76	948,79	1,51	1,94
1	100	0,75	946,09	946,23	946,3	2,61	3,86

Tabella 30. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 100 anni. (Min Ch Elev: quota del fondo alveo m.s.l.m.; W.S. Elev.: quota della superficie libera m.s.l.m.; Crit. W.S.: quota dell'altezza critica m.s.l.m.; Vel. Chnl: velocità nel canale m/s; Froude: numero di Froude della corrente).

La portata di progetto per un tempo di ritorno di 100 anni defluisce all'interno del tratto oggetto di studio senza interessare i cigli superiori degli argini: le sponde risultano dunque contenere la portata di piena.

10.3.3 Risultati della simulazione per Tr pari a 200 anni

Nella seguente tabella si riporta il valore della portata calcolata con il “metodo statistico” utilizzata nella modellazione idraulica per un tempo di ritorno di 200 anni.

TEMPO DI RITORNO [anni]	200
PORTATA DI PIENA Q [m ³ /s]	0,851

Tabella 31. Portata di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni.

Nella Figura 31 si riporta il profilo delle altezze idrometriche e i valori numerici delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione.

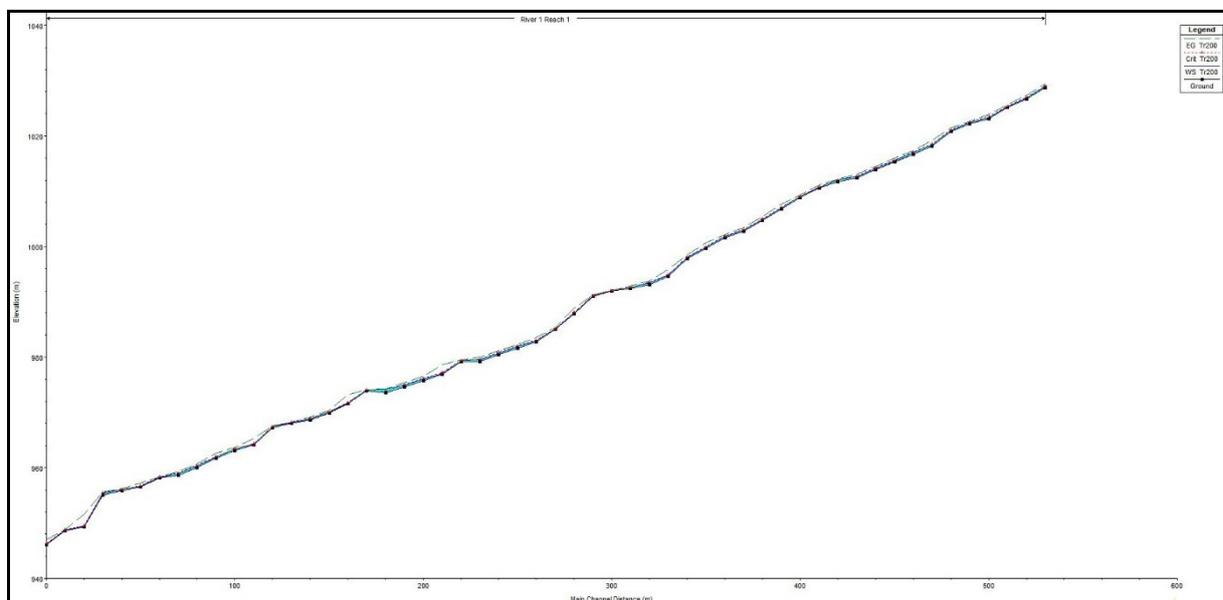


Figura 31. Andamento del pelo libero River Station nr. 27 – Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.

Di seguito vengono riportate i valori delle grandezze idrodinamiche ottenute dalla simulazione nelle tre sezioni che vanno ad identificare la parte iniziale, centrale e finale del tratto analizzato.

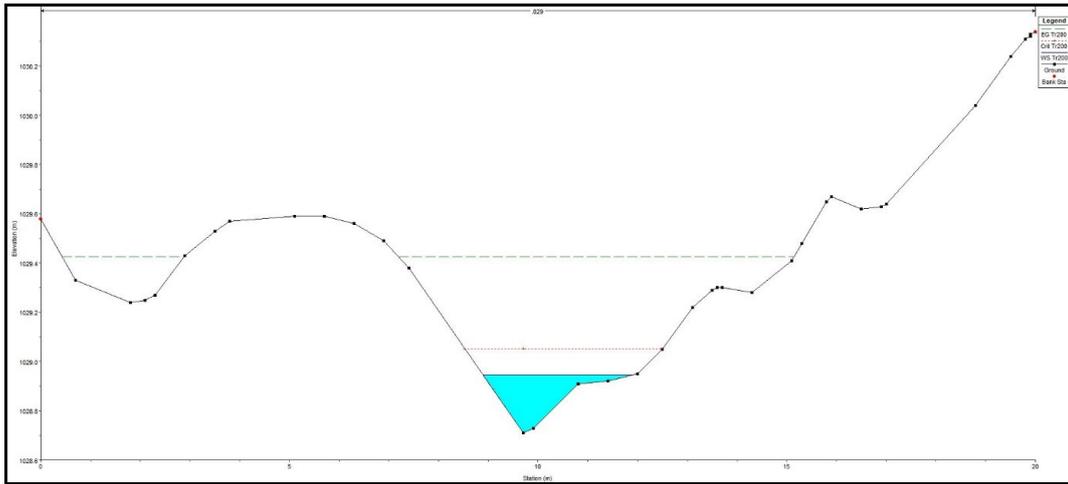


Figura 32. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 27 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.

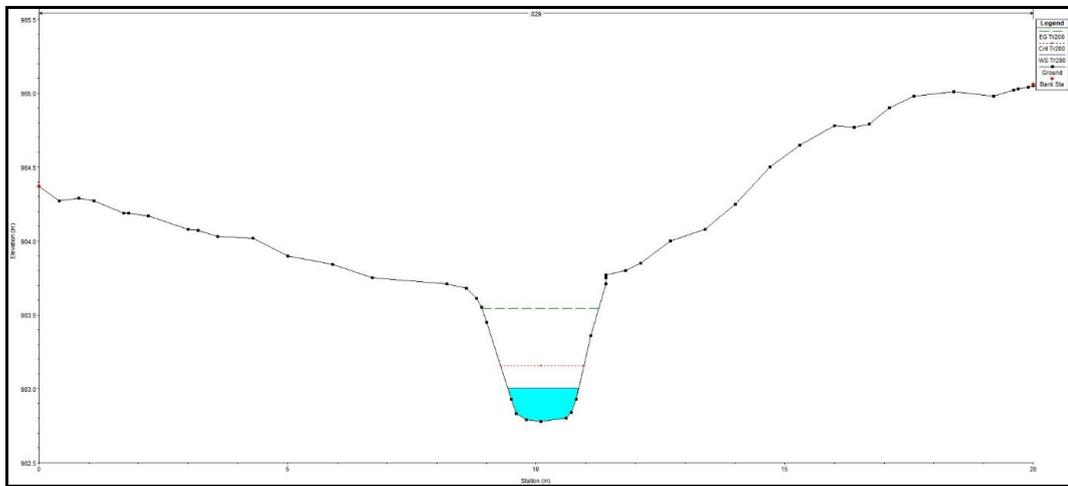


Figura 33. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 14 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.

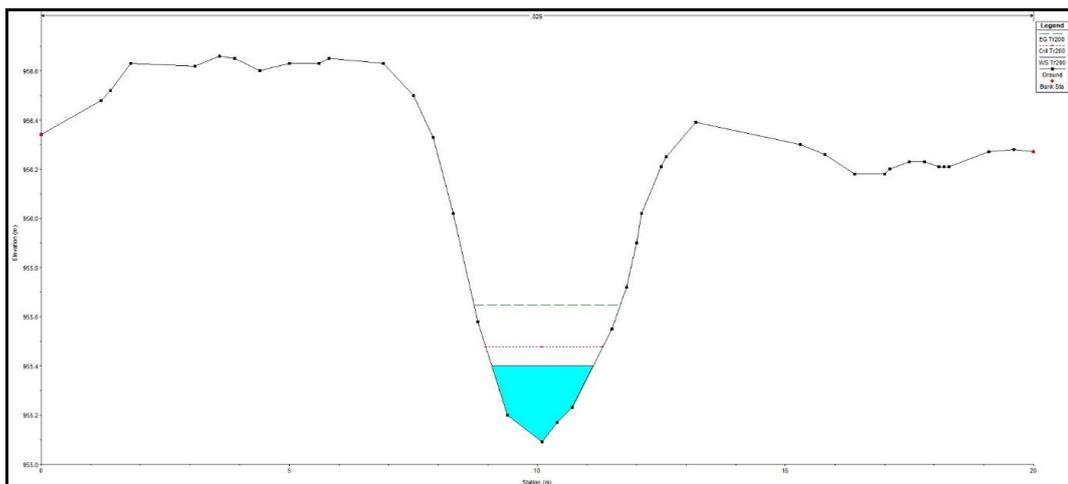


Figura 34. Andamento del Pelo libero Cross-Section nr. 2 - Risultati della modellazione con Hec-Ras Tr 200.

River Station	Tempo di	Q Total	Min Ch EI	W.S. Elev	Crit W.S.	Vel Chnl	Froude # Chl
---------------	----------	---------	-----------	-----------	-----------	----------	--------------

	ritorno						
-	Tr 200	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	-
54	200	0,85	1028,71	1028,95	1029,05	3,07	3,23
53	200	0,85	1026,7	1026,91	1027,02	2,82	2,43
52	200	0,85	1025,12	1025,3	1025,4	2,64	2,55
51	200	0,85	1023,12	1023,37	1023,51	3,19	2,62
50	200	0,85	1022,13	1022,39	1022,48	2,4	1,81
49	200	0,85	1020,79	1021,02	1021,15	3,08	2,7
48	200	0,85	1018,19	1018,42	1018,59	3,81	3,3
47	200	0,85	1016,69	1016,99	1017,1	2,73	2,12
46	200	0,85	1015,27	1015,55	1015,68	3,05	2,52
45	200	0,85	1013,89	1014,18	1014,27	2,45	2,24
44	200	0,85	1012,44	1012,7	1012,81	2,68	2,28
43	200	0,85	1011,74	1012,03	1012,09	1,87	1,44
42	200	0,85	1010,56	1010,72	1010,81	2,87	3,35
41	200	0,85	1008,84	1009,05	1009,13	2,28	1,96
40	200	0,85	1006,77	1006,97	1007,14	3,74	3,13
39	200	0,85	1004,68	1004,89	1005,01	3,14	2,73
38	200	0,85	1002,72	1002,99	1003,11	3,07	2,67
37	200	0,85	1001,59	1001,88	1001,99	2,49	1,88
36	200	0,85	999,63	999,85	1000,03	3,96	3,49
35	200	0,85	997,76	998,05	998,16	2,84	2,34
34	200	0,85	994,64	994,82	995	4,54	4,46
33	200	0,85	993,15	993,49	993,58	2,38	1,9
32	200	0,85	992,44	992,6	992,67	2,15	1,91
31	200	0,85	991,9	992,01	992,04	1,34	1,37
30	200	0,85	990,98	991,1	991,15	1,92	2,18
29	200	0,85	987,78	987,95	988,12	4,25	4,04
28	200	0,85	985,03	985,14	985,22	2,43	2,83
27	200	0,85	982,78	983,01	983,16	3,24	2,42
26	200	0,85	981,61	981,9	982,03	2,87	1,92
25	200	0,85	980,48	980,74	980,9	2,98	2,29
24	200	0,85	979,24	979,54	979,68	2,99	2,01
23	200	0,85	979,16	979,46	979,46	1,19	1,01
22	200	0,85	976,87	977,04	977,28	5,6	4,94
21	200	0,85	975,74	976,12	976,24	2,74	1,72
20	200	0,85	974,62	974,9	975,05	3,26	2,35
19	200	0,85	973,61	974,21	973,94	0,56	0,3
18	200	0,85	973,96	974,13	974,13	0,96	0,99
17	200	0,85	971,59	971,7	971,85	5,45	6,03
16	200	0,85	969,9	970,08	970,17	2,41	2,05
15	200	0,85	968,62	968,82	968,93	2,75	2,25
14	200	0,85	968	968,2	968,23	1,61	1,46
13	200	0,85	967,28	967,45	967,5	1,79	1,84
12	200	0,85	964,19	964,28	964,4	4,34	5,85

11	200	0,85	963,07	963,44	963,5	2,02	1,41
10	200	0,85	961,71	961,95	962,1	3,57	3,27
9	200	0,85	960,05	960,32	960,42	2,58	2,21
8	200	0,85	958,67	958,92	959,04	2,77	2,33
7	200	0,85	958,15	958,32	958,36	1,54	1,39
6	200	0,85	956,56	956,67	956,8	3,5	3,73
5	200	0,85	955,88	956,04	956,07	1,55	1,31
4	200	0,85	955,09	955,4	955,48	2,2	1,61
3	200	0,85	949,3	949,39	949,53	6,53	10,58
2	200	0,85	948,62	948,78	948,8	1,25	1,45
1	200	0,85	946,09	946,22	946,3	3,94	6,18

**Tabella 32. Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per gli eventi di piena con Tr 200 anni.
(Min Ch Elev: quota del fondo alveo m.s.l.m.; W.S. Elev.: quota della superficie libera m.s.l.m.;
Crit. W.S.: quota dell'altezza critica m.s.l.m.; Vel. Chnl: velocità nel canale m/s; Froude: numero di
Froude della corrente).**

La portata di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni defluisce all'interno del tratto oggetto di studio senza interessare i cigli superiori degli argini: le sponde risultano dunque contenere la portata di piena.

11 TRASPORTO SOLIDO

Il presente capitolo è volto alla valutazione della pericolosità derivante da fenomeni di trasporto solido (colate detritiche) per l'area oggetto di indagine.



Figura 35. Panoramica del bacino idrografico

11.1 Considerazioni preliminari

Il trasporto solido rappresenta una fase irreversibile nell'ambito del ciclo idrologico in quanto il materiale asportato per azione diretta della corrente oppure pervenuto alla rete di drenaggio per erosioni o franamenti di versanti, subisce più o meno importanti spostamenti il cui senso non può essere invertito.

Il contributo della fase solida nella determinazione delle zone di potenziale esondazione è importante in ambiente alpino, dove l'area di bacino per la fase solida (versanti rocciosi) può essere relativamente vicina alle aree di cambio pendenza e/o aree abitate.

Per il caso oggetto del presente studio, si ritiene che la componente di trasporto solido sia impattante e ne consegue un necessario approfondimento del fenomeno di colate detritiche (*debris flow*). Le colate detritiche (*debris flow*) sono definite come movimenti di massa rapidi, indotti dalla gravità, di miscele di solidi granulari, acqua e aria che si muovono come un fluido viscoso, in prima approssimazione monofasico, alla stessa velocità: generalmente, questi fluidi possono raggiungere densità comprese tra 1,80 e 2,30 g/cm³, con concentrazioni di fase solida fino al 70 %.

11.2 Software di calcolo

Per lo studio del fenomeno di debris flow è stato utilizzato il software **Weezard** (acronimo per **WE**bgis mod**ELL**ing and ha**Z**ard **A**ssessment for mountain flows: an integ**R**ated system in clou**D**). Questo software, sviluppato dall'Università degli Studi di Trento, permette una modellazione integrata dei fenomeni di colate detritiche.

11.3 Dati di input

Nel presente paragrafo si riportano i dati di input utilizzati per la simulazione di colata detritica.

11.3.1 Caratteristiche del bacino

Le caratteristiche morfologiche e idrologiche del bacino sono le medesime che sono state utilizzate per il calcolo delle portate liquide con Hec-Ras, per le quali si rimanda alla lettura dei capitoli precedenti.

11.3.2 Colata detritica

Per la simulazione della colata detritica, sono stati utilizzati i seguenti dati di input, riportati in Tabella 33. Il calcolo del volume solido è stato eseguito in automatico dal programma a partire dal valore di portata liquida determinato dall'utente: per questo lavoro, considerando il tipo di intervento, è stato utilizzato come valore di portata liquida con **tempo di ritorno di 200 anni**, calcolata con l'applicativo AdB Toolbox (vedi paragrafo 9.1).

Parametro	Valore
Angolo d'attrito	35,0 °
Sommergenza	20,0
Concentrazione	0,65
Densità	1,65
Parametro di trasporto	0,192
Pendenza	0,175
Volume liquido idrologico	3.006 m ³
Volume solido	1.870 m ³
Volume mistura	5.883 m ³

Tabella 33. Parametri di input per la modellazione della colata detritica.

11.4 Fase di modellazione

Una volta definiti i parametri di input, è stata avviata la simulazione della colata detritica, i cui risultati sono riportati nei seguenti paragrafi.

La simulazione è stata interrotta dopo 2 ore e 5 minuti a partire dall'innesto della colata, un tempo ritenuto congruo affinché la colata raggiungesse la sua massima estensione.

Le figure che seguono mostrano, al tempo di 2 ore e 5 minuti, rispettivamente:

- Modulo della velocità del flusso [m/s]
- Scavi e depositi a seguito della colata [m]
- Tirante idraulico della mistura [m]

Il sedime oggetto di intervento è evidenziato in rosso.

Tutte le simulazioni sono state condotte a partire da valori di portata liquida e solida calcolate con tempo di ritorno di 200 anni.

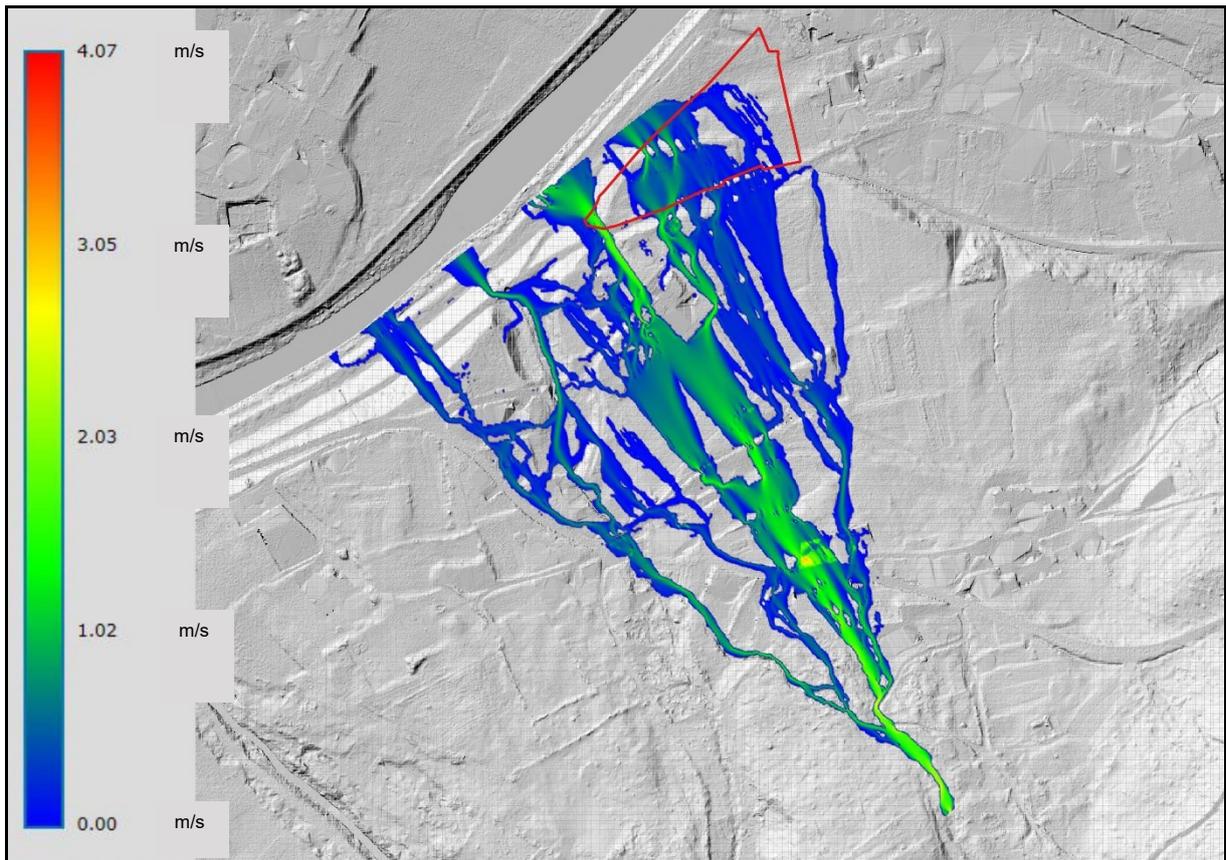


Figura 36. Modulo della velocità della colata a 2 ore e 5 minuti.

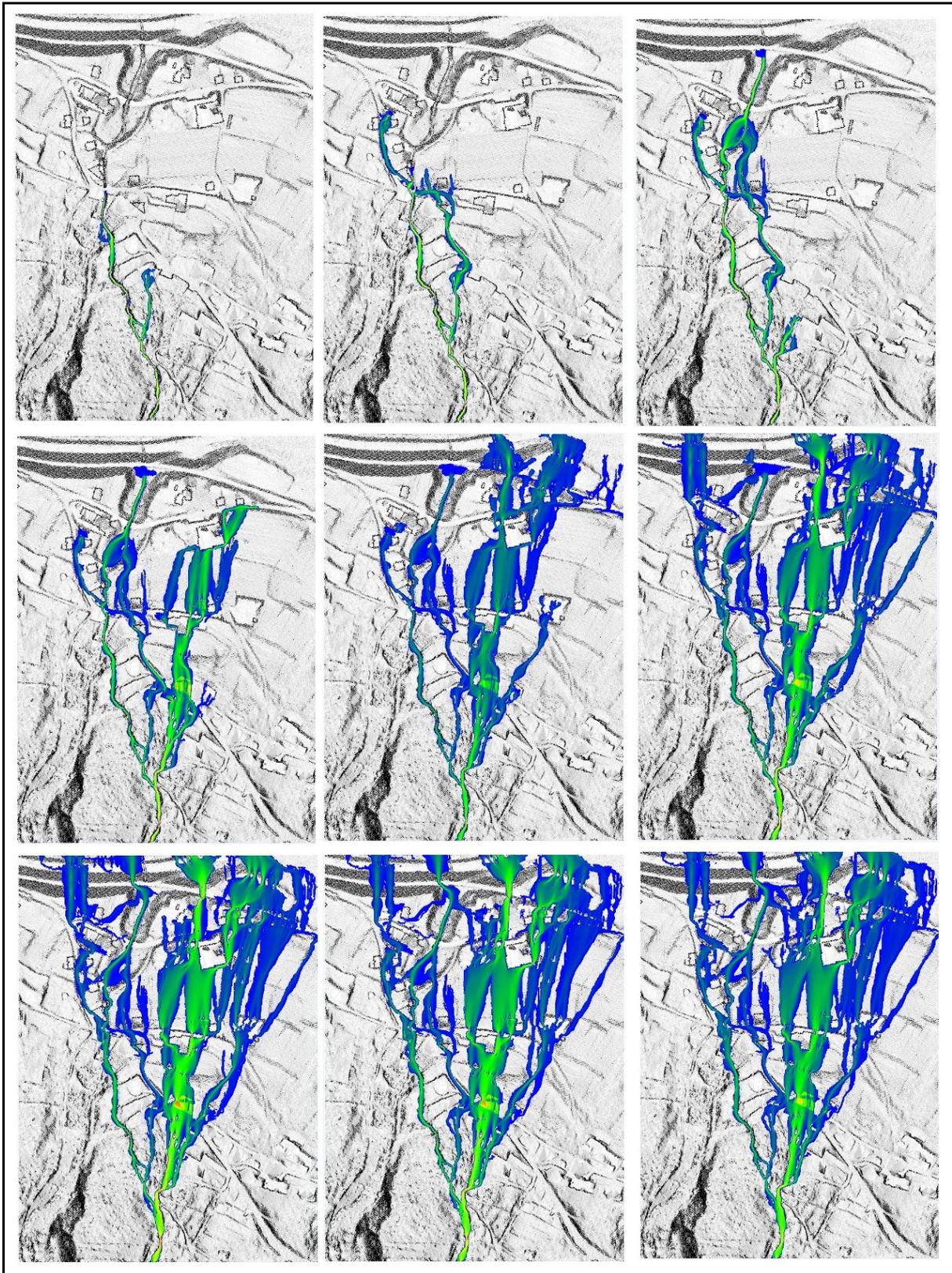


Figura 37. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – velocità.

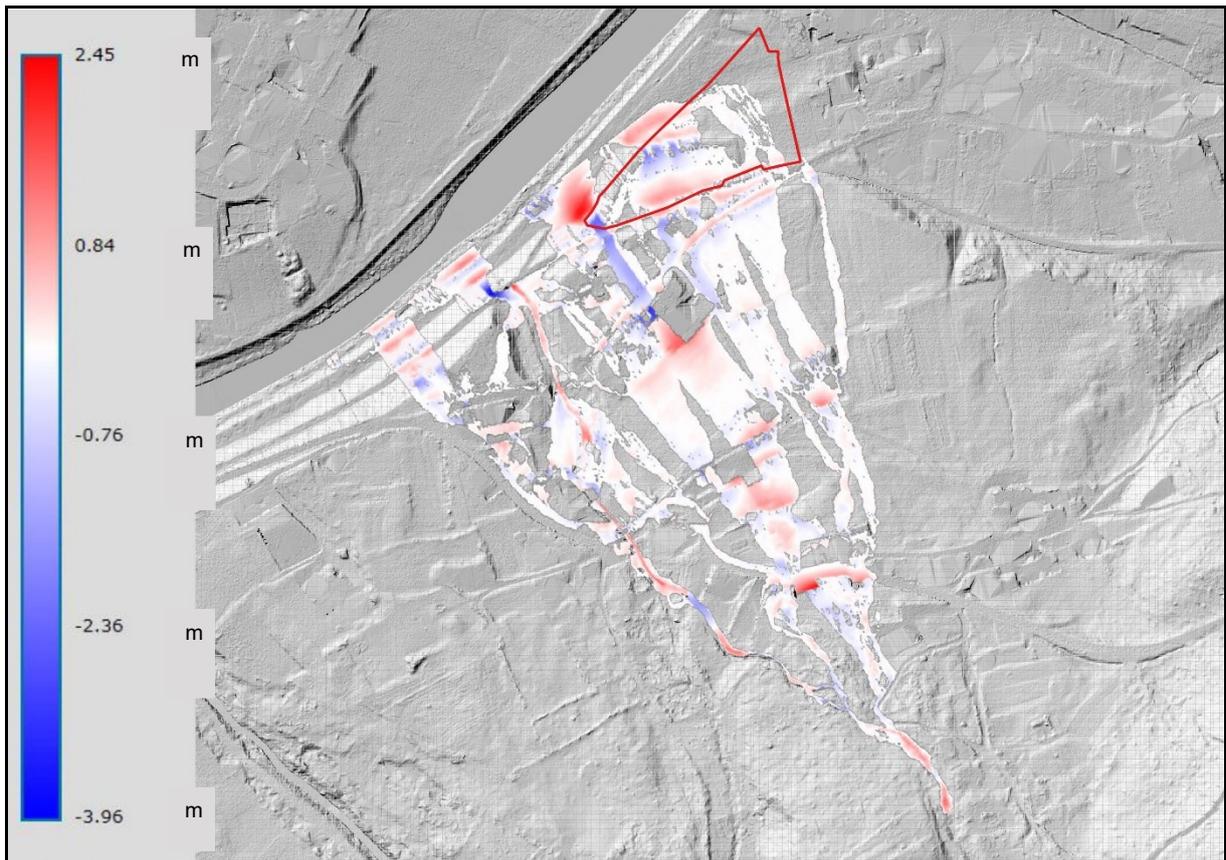


Figura 38. Scavi e depositi a 2 ore e 5 minuti. In rosso i depositi e in blu gli scavi.

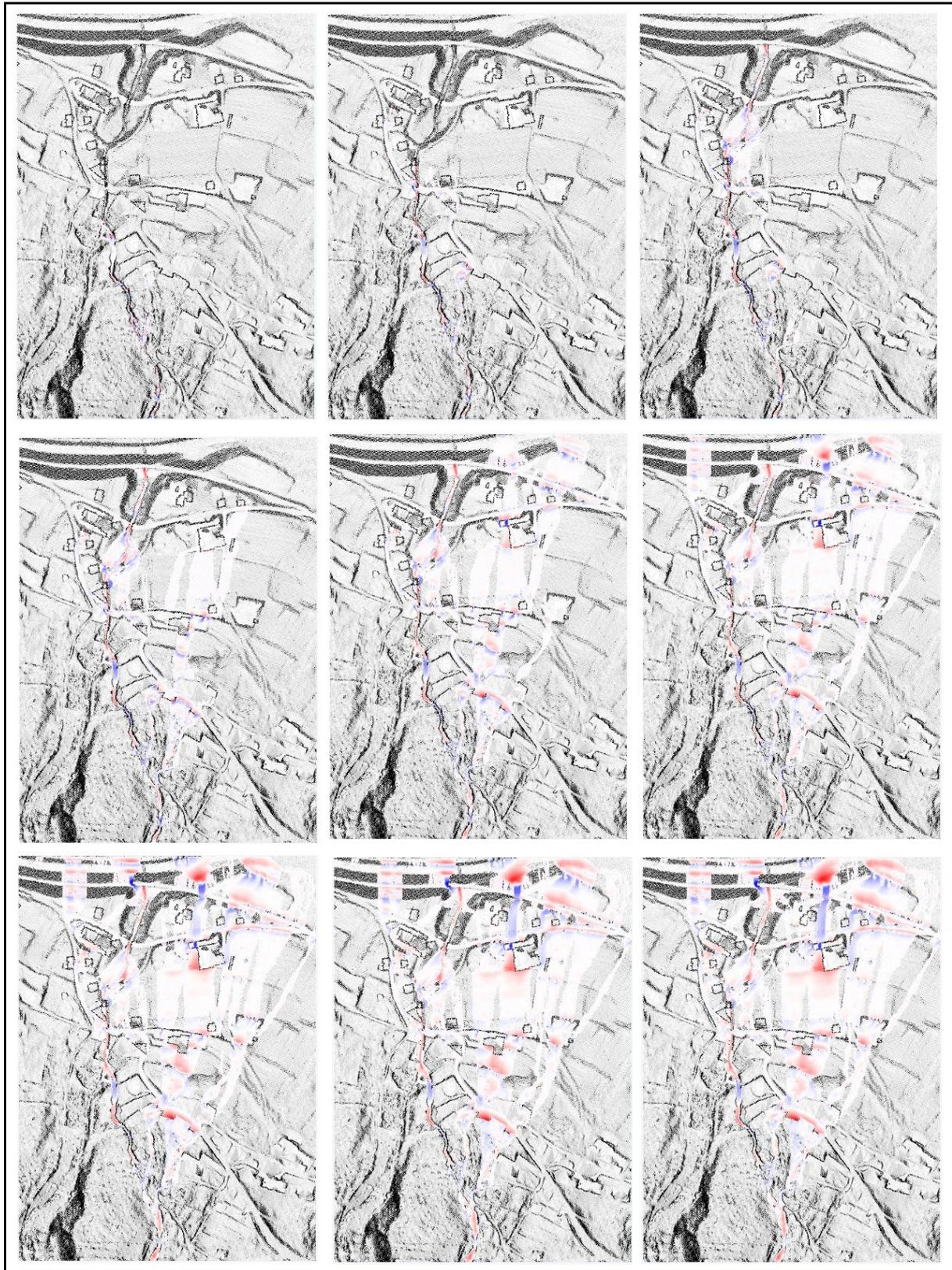


Figura 39. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – Scavi e depositi.

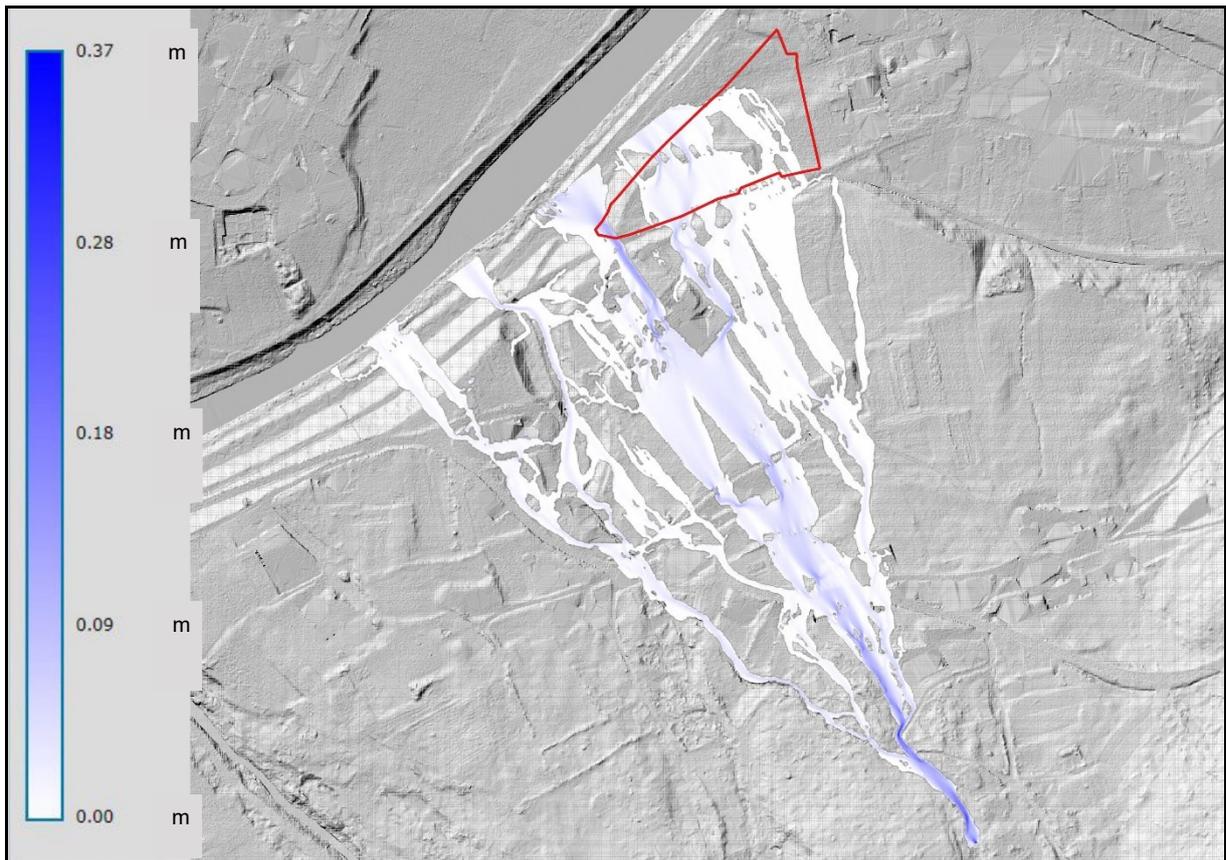


Figura 40. Tirante idraulico (espresso in m) della mistura a 2 ore e 5 minuti.

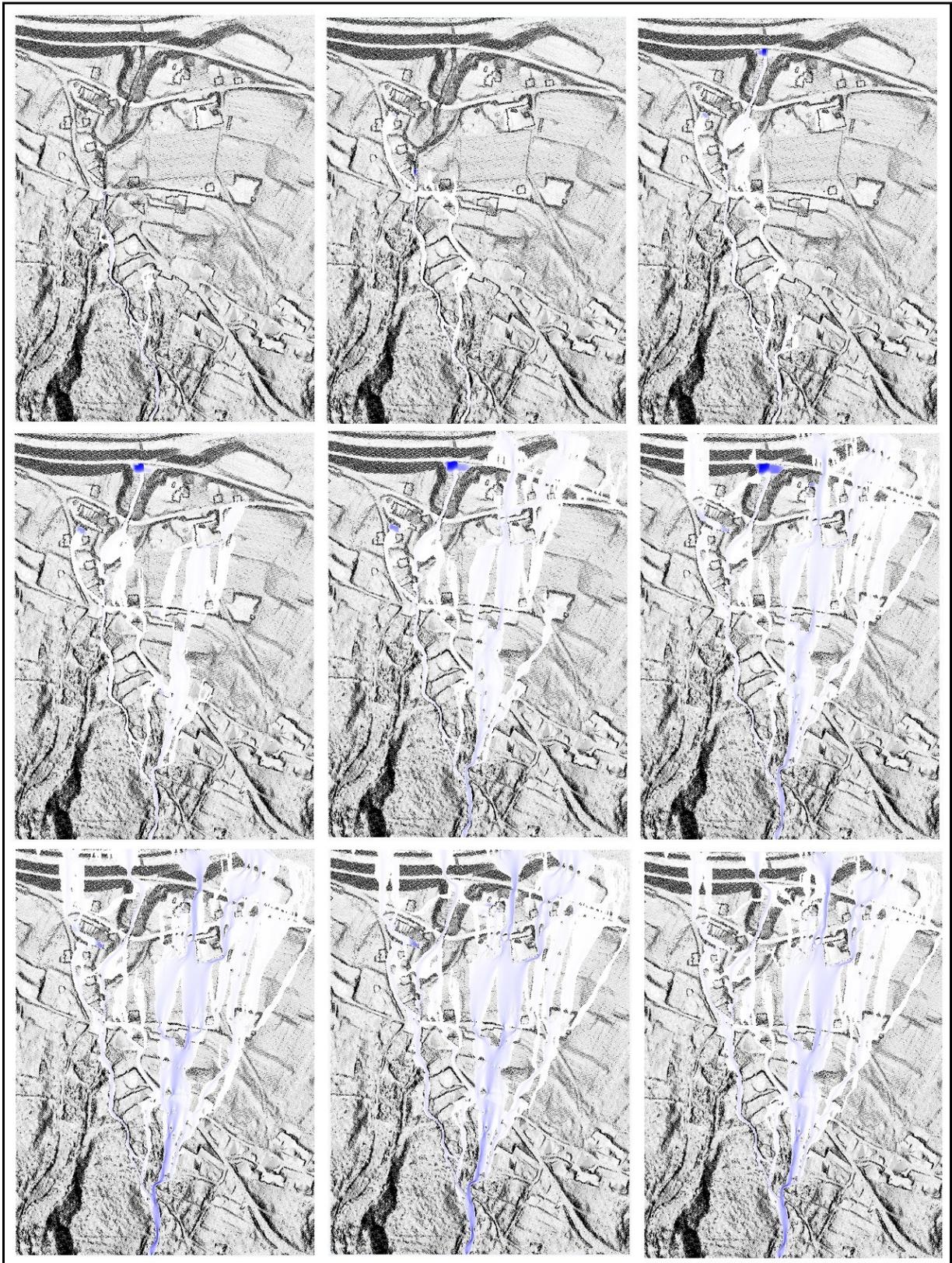


Figura 41. Sequenze temporale della colata. Intervallo 750 secondi – Triante idrico.

11.5 Analisi critica dei risultati

I risultati ottenuti sono in linea con quanto espresso dalla carta della pericolosità torrentizia della Provincia Autonoma di Trento, individuando nell'area di variante un sito potenzialmente vulnerabile ad eventi alluvionali.

In particolare, per l'area di variante è atteso un evento di piena torrentizia con fenomeno di trasporto solido (colata detritica) di velocità circa 1 m/s, tiranti inferiori a 0,1 m e deposito di materiale di circa 0,7 m.

Per un controllo ulteriore sulla qualità dell'output ottenuto, è stato eseguito un confronto con lo studio condotto dal Dr. Forestale e Ambientale Diego Sonda dal titolo "Consulenza relativa all'applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità - RIO VALENE" (gennaio 2011, committente Servizio Bacini Montani).

Il confronto (riportato nelle figure seguenti) ha dato esito positivo. Si registrano inevitabilmente delle difformità tra le due simulazioni, legate con tutta probabilità a diverse condizioni al contorno imposte e diverso algoritmo di calcolo: tuttavia, è possibile considerare come paragonabile il dato di output, sia in termini di geometrie che di moduli.

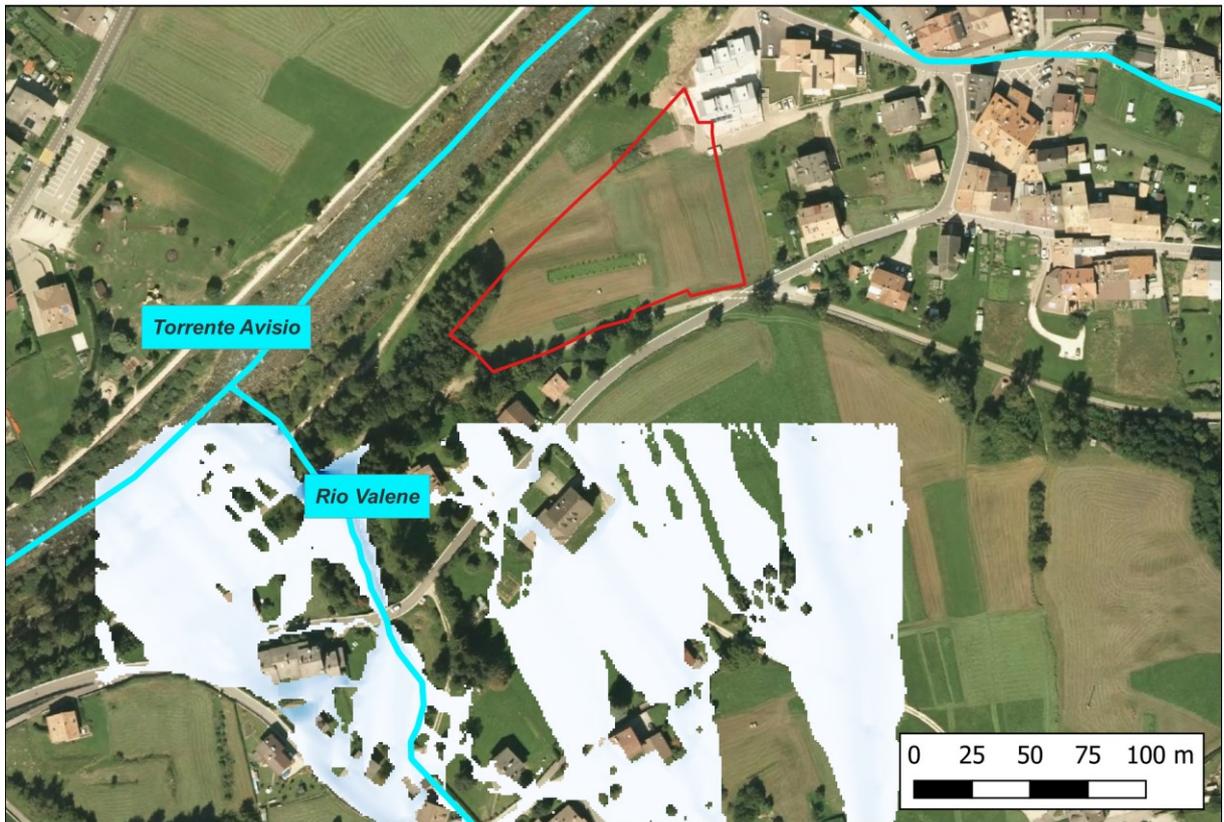
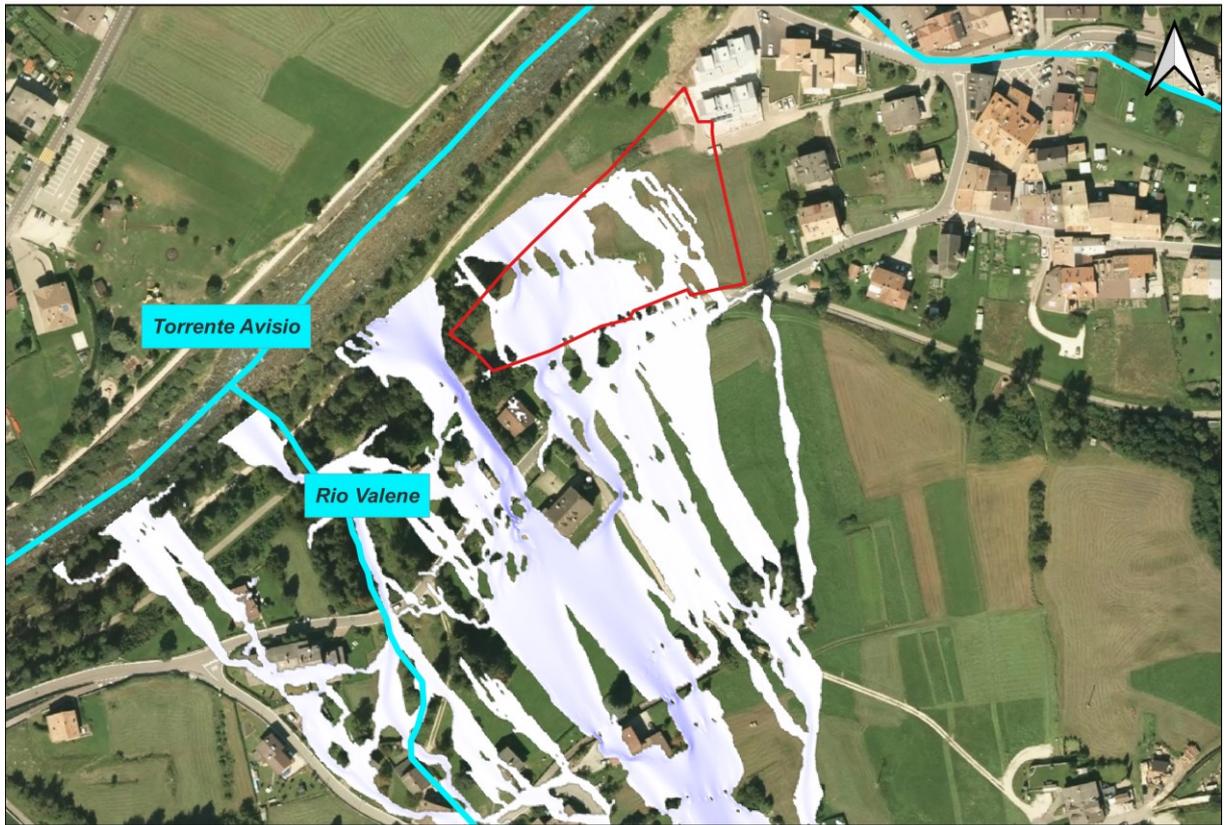


Figura 42. Confronto output simulazioni idrauliche (tirante): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto)

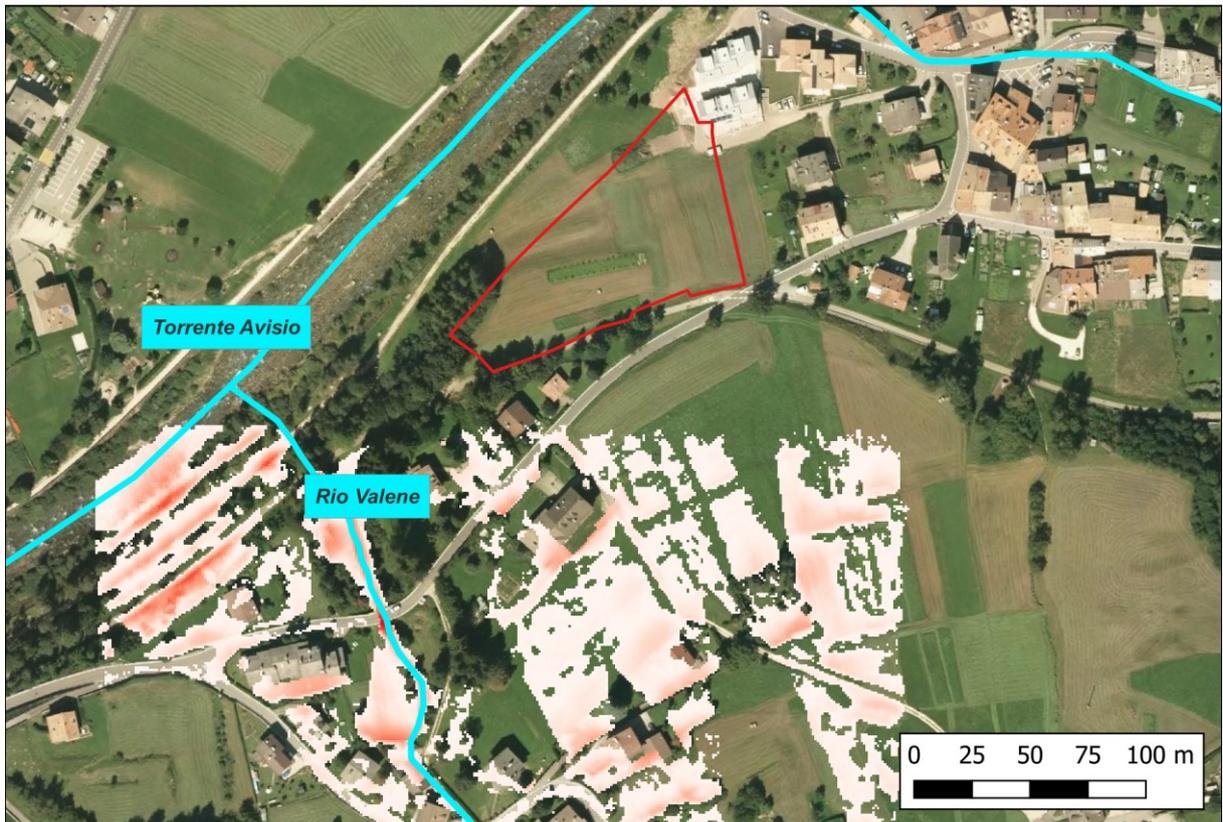
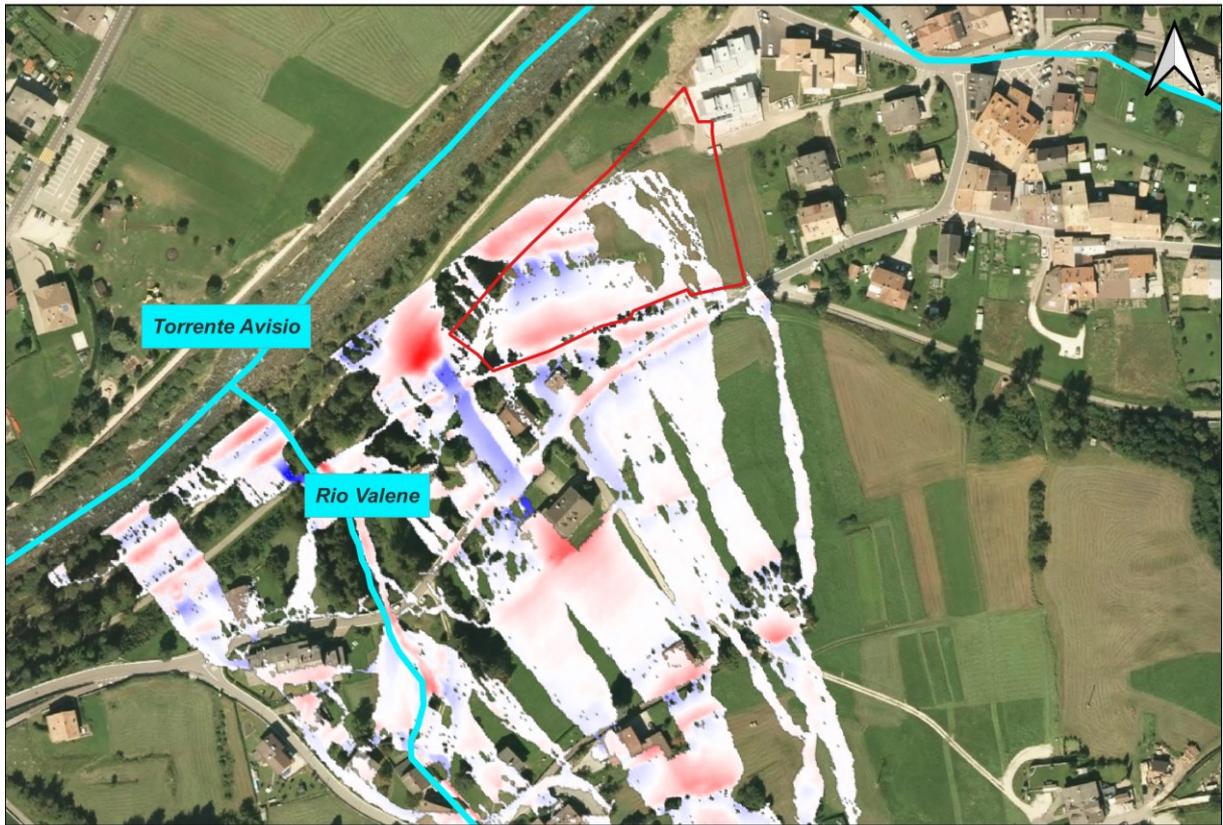


Figura 43. Confronto output simulazioni idrauliche (scavi e depositi): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto)

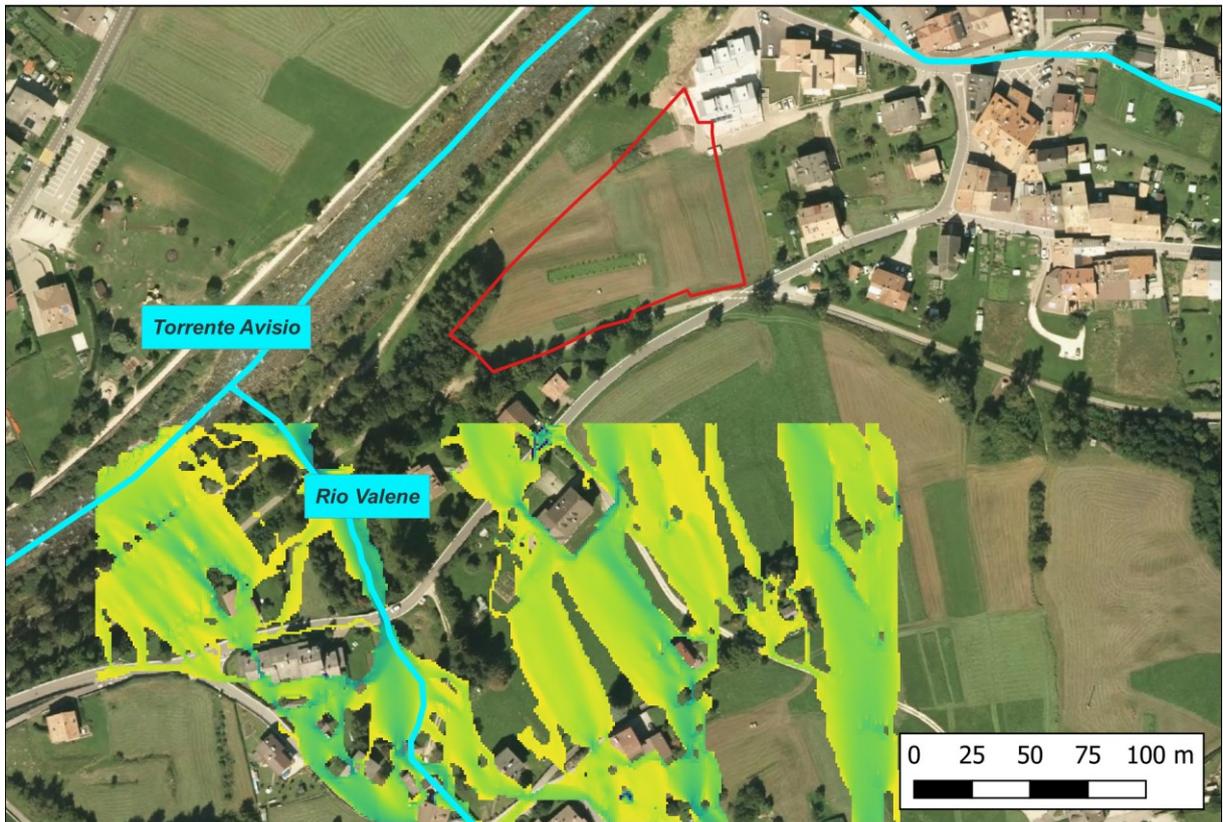
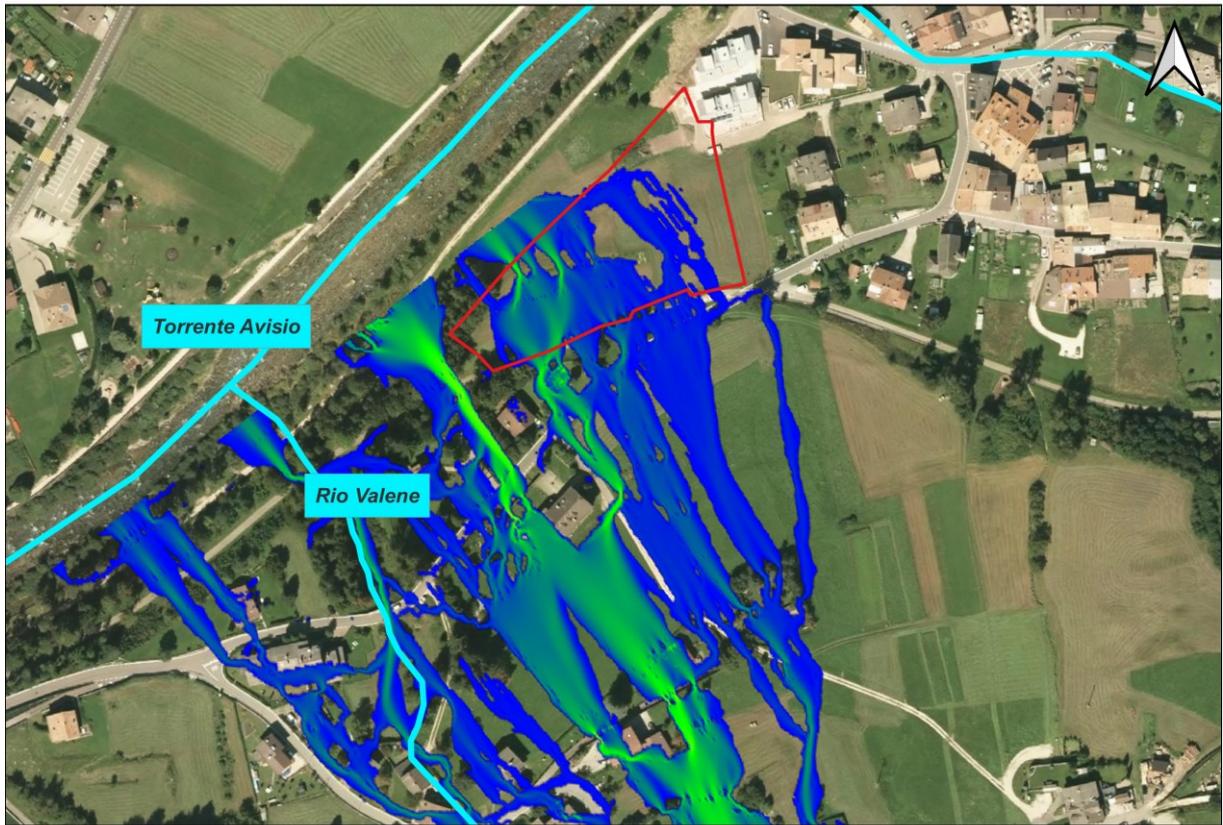


Figura 44. Confronto output simulazioni idrauliche (velocità flusso): questo studio (sopra), D. Sonda 2011 (sotto)

11.6 Opere di mitigazione

I risultati fino a qui esposti confermano la pericolosità alluvionale torrentizia insistente sull'area. Sono necessari quindi, al fine di valutare positivamente la compatibilità della nuova destinazione d'uso, degli accorgimenti strutturali, localizzativi e/o di gestione dei beni.

Dato il contesto morfologico nel quale si inserisce l'area di variante, l'opera di mitigazione che si ritiene essere la più funzionale ed efficace risulta essere una barriera anti-alluvione posta lungo il confine Sud dell'area.

Sono state condotte diverse simulazioni con altrettante dimensioni e geometrie dell'opera, al fine di pre-dimensionare un'opera che rispetti le seguenti caratteristiche:

- garantisca la sicurezza dell'area retrostante dal pericolo di inondazione. Il progressivo accumulo di materiale solido alla base della barriera, in occasione di un evento di colata, potrebbe causare il superamento della barriera con conseguente riversamento di materiale dietro alla stessa;
- sia compatibile con l'ambiente circostante e si inserisca in maniera consona nel contesto paesaggistico
- non delocalizzi il pericolo verso altre aree vulnerabili

L'area risulta sicura mediante la realizzazione di una barriera di altezza minima 1,70 m dall'attuale piano campagna, sul cui confine Sud venga realizzato un canale di scolo profondo 1 m e largo 1 m. Questo sistema combinato di barriera e fossato garantisce un adeguato sistema di sicurezza in occasione di eventi di colate: il canale posto ai piedi della barriera aumenta la capacità di accumulo di materiale trasportato dalla colata, scongiurando quindi pericoli derivanti da potenziale ammassamento di materiale con conseguente sfioramento della barriera.

Inoltre, è stato verificato che tale opera non delocalizza il pericolo verso altre aree vulnerabili; la barriera di fatto devia il flusso verso sud-ovest, andando ad interessare la pista ciclabile che corre lungo il torrente Avisio. Tale pista ciclabile è in ogni caso, allo stato attuale, ricadente in aree con pericolo H3 per fenomeni torrentizi: è quindi possibile escludere che la realizzazione della barriera sopra descritta possa comportare un aggravamento della situazione di pericolo per l'infrastruttura.

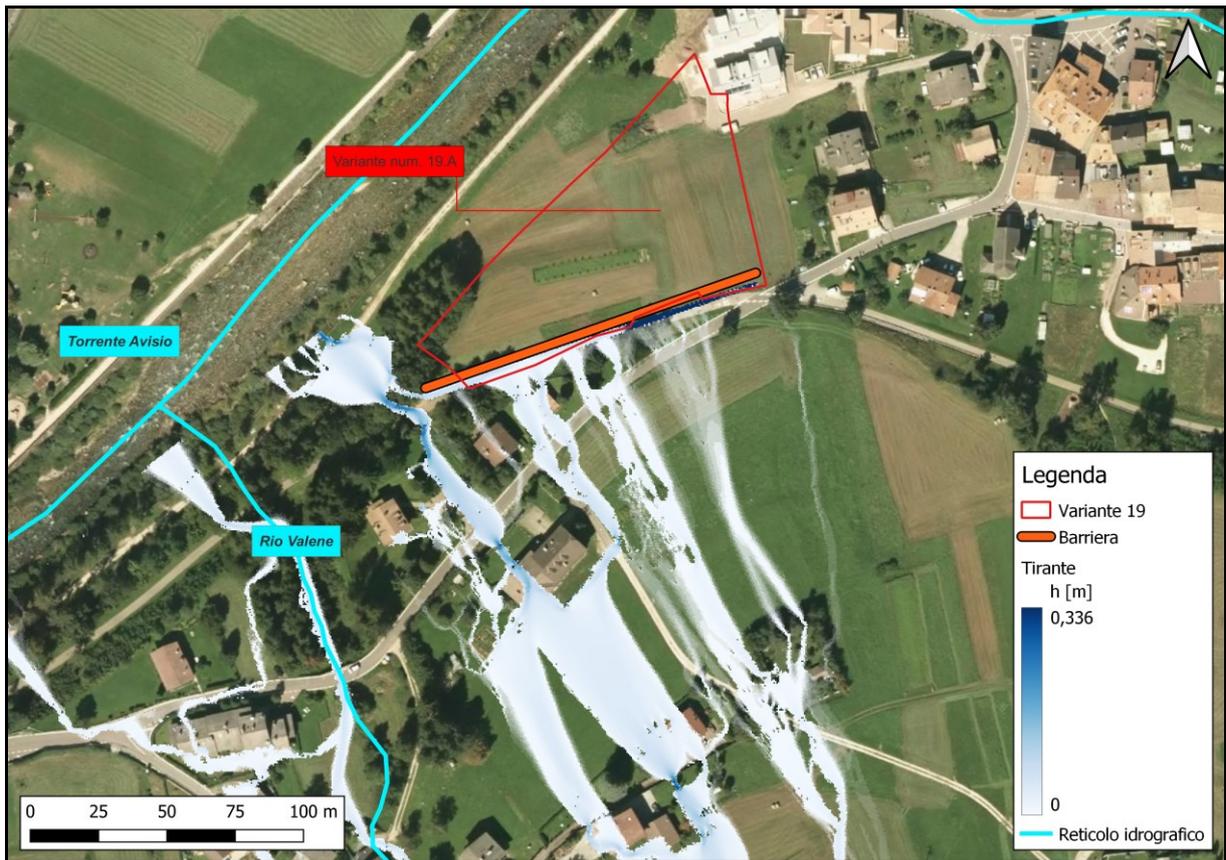


Figura 45. Simulazione con opera - tirante

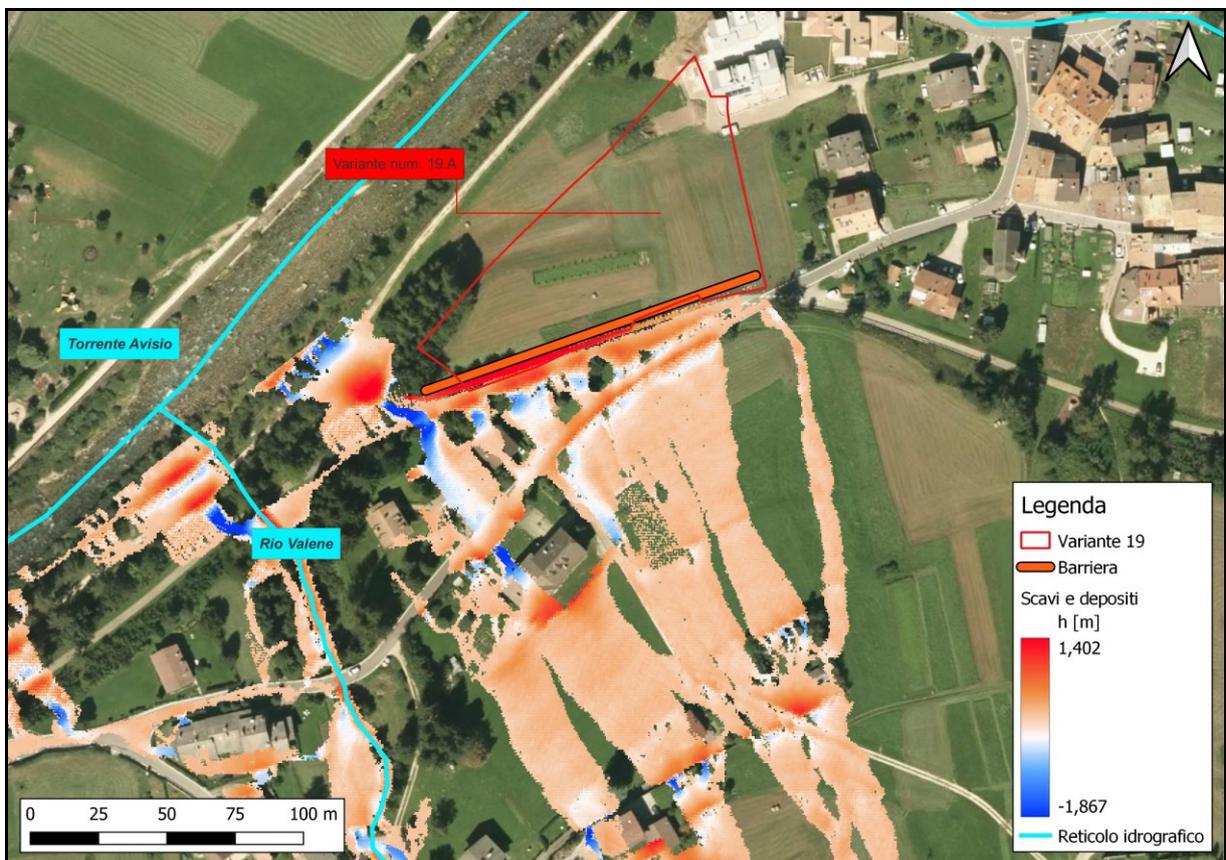


Figura 46. Simulazione con opera – scavi e depositi

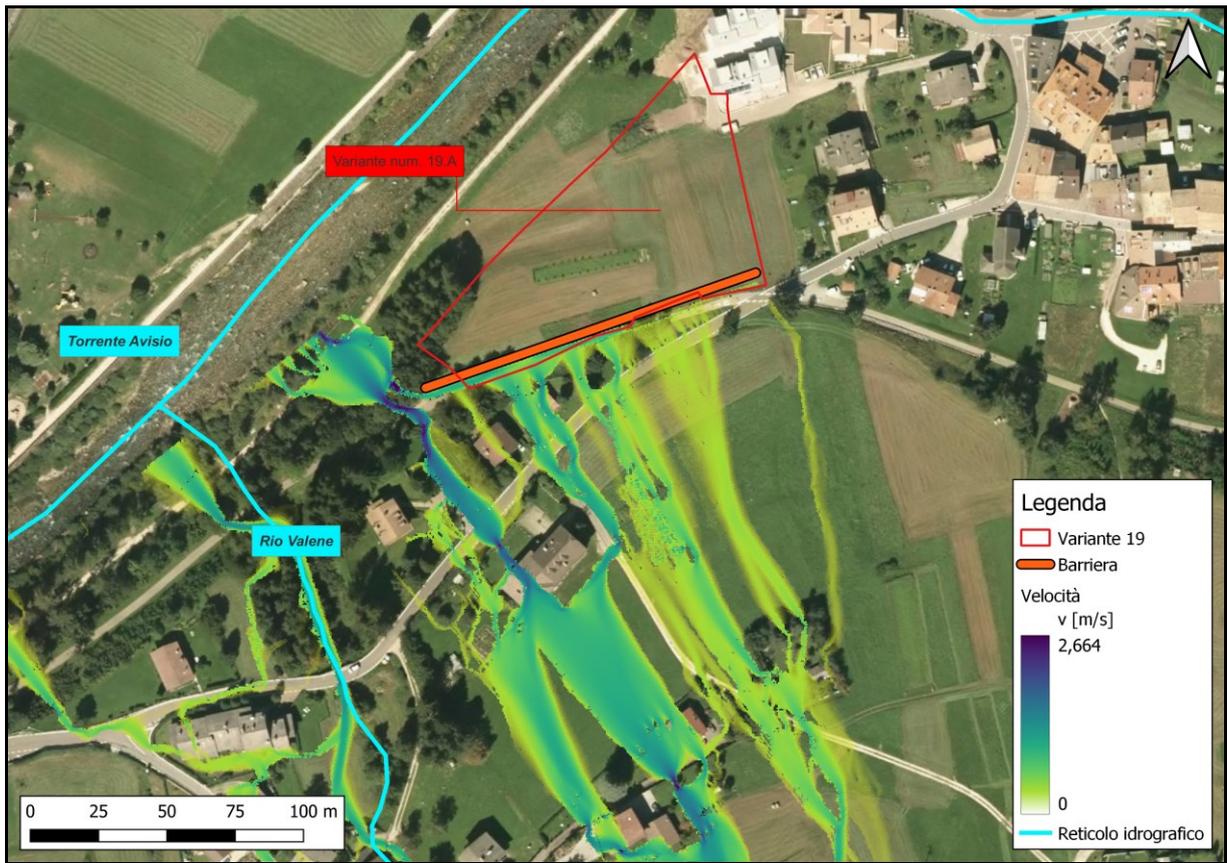


Figura 47. Simulazione con opera – velocità

12 VARIANTE 19 - CONCLUSIONI

Nel complesso, le valutazioni sino a qui fornite permettono di valutare positivamente la compatibilità della nuova destinazione d'uso, a patto che vengano rispettate le prescrizioni contenute nel presente studio di compatibilità.

Nel dettaglio, le simulazioni idrauliche hanno permesso di verificare che l'area è posta in sicurezza dal pericolo alluvionale a patto che venga creata una barriera lungo il confine sud dell'area. Data la componente di trasporto solido atteso, tale barriera dovrà essere preceduta da un canale di scolo per facilitare il deflusso della componente liquida ed aumentare la capacità di accumulo della componente solida.

Le dimensioni minime di tale opera sono, da piano campagna attuale, 1,70 m di altezza per il muro e 1*1 m per il canale/fossato. La lunghezza complessiva dell'opera è stimata di circa 146 m, coprendo quindi tutto il lato sud dell'area di variante.

L'opera non comporta aggravamenti per le aree limitrofe, deviando il flusso direttamente verso il torrente Avisio.

Il dimensionamento di dettaglio, nonché le verifiche di stabilità dell'opera, saranno oggetto dello studio di compatibilità che sarà allegato al piano attuativo o al progetto edilizio.

La nuova destinazione d'uso non comporta un peggioramento delle attuali condizioni.

STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 152

13 INTRODUZIONE

La variante numero 152 interessa le pp.ff. 2152, 2155, 2156/1 e 2156/2 e la p.ed. 846 del CC di Ziano di Fiemme.

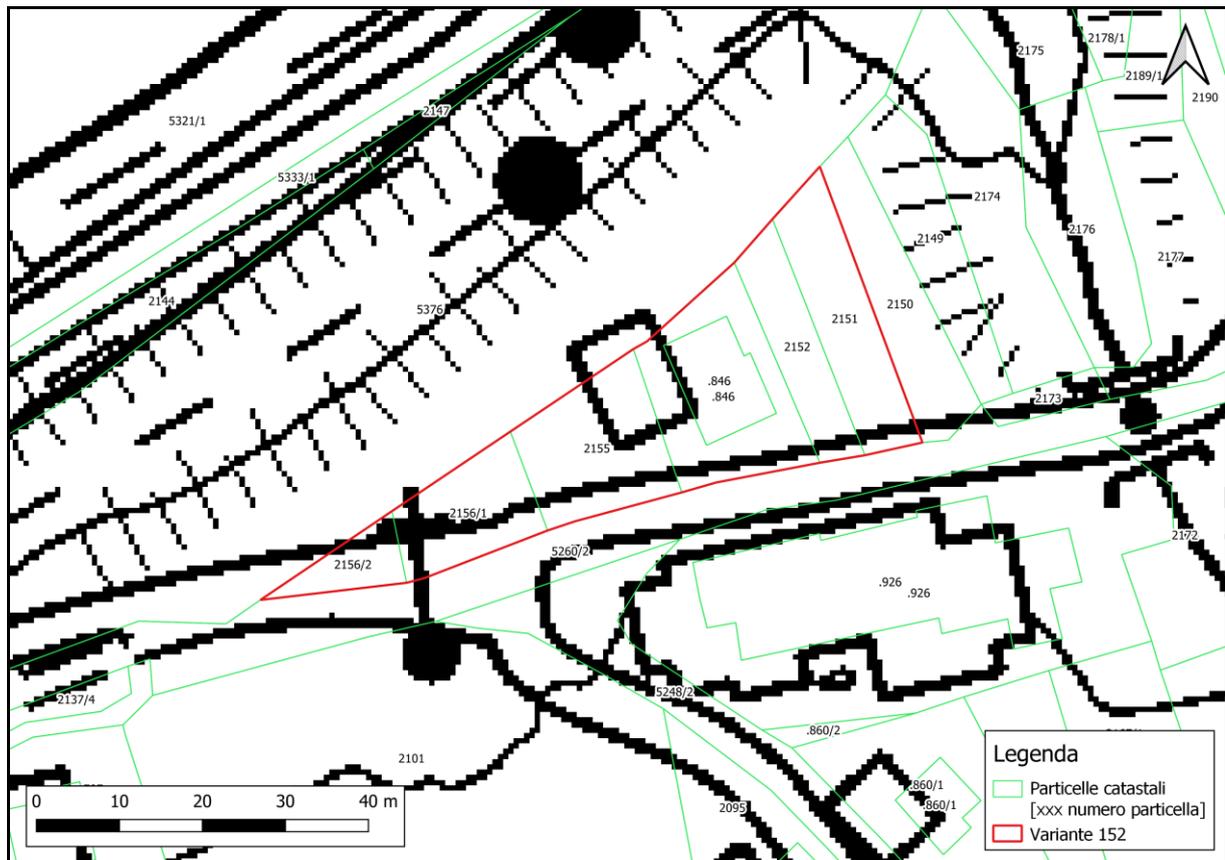


Figura 48. Variante 152 - Catasto

Attualmente la destinazione d'uso è "Verde privato" e la variante ha intenzione di destinare l'area a "Alberghiero", al fine di favorire il recupero di un edificio esistente a fini alberghieri e non residenziali.

13.1 Individuazione dei fenomeni attesi

Sulla base di quanto indicato dalla Carta della Pericolosità, e del contesto geomorfologico nel quale si inserisce l'area di studio, le maggiori pericolosità sono legate a possibili eventi alluvionali-torrentizi legati ai corsi d'acqua denominati "Rio Valene" e "Rio Castellir".

La CaP individua una pericolosità H3 (media) per fenomeni alluvionali torrentizi, corrispondenti a penalità P3 nella CSP.

Numero Variante	Carte della Pericolosità			Carta di Sintesi della Pericolosità
	Pericolosità da valanghe	Pericolosità torrentizia	Pericolosità da crolli rocciosi	
152	//	H3	//	P3

Tabella 34. Variante 125 – classi di pericolo e di penalità

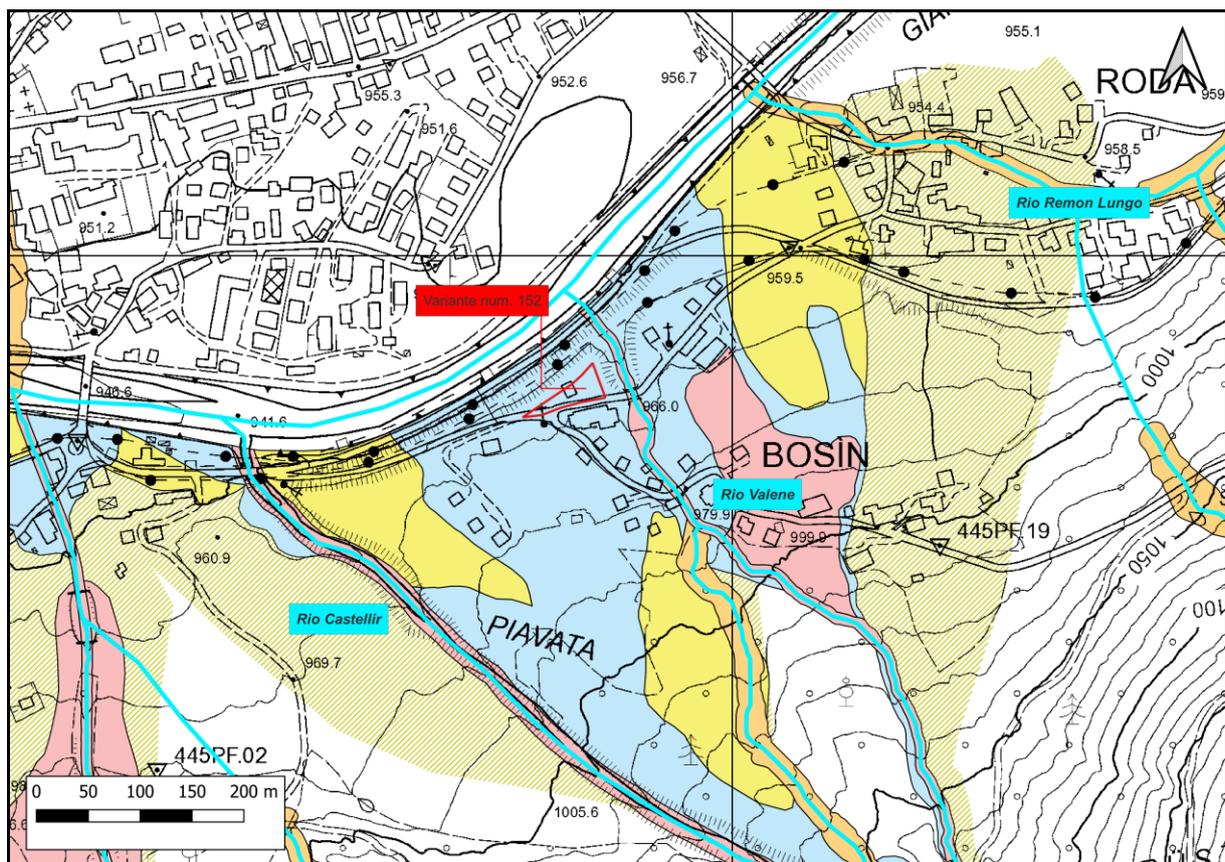


Figura 49. Variante 125 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).

13.2 Nuova destinazione d'uso

La nuova destinazione d'uso proposta (Alberghiero) ha lo scopo di favorire il recupero di un edificio attualmente presente nell'area (Figura 50) per destinarlo ad utilizzo ricettivo e non residenziale.



Figura 50. Variante 125 – edificio attualmente presente.
Ortofoto 2020 – © AGEA – Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Roma (www.agea.gov.it).

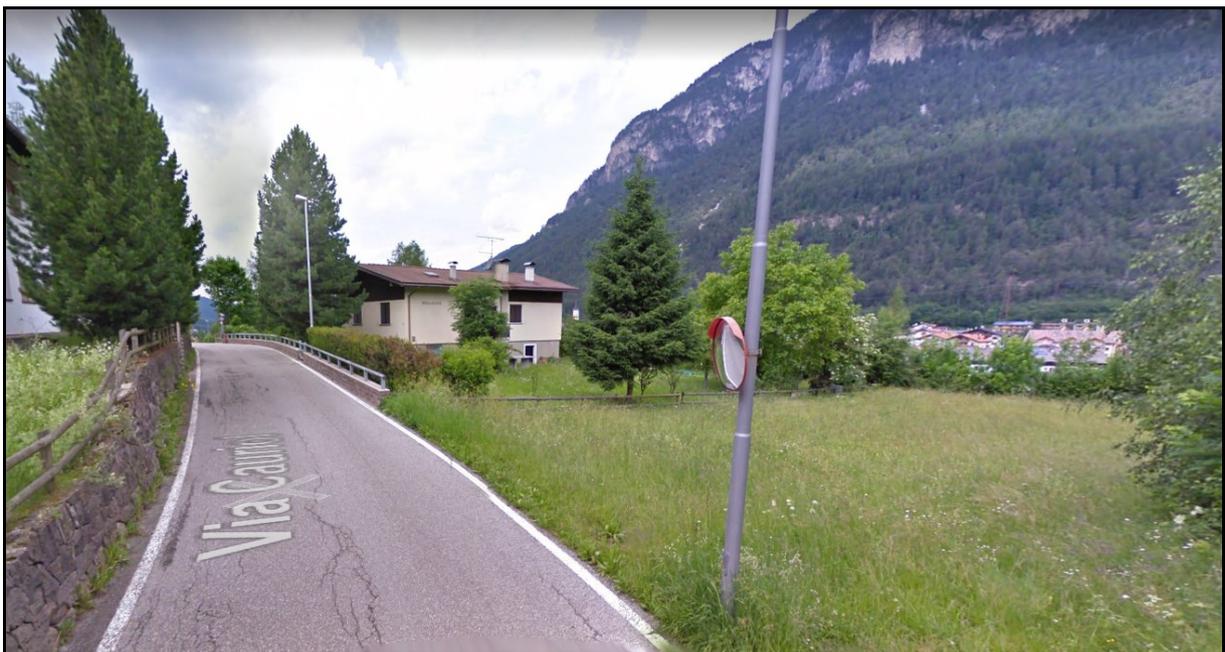


Figura 51. Variante 125 – edificio attualmente presente. Vista da Ovest (sopra) e Est (sotto). Fonte immagine Google Street View

La nuova destinazione d'uso dell'area risponde all'articolo 50 delle NdA del PRG (variante), con particolare riferimento al comma 9:

1. *Il P.R.G. individua le aree destinate esclusivamente ad attività alberghiere con le relative attrezzature così come disciplinate dalla legge provinciale 15 maggio 2002, n. 7 (Disciplina degli esercizi alberghieri*

ed extra-alberghieri e promozione della qualità della ricettività turistica). Gli interventi devono essere conformi alle Norme di Attuazione relative ai "Criteri per l'esercizio della tutela ambientale".

2. Per gli interventi diretti soggetti unicamente a permesso di costruire si applicano le seguenti norme:

lotto minimo	sf	1.500 Mq
indice di utilizzazione fondiaria	Uf	0,80 Mq/mq
altezza massima	H max	11,50 MI
Numero di piani	NP	4 N
altezza massima del fronte	H	11,00 MI
Appartamento del gestore SUN		120 Mq
Alloggi per il personale SUN		60 Mq

3. All'interno della zona alberghiera è ammesso l'insediamento di un appartamento per il gestore con un volume utile non superiore a mc. 400.

4. Per tutti gli edifici esistenti classificati come alberghieri ai sensi delle vigenti disposizioni di legge e preesistenti alla data di approvazione della III° variante 2012 al P.R.G. valgono le seguenti norme:

- a. è consentito un ampliamento che non potrà superare i 320 mq o il 30% della SUN adibita ad uso alberghiero fino ad un massimo di 500 mq;
- b. l'aumento volumetrico deve essere disposto in aderenza od in sopraelevazione e non può essere finalizzato unicamente ad aumentare la ricettività;
- c. l'ampliamento nei termini sopraindicati è comunque subordinato all'intervallazione del vincolo d'uso a destinazione alberghiera, almeno di 15 anni

5. In tali zone non è consentito il cambio di destinazione d'uso da attrezzature alberghiere a residenza; non è altresì assentibile la concessione per esercizi alberghieri con ricettività in appartamenti forniti di cucina autonoma. Le zone alberghiere di nuovo impianto sono sottoposte alla formazione di Piano di lottizzazione di iniziativa privata ai sensi della L.P. vigente.

6. Nell'area per attrezzature turistiche indicata sulla cartografia di P.R.G. con specifica simbologia * valgono le seguenti norme:

SUN Massima	Uf	SUN esistente
SUN destinata a residenza turistica alberghiera		50% SUN esistente
altezza massima	H max	11,50 MI
altezza massima del fronte	H	11,00 MI
Sistemazione a verde		20 % della sf
Appartamento del gestore SUN		120 Mq
Alloggi per il personale SUN		60 Mq

7. *La quota di SUN massima destinabile a residenza turistico-alberghiera non potrà eccedere il 50% di quella contemplata dall'intervento di recupero la cui progettazione dovrà essere necessariamente unitaria.*
8. *L'edificio esistente potrà essere demolito e ricostruito anche mediante formazione di due o più distinti corpi di fabbrica.*
9. ***Nell'ambito individuato in cartografia con specifico riferimento normativo è previsto il recupero dell'edificio esistente con un incremento della SUN esistente del 35% finalizzato alla trasformazione d'suo dell'edificio residenziale esistente in struttura ricettiva secondo le tipologie previste dalla L.P. 7/2012.***

13.3 Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso

L'area è soggetta a pericolosità media per fenomeni alluvionali torrentizi. La classificazione di pericolosità torrentizia indica una componente non trascurabile di trasporto solido, in carico alla portata liquida.

La realizzazione di nuovi edifici in un'area potenzialmente allagabile con fenomeni di colate detritiche e mud-flow comporta un aumento della vulnerabilità sia per le opere che verranno realizzate sia per l'aumento del carico insediativo.

14 APPROFONDIMENTO DELLA PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE TORRENTIZIA

Per l'approfondimento della pericolosità torrentizia si farà riferimento a due studi condotti dal Dr. Forestale e Ambientale Diego Sonda: "Consulenza relativa all'applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità - RIO VALENE" e "Consulenza relativa all'applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità - RIO VALENE" (gennaio 2011, committente Servizio Bacini Montani).

Nella sopraccitata relazione, il Dr Sonda analizza nel dettaglio le componenti idrologiche, morfologiche e litologiche del bacino dei rii Valene e Castellir fornendo output di simulazioni per la classificazione del pericolo alluvionale torrentizio.

Per la valutazione della compatibilità della nuova destinazione d'uso, sono stati studiati nel dettaglio i risultati ottenuti dalle simulazioni condotte sui due corsi d'acqua, importando gli output (in formato raster) all'interno del software QGis: i file importati rappresentano i risultati relativi a velocità, deposito e tirante (relativo a trasporto solido).

Sono stati importati i file che riportavano la condizione maggiormente sfavorevole, al fine di una valutazione maggiormente cautelativa, misurati con tempi di ritorno di 200 anni.

Si riportano gli output grafici ottenuti a seguito dell'operazione di caricamento su QGis.

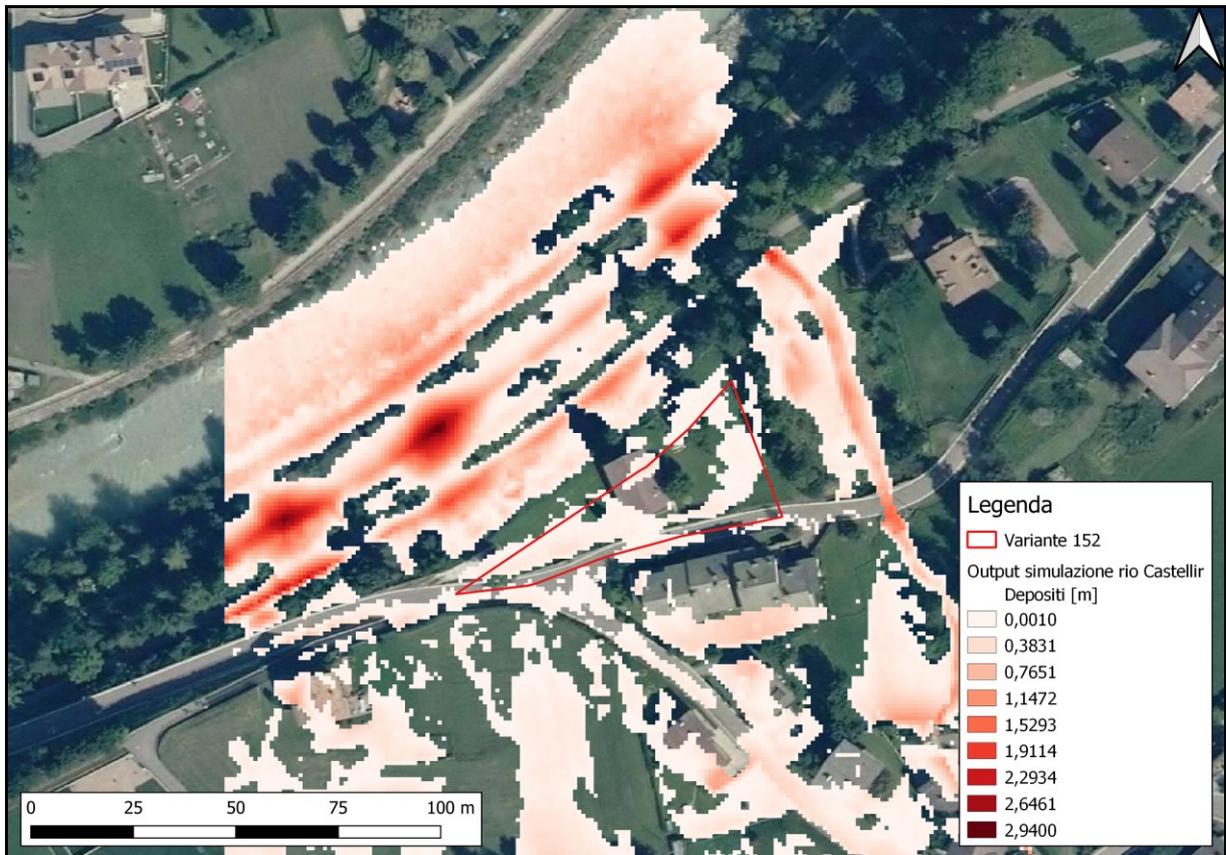
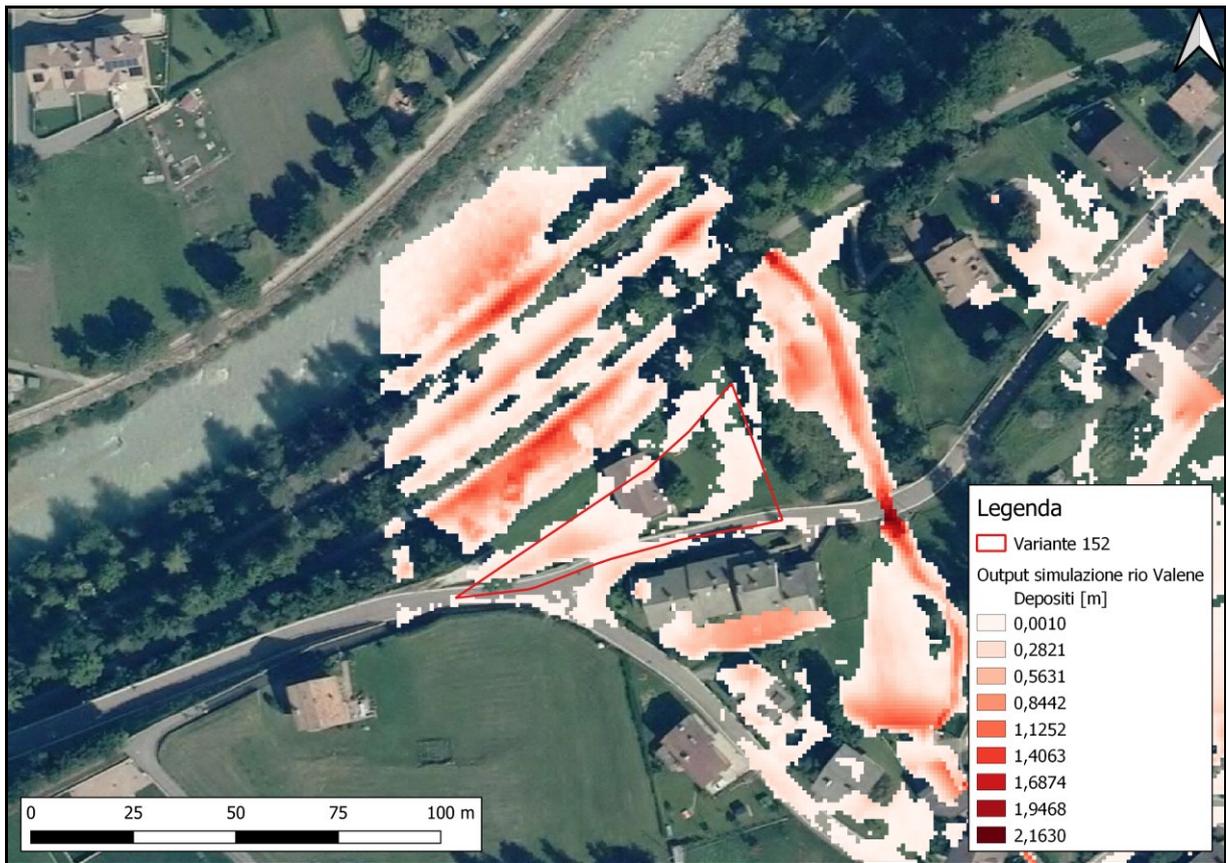


Figura 52. Variante 125 – output simulazioni depositi Tr 200 (D. Sonda, 2011).

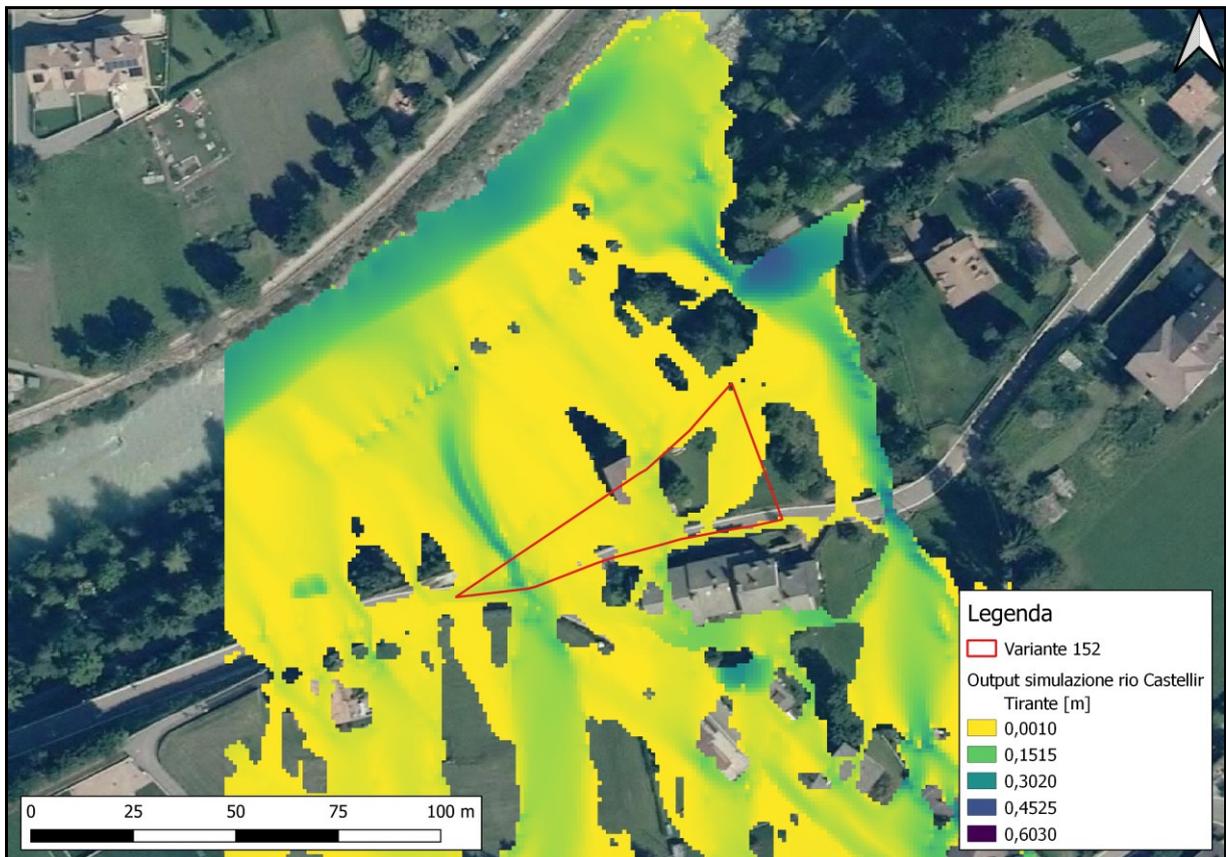
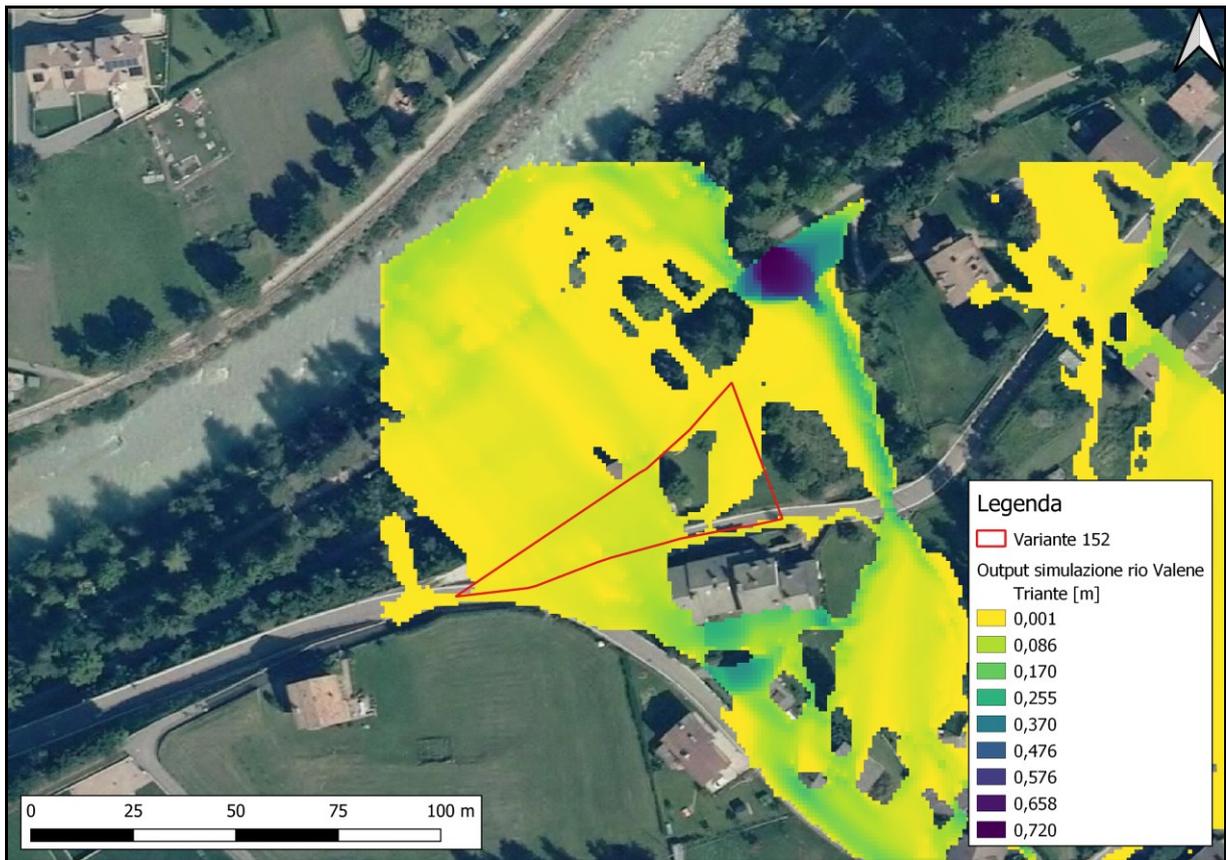


Figura 53. Variante 125 – output simulazioni tiranti Tr 200 (D. Sonda, 2011).

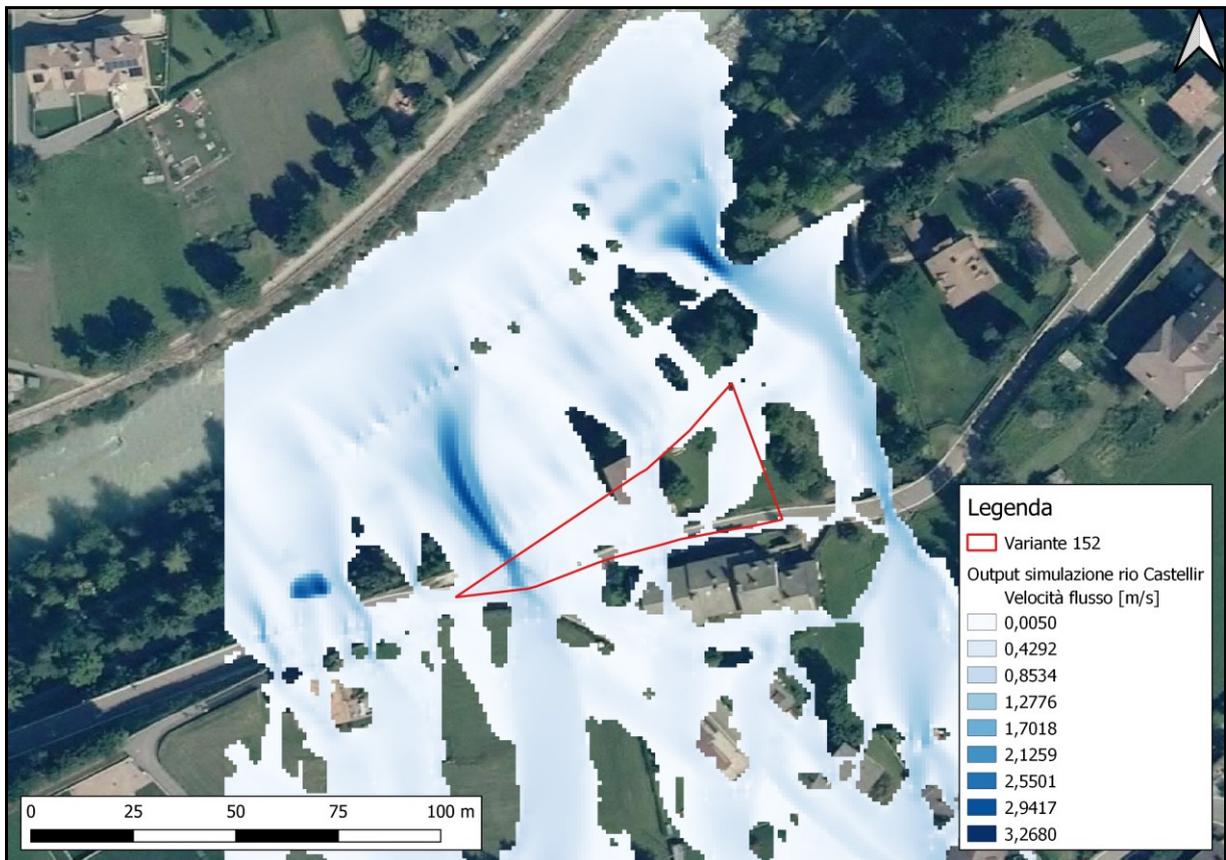


Figura 54. Variante 125 – output simulazioni velocità Tr 200 (D. Sonda, 2011).

In Tabella 35 si riassumono gli output ottenuti:

Simulazione	Depositi [m]	Tirante [m]	Velocità [m/s]
Rio Valene	0,34	0,051	0,9
Rio Castellir	0,08	0,05	0,4
Combinazione	0,42	0,11	1,75

Tabella 35. Variante 125 – risultati output simulazioni D. Sonda (2011)

Nello scenario peggiore, è quindi possibile aspettarsi un accumulo di materiale trasportato pari a 0,42 m, con tiranti di piena liquida di 0,11 m, con velocità di flusso dell'ordine di 1,75 m/s.

Il maggior grado di pericolo per l'area di studio è rappresentato dal rio Valene.

14.1 Interventi di mitigazione

Considerando lo scenario maggiormente cautelativo, è possibile considerare compatibile la variante a patto che il piano di spiccatto della nuova struttura sia localizzato ad altezze superiori della quota raggiunta da eventi di colata e alluvione.

Di conseguenza si prescrive, al fine di garantire la salvaguardia dell'incolumità delle persone e ridurre l'esposizione alla vulnerabilità delle strutture edilizie, di realizzare il fabbricato con un piano di spiccatto ad un'altezza minima di + 1 m rispetto all'attuale piano di campagna.

Inoltre, analizzando le direzioni di flusso in ingresso nell'area di variante, eventuali accessi a piani interrati non dovranno essere collocati sui lati Sud ed Est dell'edificio.

14.1.1 Possibili interferenze delle opere di mitigazione

Le opere di difesa o di mitigazione non devono delocalizzare il pericolo, ovvero non devono comportare ad un peggioramento delle condizioni di esposizione al pericolo e di interferenza diretta sulle aree limitrofe.

L'elevazione dell'edificio avrebbe come conseguenza una limitata deviazione del flusso: la deviazione sarebbe circoscritta alla sola area di edificazione, senza quindi andare a compromettere la vulnerabilità delle aree limitrofe.

Il flusso di colata andrebbe ad esaurirsi nel retrostante torrente Avisio, senza quindi interessare aree altrimenti non suscettibili ad inondazione.

15 VARIANTE 152 - CONCLUSIONI

Nel complesso, le valutazioni sino a qui fornite permettono di valutare positivamente la compatibilità della nuova destinazione d'uso, a patto che vengano rispettate le prescrizioni contenute nel presente documento.

In particolare, le norme di attuazione del nuovo PRG del Comune di Ziano di Fiemme dovranno prevedere, per l'area oggetto di studio, che il piano di spiccato per i nuovi edifici sia minimo a + 1,0 m rispetto all'attuale piano campagna, e che eventuali ingressi a piani interrati **non** siano disposti sui lati sud ed est.

I progetti di trasformazione edilizia dovranno essere correlati da un apposito studio di compatibilità che analizzerà nel dettaglio l'interferenza tra l'opera in progetto e il pericolo alluvionale torrentizio atteso per l'area di studio.

La nuova destinazione d'uso non si ritiene comporti un peggioramento delle attuali condizioni.

STUDIO DI COMPATIBILITA' VARIANTE 23

16 INTRODUZIONE

La variante numero 23 interessa le particelle catastali 1142 e parte della .1063 in CC Ziano.



Figura 55. Variante 23 - Catasto

Attualmente la destinazione d'uso è "Area agricola di pregio" e la variante ha intenzione di destinare l'area a "Produttivo Provinciale", per permettere l'ampliamento dell'area produttiva per il deposito del legname a servizio di una attività produttiva già insediata.

16.1 Individuazione dei fenomeni attesi

Sulla base di quanto indicato dalla Carta della Pericolosità, e del contesto geomorfologico nel quale si inserisce l'area di studio, le maggiori pericolosità sono legate a possibili eventi alluvionali-torrentizi legati al vicino corso d'acqua denominato "Rio di Val Ganzolin".

La CaP individua una pericolosità H2 e H3 (rispettivamente bassa e media) per fenomeni alluvionali torrentizi, corrispondenti a penalità P2 e P3 nella CSP.

Numero Variante	Carte della Pericolosità			Carta di Sintesi della Pericolosità
	Pericolosità da valanghe	Pericolosità torrentizia	Pericolosità da crolli rocciosi	
23	//	H2 H3	//	P2 P3

Tabella 36. Variante 23 – classi di pericolo e di penalità

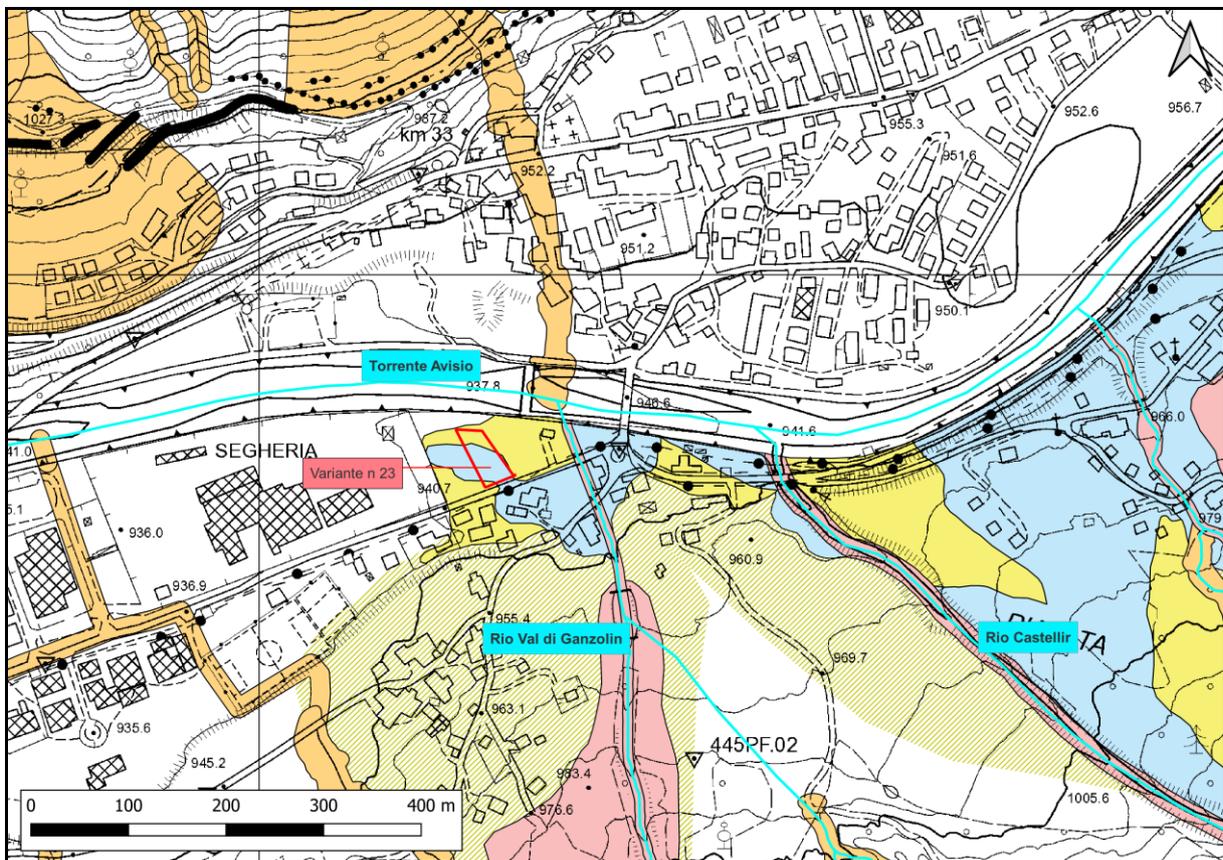


Figura 56. Variante 23 – Carta del pericolo (alluvionale torrentizio).

16.2 Nuova destinazione d'uso

La nuova destinazione d'uso proposta (Produttiva Provinciale) ha lo scopo di permettere l'espansione dell'area di deposito del legname di un'attività già insediata e operativa.

16.3 Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso

Eventi alluvionali che potrebbero interessare un nuovo deposito avrebbero come inevitabile conseguenza l'allagamento dell'area e i danni arrecati al materiale lì depositato sarebbero funzione della sensibilità dello stesso all'acqua. Il legname è un materiale edile che può subire allagamento senza subire danneggiamenti consistenti.

In questi termini la vulnerabilità della nuova destinazione d'uso risulta limitata: tale considerazione è valida a patto che nell'area sia consentito il solo deposito di legname.

Le norme di attuazione del nuovo PRG del Comune di Ziano di Fiemme dovranno quindi contenere delle prescrizioni precise sulla limitazione di tipologia di materiale che può essere depositato presso la nuova area Produttiva Provinciale.

L'accesso all'area da parte del personale dovrà poi essere interdetto nell'eventualità di condizioni idrologiche e metereologiche pericolose e in concomitanza di allerte meteo emanate dalla Protezione Civile.

17 VARIANTE 23 - CONCLUSIONI

Nel complesso, le valutazioni sino a qui fornite permettono di valutare positivamente la compatibilità della nuova destinazione d'uso.

Le norme di attuazione del nuovo PRG del Comune di Ziano di Fiemme dovranno quindi contenere delle prescrizioni precise sulla limitazione di tipologia di materiale (legname) che può essere depositato presso la nuova area Produttiva Provinciale, impedendo la costruzione di nuovi fabbricati.

La nuova destinazione d'uso non si ritiene comporti un peggioramento delle attuali condizioni.

La CaP individua una pericolosità H2 e H3 (rispettivamente bassa e media) per fenomeni di crolli rocciosi, corrispondenti a penalità P2 e P3 nella CSP, e pericolosità HP (potenziale) per fenomeni valanghivi, corrispondente a penalità APP nella CSP.

Numero Variante	Carte della Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità
	Pericolosità da valanghe	Pericolosità da crolli rocciosi	
39	HP	H2 H3	APP P2 P3

Tabella 37. Variante 23 – classi di pericolo e di penalità

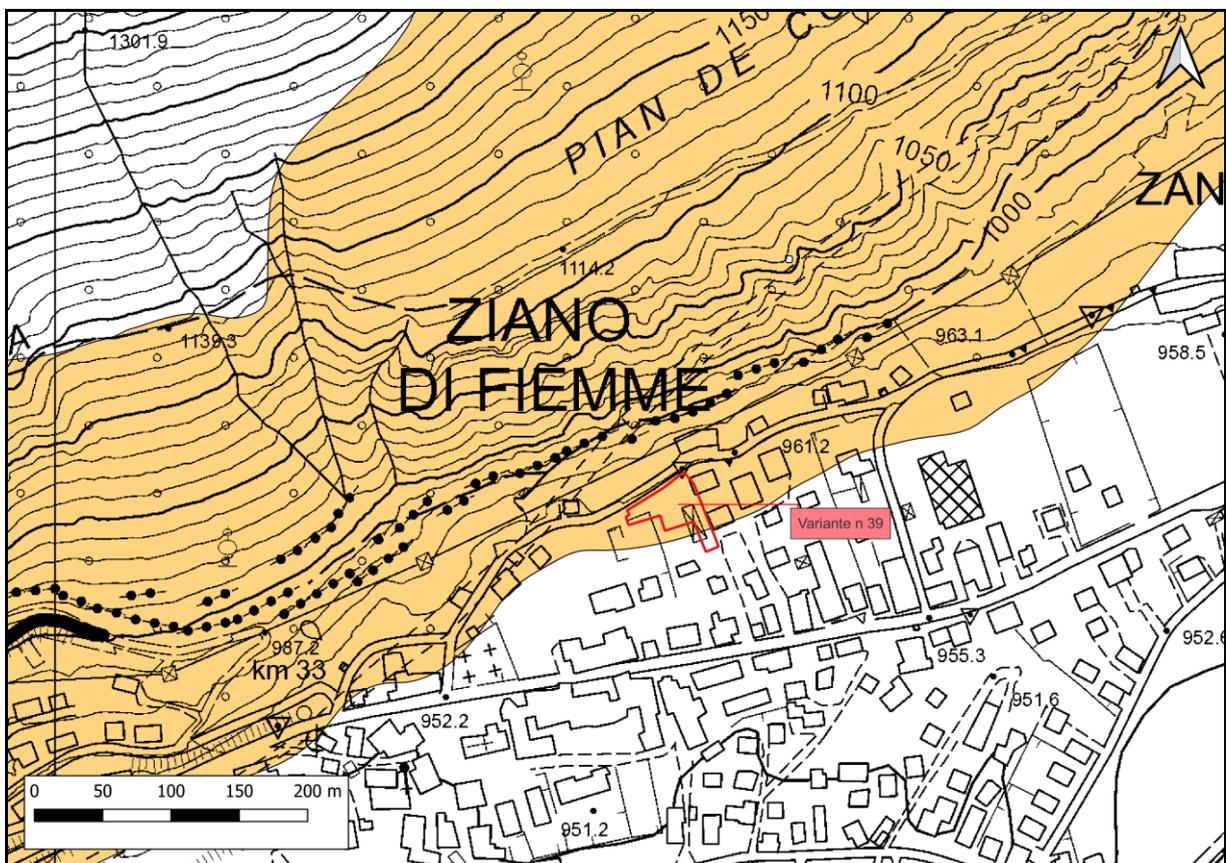


Figura 58. Variante 39 – Carta del pericolo (valanghe).

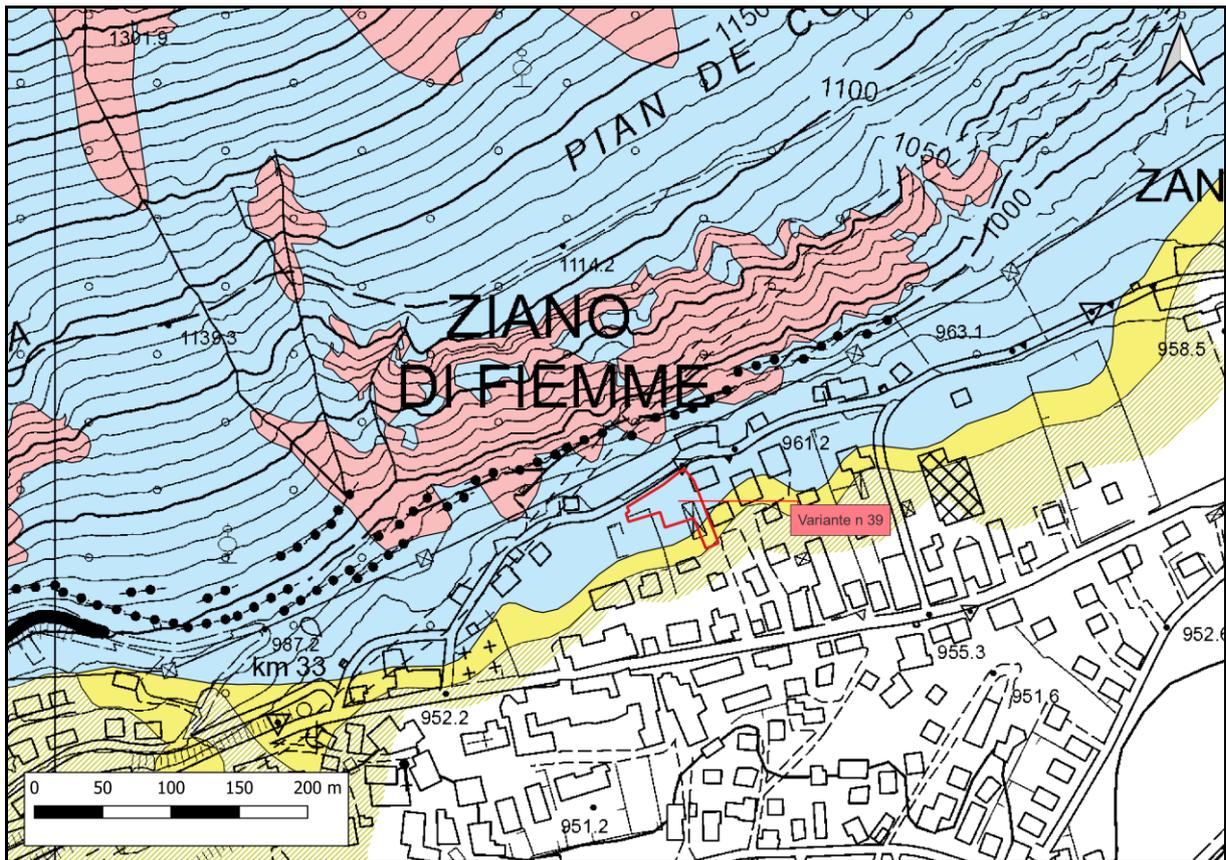


Figura 59. Variante 39 – Carta del pericolo (crolli rocciosi).

18.2 Nuova destinazione d'uso

La nuova destinazione d'uso proposta (Civile amministrativa) ha lo scopo di permettere l'ampliamento dell'area di proprietà comunale.

Attualmente nell'area è già presente un parco pubblico con campo da bocce.

18.3 Possibili interferenze della nuova destinazione d'uso

La nuova destinazione d'uso registra uno stato di fatto, poiché l'area è già predisposta a parco pubblico.

L'eventuale accadimento di fenomeni di distacco di massi dal versante sovrastante avrebbe come conseguenza un rischio per i fruitori del parco e possibili danneggiamenti alle strutture. In maniera analoga, un evento valanghivo avrebbe come conseguenza un danno per strutture e persone.

19 APPROFONDIMENTO PERICOLOSITÀ CROLLI ROCCIOSI

L'area è classificata con pericolosità H3 (media) e in piccola parte H2 (bassa) per fenomeni di crolli rocciosi. Tale condizione è dovuta alla vicinanza dell'area ad un versante caratterizzato da crolli e ribaltamenti diffusi (come indicato nella cartografia IFFI, riportata in Figura 60).

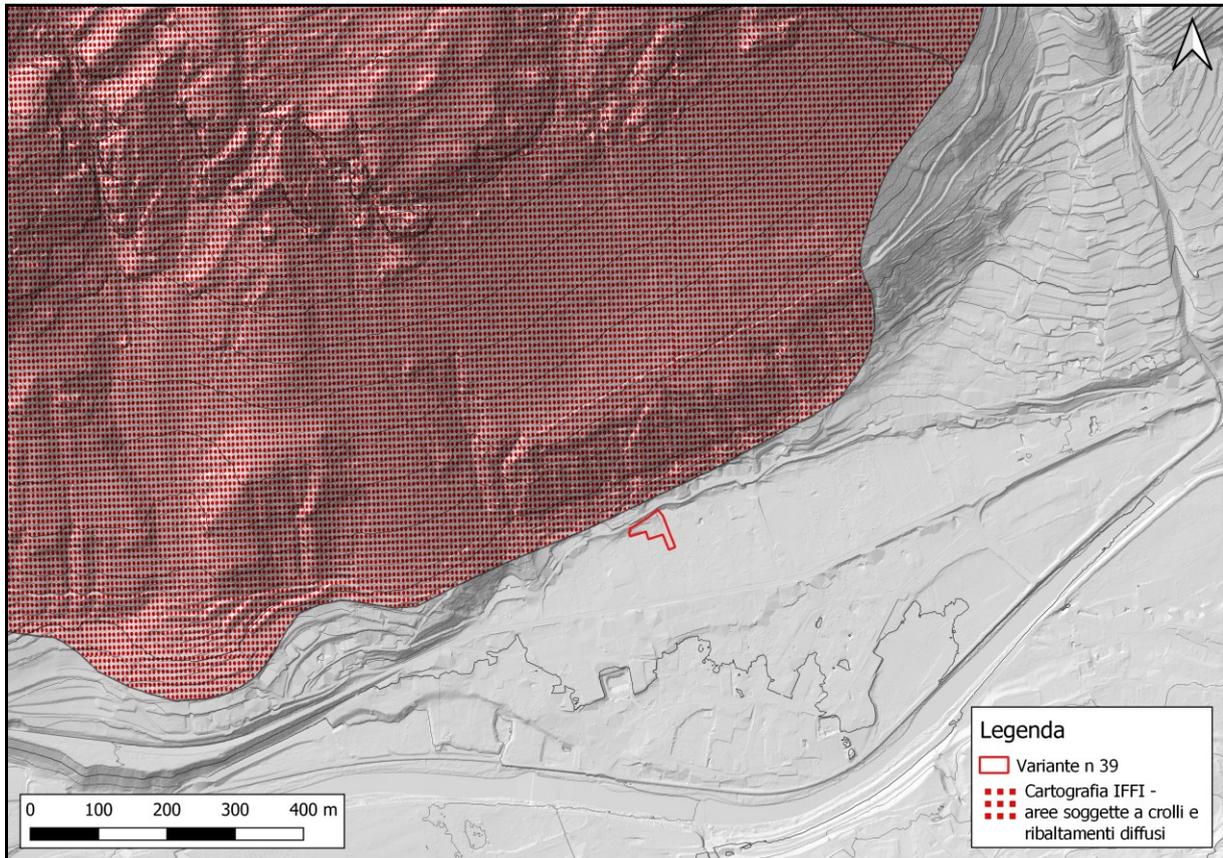


Figura 60. Variante 39 – Cartografia IFFI.

19.1 Modello geologico

Litologicamente il versante è caratterizzato da coperture quaternarie (depositi di versante) poggianti sul substrato roccioso costituito dalla Formazione di Werfen (membri di Campil e di Val Badia).

Il membro di Campil consiste principalmente di peliti e siltiti rosse (in set più o meno metrici, con sottili intercalazioni arenacee fini) e arenarie rosse in strati gradati decimetrici, con base erosiva, lamine parallele, hummocky cross-lamination e ripple da onda (interpretati come tempestiti). Il membro di Val Badia è caratterizzato da calcari marnosi, siltosi ed arenacei grigi, con livelli decimetrici di calcareniti bioclastiche a bivalvi.

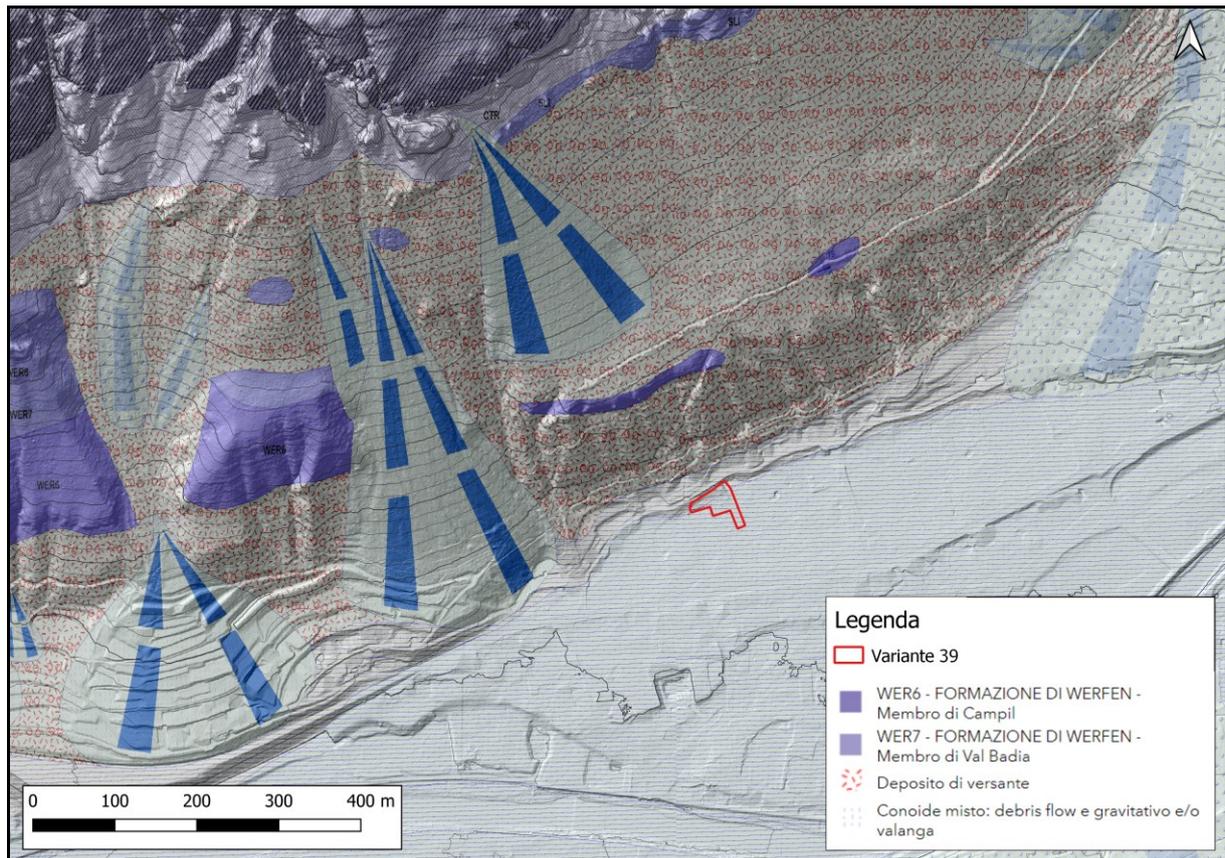


Figura 61. Carta geologica.

Il Progetto ARCA (Archivio Storico degli Eventi calamitosi del Territorio della Provincia Autonoma di Trento) evidenzia la presenza di fenomeni franosi nell'area in oggetto.

Tale strumento definisce gli eventi di frana come "fenomeni idrogeologici legati ai movimenti di versante (*crolli, colate, scivolamenti, colate detritiche, etc.*)", estendendo quindi il termine frana anche a fenomeni di crolli rocciosi.

Di seguito si riporta un particolare della cartografia del catasto dei dissesti del Progetto ARCA per l'area in esame. Si registra un evento di frana attribuibile ad un fenomeno di caduta massi che ha coinvolto un operaio colpito da un masso distaccatosi dal versante. L'evento è datato 16/10/1968.

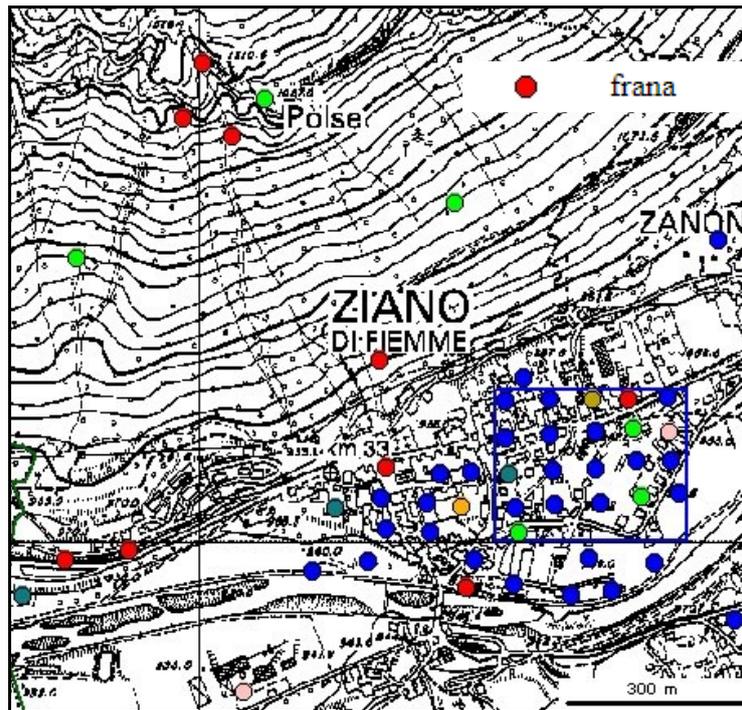


Figura 62. Estratto dall' Archivio Storico degli Eventi Calamitosi della PAT.

Scheda evento

frana (evento n. 4527)

Data: 18/10/1968
 Attendibilità evento: attendibile
 Attendibilità data: data certa

Comprensorio	Comune	Toponimo	Località
C1	ZIANO DI FEMME		

Danni a persone

Nr. feriti: 1
 Note: ferite al capo

Attendibilità: localizzazione imprecisa
 Evento georeferenziato: [Link Mappa Evento](#)

Elenco documenti

- 18/10/1968 Alto Adige [Cade una grossa pietra in testa ad un operaio](#) (156 kB)

Figura 63. Scheda evento – progetto ARCA.



Figura 64. Estratto articolo di giornale.

Dal punto di vista geomorfologico, il versante presenta un ampio range di classi di pendenza: la maggior criticità legata a fenomeni di crolli rocciosi risiede in una porzione del versante a pendenza elevata (> 70°) con substrato affiorante.

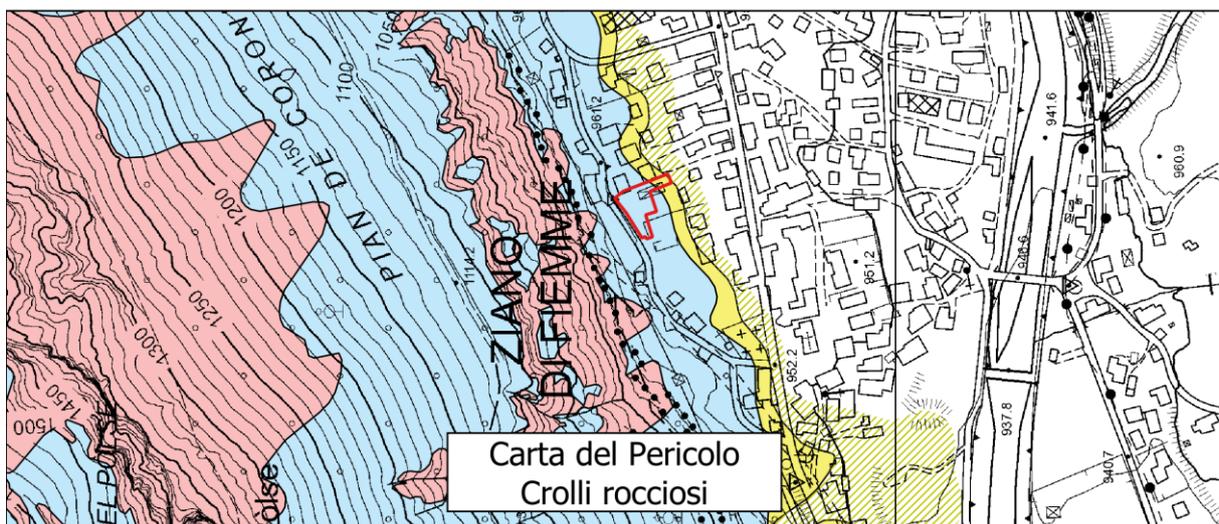
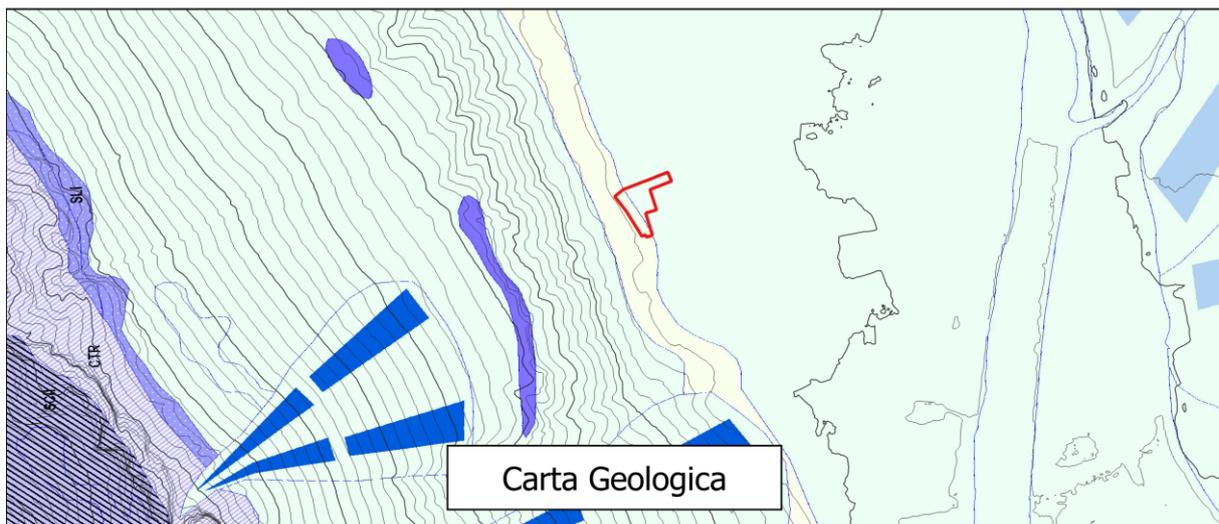
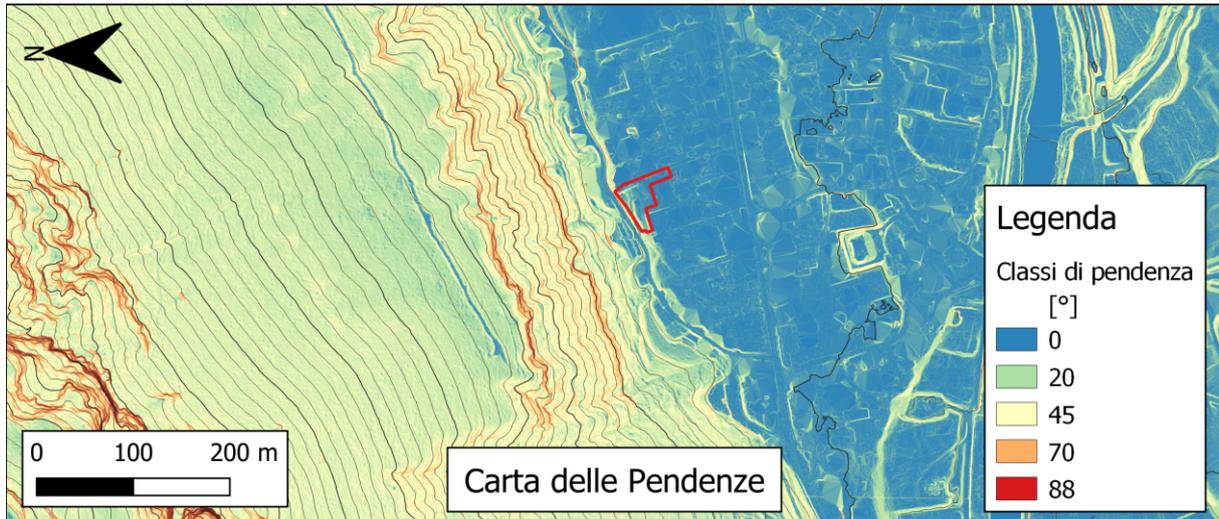


Figura 65. Combinazione carta delle pendenze e substrato affiorante.

19.2 Opere di mitigazione presenti in sito

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti si evince che l'area è storicamente riconosciuta come potenzialmente pericolosa per fenomeni da crolli rocciosi, con un evento di crollo roccioso e ferimento di una persona registrato nell'ottobre del 1968.

A protezione dell'abitato, sono attualmente presenti delle reti paramassi da 1000 KJ e 3 m di altezza, la cui ubicazione è riportata nell'estratto ortografico seguente,

Le opere sono state recentemente ripulite, revisionate e ritensionate (2018): tali operazioni sono state affidate dal Comune di Ziano all'Ing. Alessandro Pederiva, il quale ha inoltre progettato il tomovallo posto a circa 500 m a SW dell'area di variante (alla base del canalone "Roa Bianca").

Si ritiene quindi che la loro efficacia sia ancora valida, permettendo di considerare l'area posta a valle delle barriere come sicura dal punto di vista del pericolo di caduta massi.

Si prescrive in ogni caso la manutenzione ordinaria delle opere da parte di un tecnico abilitato, predisponendo un piano di controllo e monitoraggio dello stato delle barriere, provvedendo a ritensionamenti e/o sostituzioni, laddove ritenuto necessario.

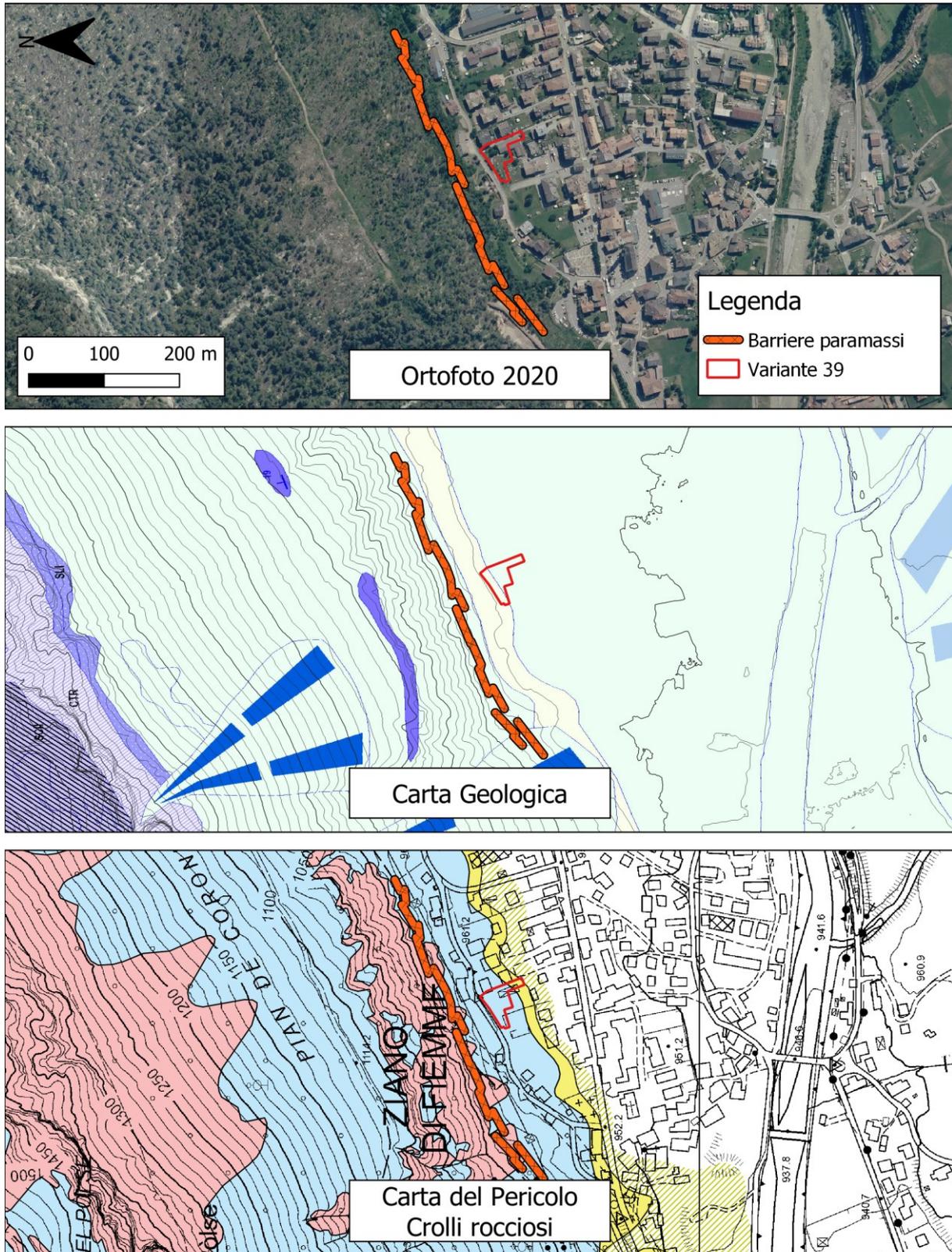


Figura 66. Ubicazione delle barriere paramassi.

Ortofoto 2020 – © AGEA – Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Roma (www.agea.gov.it).

20 APPROFONDIMENTO PERICOLOSITÀ VALANGHIVA

Il sito di interesse è stato di fatto interessato dall'evento eccezionale del 29 ottobre 2018 (noto sotto il nome di tempesta 'Vaia') in cui numerosi abeti sono stati abbattuti dalle forti raffiche di vento causando un'evidente modifica dell'assetto ambientale. La parziale assenza di copertura boschiva rende l'area in oggetto un probabile sito valanghivo.

Nel rielaborato ortografico proposto in Figura 68 si riporta un confronto tra la situazione pre e post tempesta VAIA.

Il versante in esame, facente parte del bacino valanghivo STAVA - PAMPEAGO - DOSS CAPEL, è sempre stato coperto da una vegetazione ad alto fusto, risultava naturalmente protetto dal pericolo di caduta valanghe.

Di seguito l'estratto cartografico riportante le aree soggette a schianti sul versante oggetto di studio.

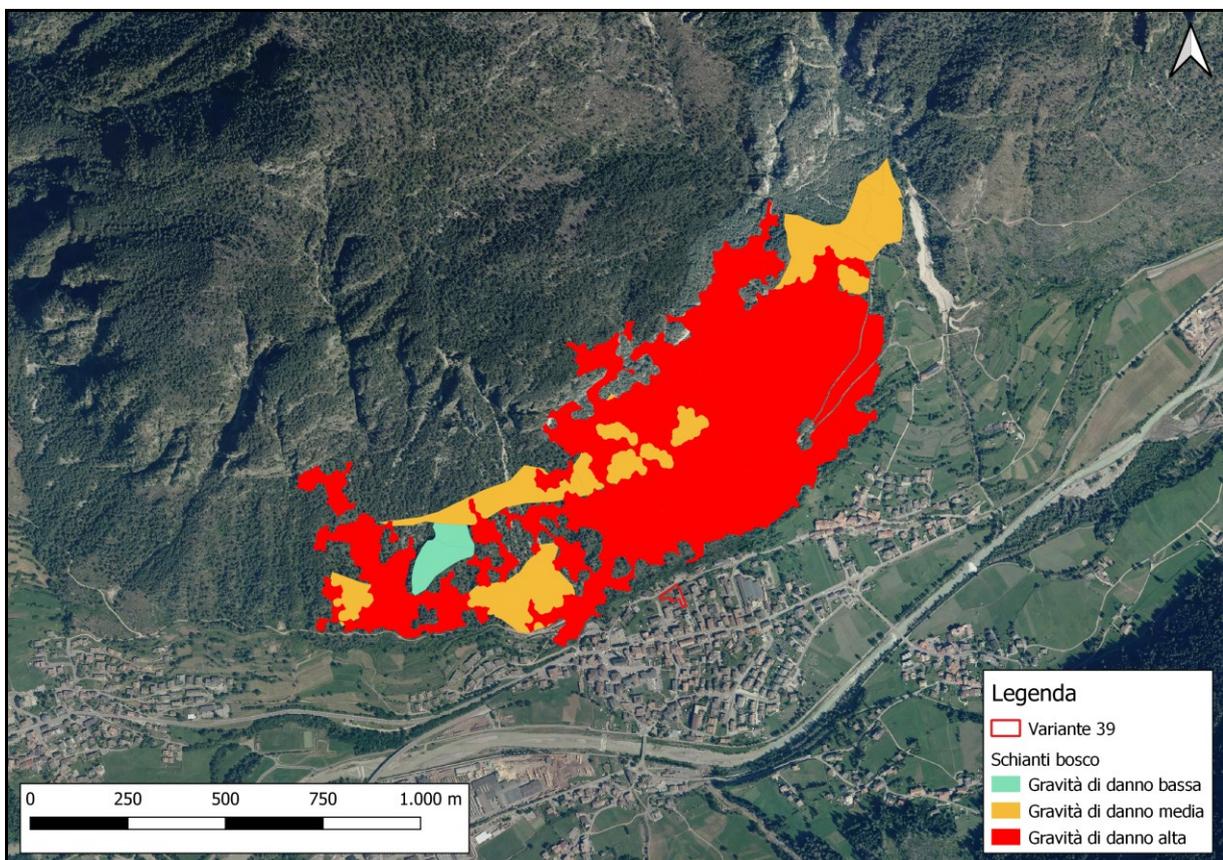


Figura 67. Schianti bosco tempesta VAIA.

Ortofoto 2020 – © AGEA – Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Roma (www.agea.gov.it).

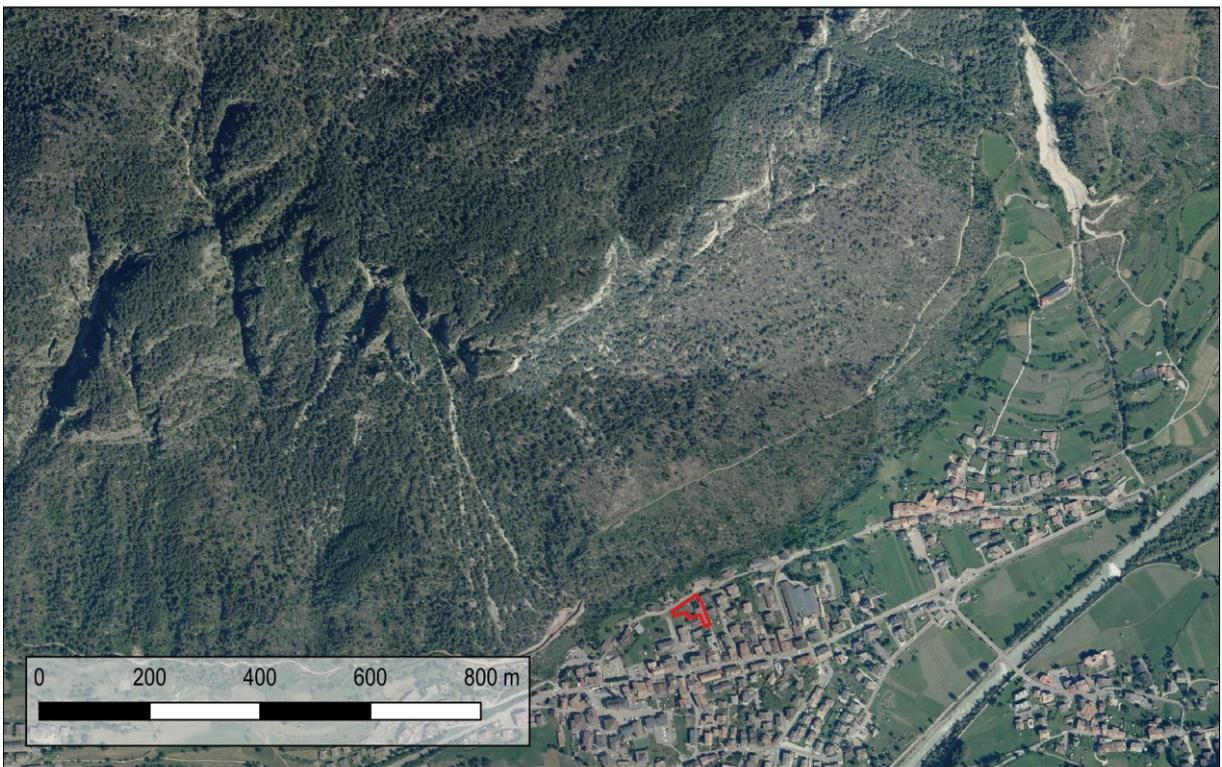
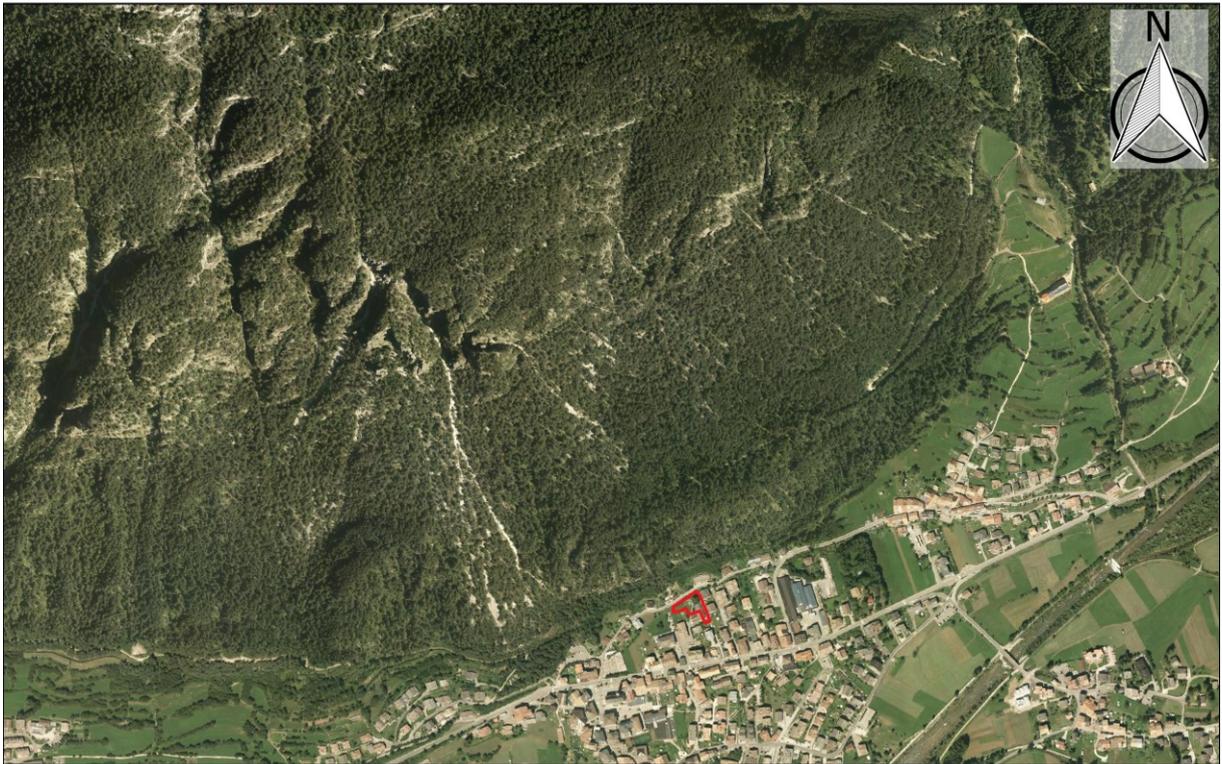


Figura 68. Ortofoto area di studio: confronto pre (2015, sopra) e post (2020, sotto) tempesta VAIA. Ortofoto 2020 – © AGEA – Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Roma (www.agea.gov.it).

Di seguito si riporta un rielaborato 3D della carta delle pendenze, dove è possibile notare come il versante sia pressoché uniforme (eccezione fatta per delle piccole cenge alla base del versante), con pendenze medie di circa 35 °.

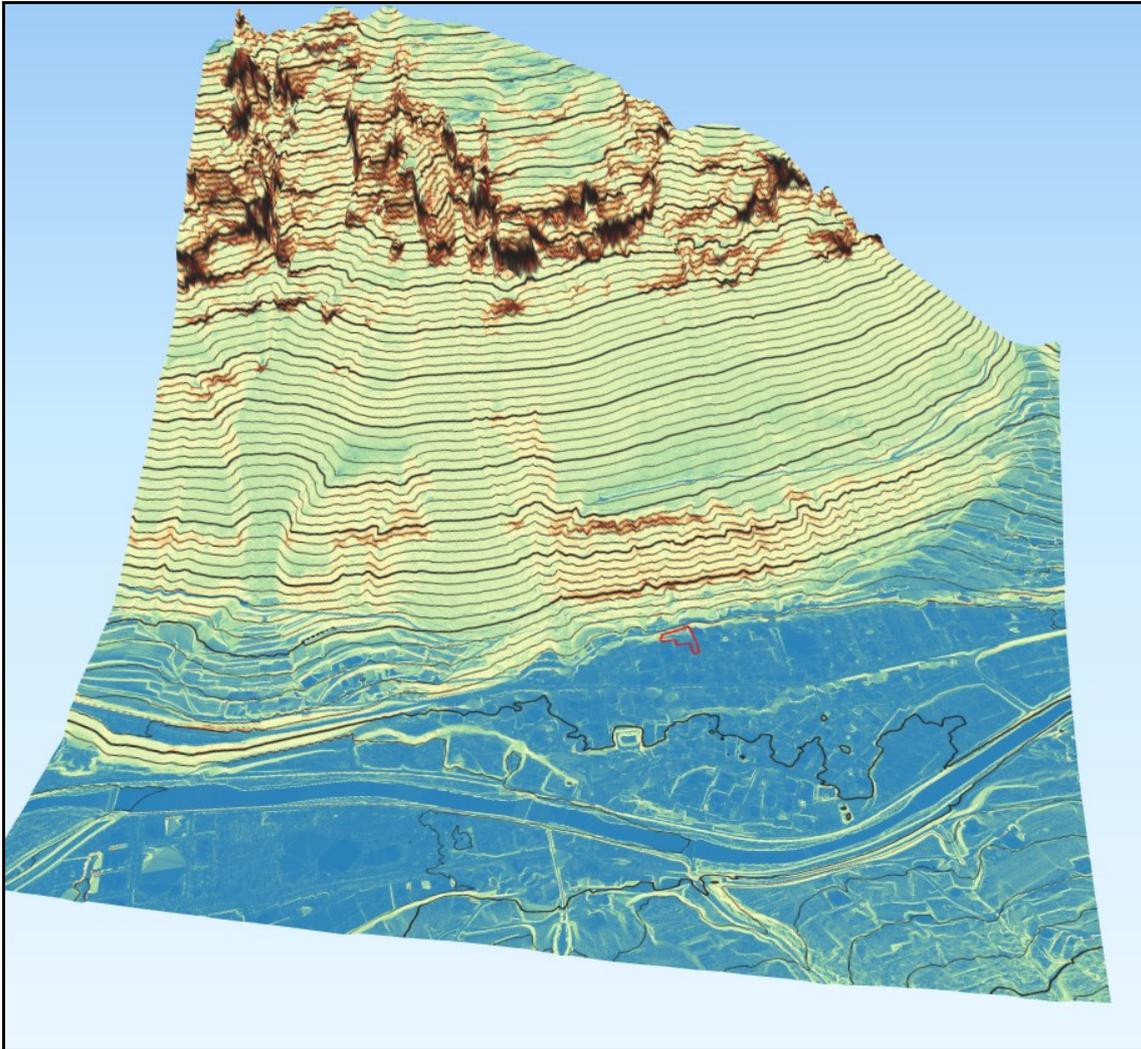


Figura 69. Carta delle pendenze.

20.1 Cartografia tematica

In merito alla documentazione storica disponibile, sono stati consultati il 'Catasto Valanghe' (Figura 70) e le due 'Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV)', la prima ottenuta mediante la sola fotointerpretazione di foto aeree (Figura 71) e la seconda tramite indagini in sito e d'archivio (Figura 72).

A partire dalle informazioni storiche è stato possibile confermare l'assenza di eventi valanghivi significativi noti nell'area d'indagine.

Bisogna in ogni caso tenere in considerazione che si tratta di dati antecedenti l'evento VAIA.

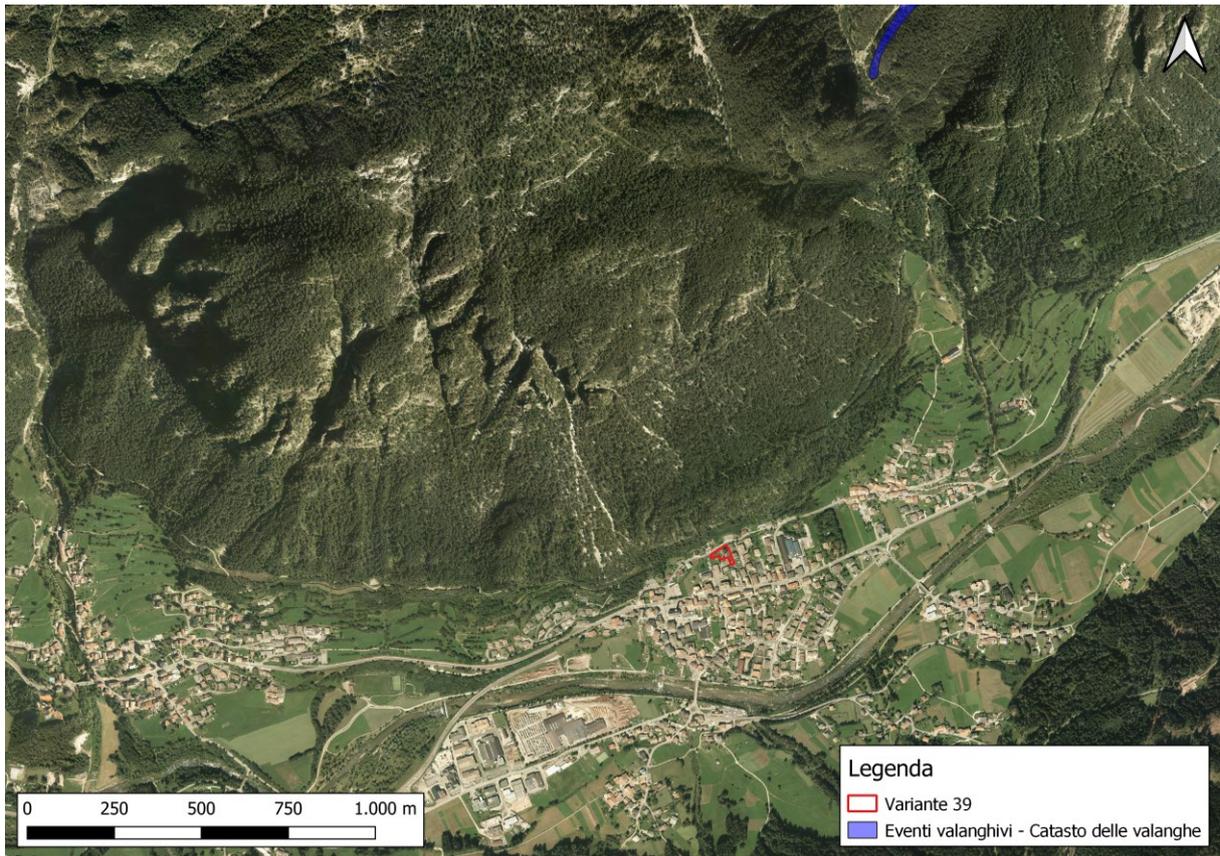


Figura 70. Catasto valanghe.

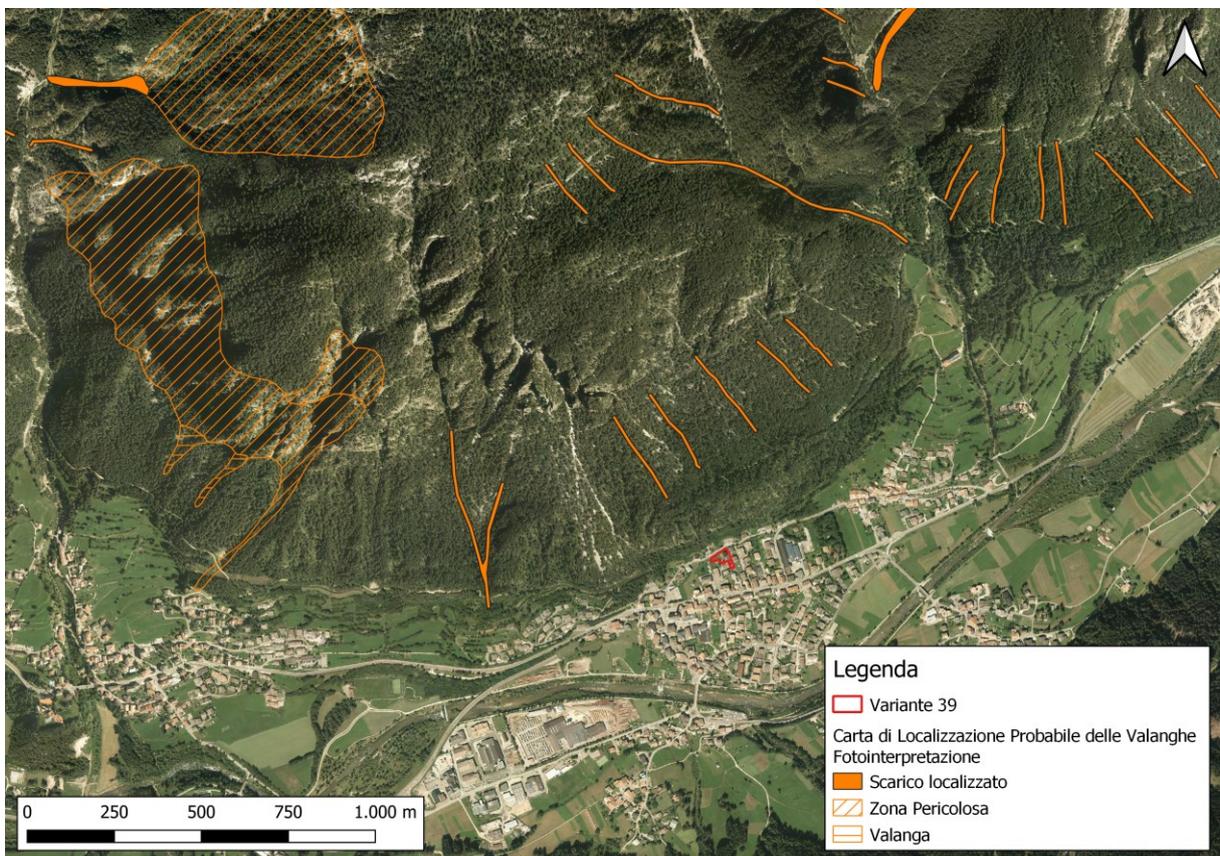


Figura 71. CLPV - fotointerpretazione.

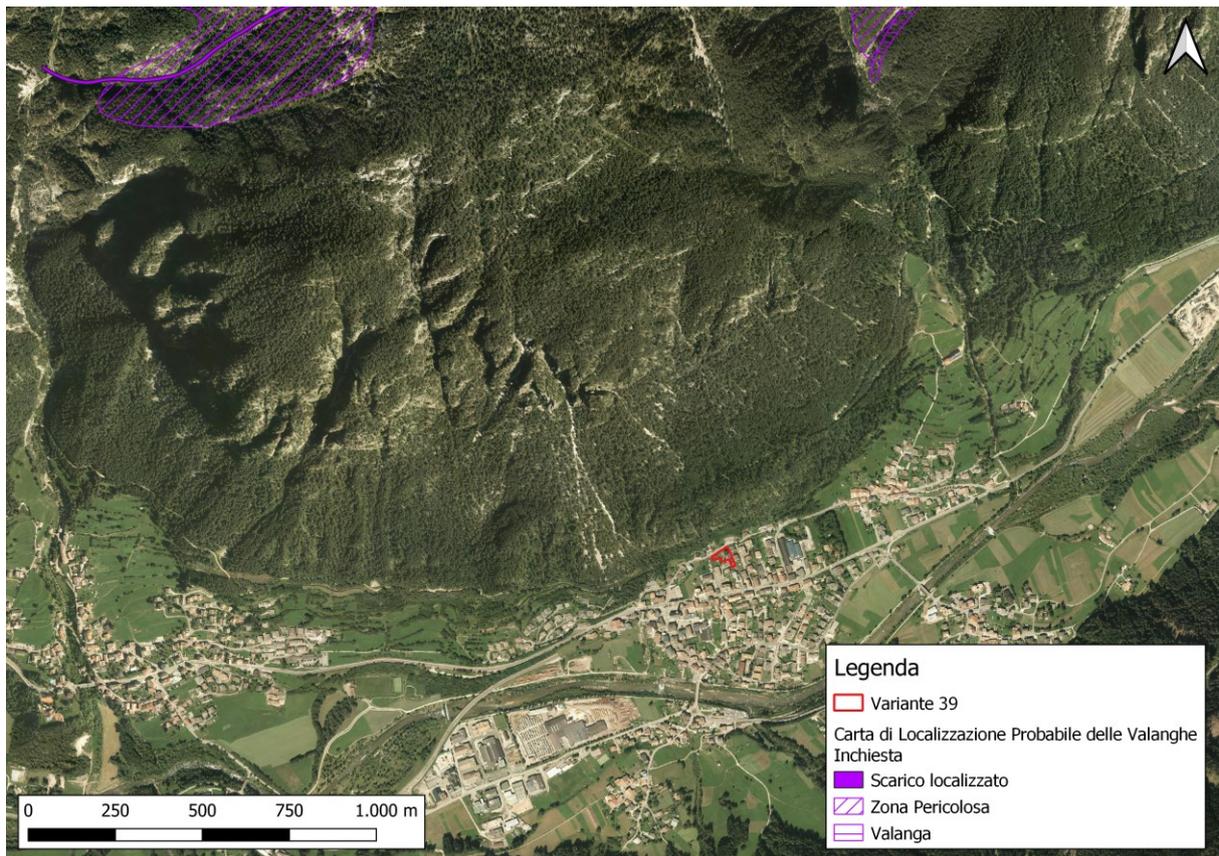


Figura 72. CLPV - inchiesta.

20.2 Determinazione dell'altezza di distacco e spessore manto nevoso

La determinazione dell'altezza di distacco di progetto può essere determinata in seguito ad un'analisi e ad un'elaborazione statistica dei seguenti dati nivometeorologici:

- Precipitazione nevosa su tre giorni consecutivi DH_{3gg} [cm], parametro critico per la stima dell'altezza di distacco.
- Altezza della neve al suolo.
- Vento (direzione ed intensità).

In queste nuove analisi si è deciso di utilizzare lo studio condotto da ALPsolut S.r.l. "Snow cover analysis for the avalanche risk management of the Provincia Autonoma di Trento" sulle altezze di distacco per la Provincia autonoma di Trento. All'interno dello studio di ALPsolut S.r.l. sono state individuate cinque micro regioni, per ognuna di queste sono stati analizzati ed elaborati i dati nivometrici disponibili fino ad oggi ed infine sono stati forniti i valori di altezza estrema della neve $H_{estr}(z,T)$ e l'altezza del manto nevoso su tre giorni $DH_{3gg}(T,z)$.

Poiché la valle di Fiemme ricade nell'area microclimatica FIEMME, nello studio qui condotto si è fatto riferimento ai dati relativi a tale zona (Figura 73).

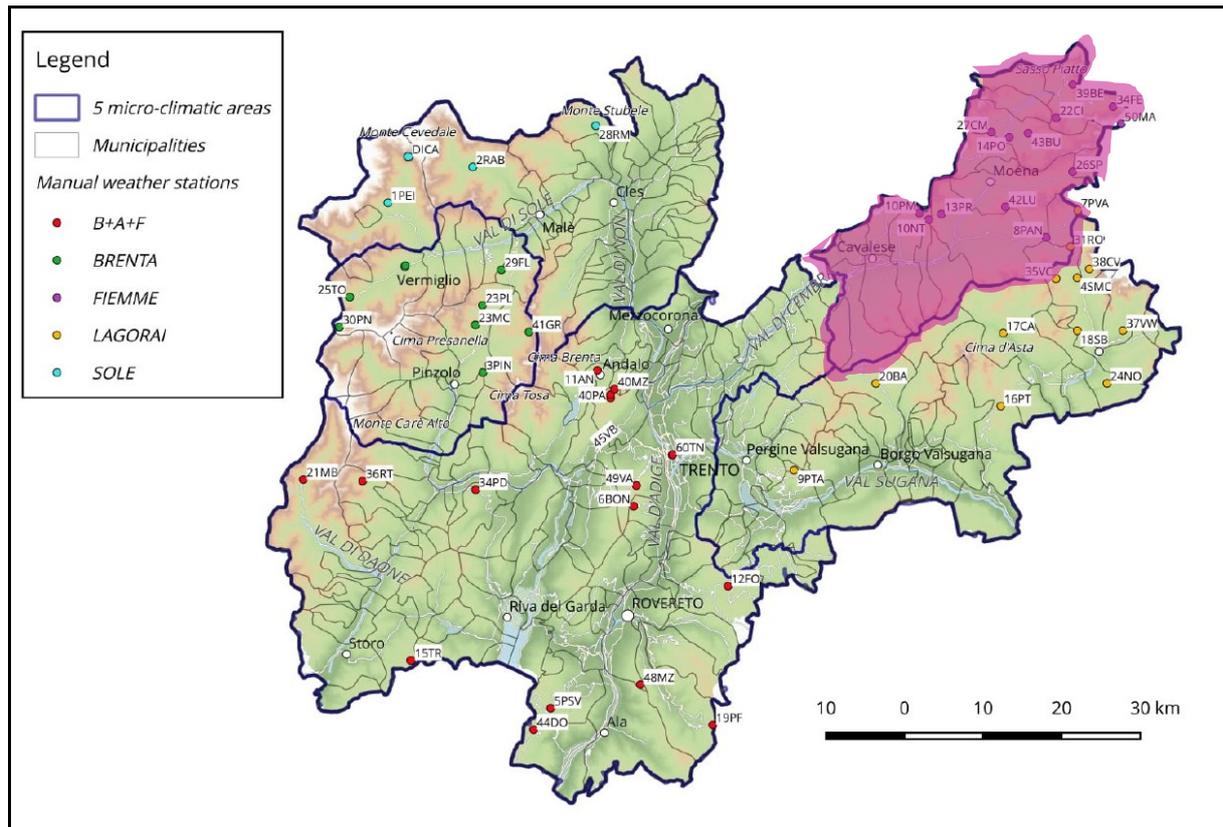


Figura 73. Aree microclimatiche, in viola quella oggetto di studio (ALPsolut S.r.l., 2019).

I dati analizzati sono quelli della serie storica della stazione di Predazzo Gardonè – 13PR posta a 1675 m s.l.m. (esposta a sud-est), i cui dati disponibili sono: condizioni del tempo, temperatura massima e minima nelle ultime 24h, temperatura istantanea, altezza manto nevoso, altezza neve fresca, penetrazione sonda, densità neve fresca.

La frequenza di aggiornamento dei dati della stazione è giornaliera e viene effettuata solamente nel periodo invernale, in funzione della presenza del personale e delle esigenze della società che ha in gestione la stazione.

Dal dato giornaliero di altezza di neve al suolo (HS) si è ricavato l'incremento di altezza del manto nevoso su un numero fissato di giorni consecutivi (in particolare su tre giorni, DH3gg) e se ne sono riportati i massimi per ogni stagione, vedi Figura 74.

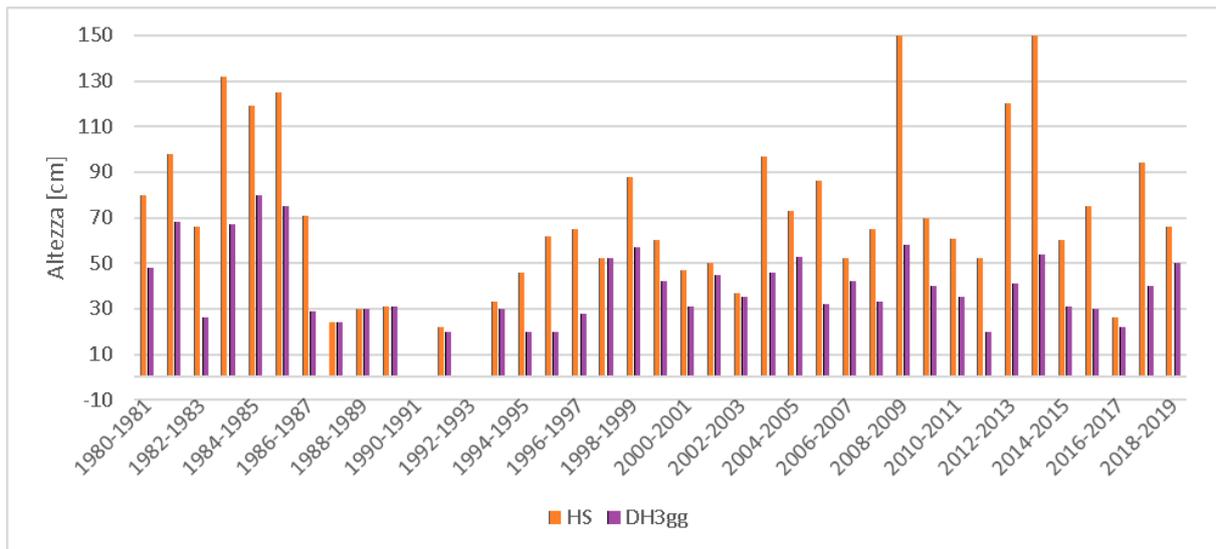


Figura 74. Massimi annuali di HS e DH3gg della serie storica della stazione Predazzo Gardonè – 13PR

20.3 Spessore neve accumulata su tre giorni consecutivi DH3gg per T = 30, 100 e 300

Nel seguente paragrafo si sono individuati i valori di spessore del manto nevoso accumulato su tre giorni consecutivi DH_{3gg} per T = 30, 100 e 300 per l'area microclimatica FIEMME, come riportato negli studi condotti da ALPsolut S.r.l. "Snow cover analysis for the avalanche risk management of the Provincia Autonoma di Trento".

	years									
	5	10	20	30	50	100	150	200	300	
1000	30.4	37.5	44.8	49.1	54.7	62.6	67.4	70.8	75.8	
1100	33	40.8	48.7	53.4	59.5	68	73.2	77	82.5	
1200	35.7	44.1	52.6	57.7	64.2	73.5	79.1	83.2	89.1	
1300	38.3	47.4	56.5	62	69	79	85	89.4	95.7	
1400	41	50.6	60.4	66.2	73.8	84.4	90.9	95.5	102.3	
1500	43.6	53.9	64.3	70.5	78.6	89.9	96.7	101.7	108.9	
1600	46.3	57.2	68.2	74.8	83.3	95.3	102.6	107.9	115.5	
1700	48.9	60.4	72.1	79.1	88.1	100.8	108.5	114	122.1	
1800	51.5	63.7	76	83.4	92.9	106.2	114.3	120.2	128.7	
1900	54.2	67	79.9	87.6	97.6	111.7	120.2	126.4	135.3	
elevation 2000	56.8	70.3	83.8	91.9	102.4	117.1	126.1	132.6	141.9	
2100	59.5	73.5	87.7	96.2	107.2	122.6	131.9	138.7	148.5	
2200	62.1	76.8	91.6	100.5	111.9	128	137.8	144.9	155.2	
2300	64.8	80.1	95.5	104.8	116.7	133.5	143.7	151.1	161.8	
2400	67.4	83.3	99.4	109	121.5	139	149.6	157.3	168.4	
2500	70.1	86.6	103.3	113.3	126.2	144.4	155.4	163.4	175	
2600	72.7	89.9	107.2	117.6	131	149.9	161.3	169.6	181.6	
2700	75.4	93.2	111.1	121.9	135.8	155.3	167.2	175.8	188.2	
2800	78	96.4	115	126.2	140.5	160.8	173	182	194.8	
2900	80.7	99.7	118.9	130.4	145.3	166.2	178.9	188.1	201.4	
3000	83.3	103	122.8	134.7	150.1	171.7	184.8	194.3	208	

Tabella 38. Spessore del manto nevoso accumulato su tre giorni consecutivi DH3gg (T,z) espressi in cm, per l'area microclimatica FIEMME (ALPsolut S.r.l., 2019)

Considerando una quota media del versante di circa 1200 m slm, è possibile considerare i seguenti valori:

- 57,7 cm per T 30 anni
- 73,5 cm per T 100 anni
- 89,1 cm per T 300 anni
-

20.4 Nota nivologica

Dall'analisi della cartografia tematica disponibile (catasto valanghe) e dall'analisi morfologica (esposizione del versante, classi di pendenza, morfologia versante) emerge una situazione nella quale eventi valanghivi risultano estremamente improbabili.

Tale ipotesi è stata avvalorata dalla residua vegetazione presente in sito sopravvissuta all'evento VAIA, combinata con la presenza di barriere paramassi, pongono di fatto il versante in condizioni di sicurezza rispetto a pericoli valanghivi.

La combinazione di fattori morfologici con fattori ambientali preclude infatti un potenziale accumulo di neve tale da produrre un fenomeno valanghivo. Inoltre, la futura crescita di vegetazione ad alto fusto riporterà il pendio in una condizione di bosco, eliminando totalmente quindi la possibilità di messa in moto di masse di neve.

21 VARIANTE 39 - CONCLUSIONI

Nel complesso, le valutazioni sino a qui fornite permettono di valutare positivamente la compatibilità della nuova destinazione d'uso.

In particolare:

- Per quanto concerne il pericolo di caduta massi (H3 e H2), lo stesso è mitigato dalla presenza di opere di difesa (barriere paramassi) a monte dell'area di variante. Le opere sono state recentemente ripulite e ritensionate. Si prescrive un piano di manutenzione e controllo delle suddette opere di difesa, provvedendo ad interventi di ritensionamento e/o sostituzione laddove se ne ravvede la necessità, per garantire la funzionalità delle opere stesse.
- Per quanto riguarda il pericolo di caduta valanghe, stante le considerazioni riportate nel paragrafo 20, l'eventualità di fenomeni valanghivi per l'area di studio è estremamente remota. Inoltre, la presenza delle barriere paramassi funge indirettamente come opera di difesa da eventuali fenomeni di distacco del manto nevoso.

Nella valutazione della compatibilità si è anche tenuto conto della presenza occasionale e non costante di persone all'interno dell'area.

La nuova destinazione d'uso non si ritiene comporti un peggioramento delle attuali condizioni.

22 NOTE CONCLUSIVE

Su incarico e per conto del Comune di Ziano di Fiemme è stato redatto il presente studio di compatibilità a supporto della “VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI ZIANO DI FIEMME – VARIANTI 19/A, 152, 23 E 39”.

Nel presente documento sono state analizzate le varianti proposte dall'amministrazione comunale e il rapporto esistente tra le stesse le pericolosità individuate nell'area dalla cartografia provinciale (CaP e CSP).

Vista e considerata la normativa vigente, si ritiene che le variazioni di destinazione d'uso siano compatibili con le pericolosità attese nelle aree, a patto che vengano rispettate le seguenti prescrizioni:

- Variante 19: la compatibilità è garantita dalla realizzazione di una barriera anti-alluvionale di altezza non inferiore a 1,70 m da pc. Per aumentare la capacità di accumulo di materiale solido, è necessario predisporre un canale di scolo alla base della barriera. Il dimensionamento di dettaglio e le verifiche statiche saranno oggetto dello studio di compatibilità che sarà allegato al progetto di piano attuativo o al progetto edilizio.
- Variante 152: il nuovo piano di spiccato dell'edificio di futura costruzione dovrà essere minimo a + 1,0 m dall'attuale piano campagna. Non si ravvedono criticità alla realizzazione di piani interrati, a patto che gli ingressi non siano localizzati sui lati sud ed est dell'edificio.
- Variante 23: la compatibilità della trasformazione urbanistica in relazione ai fenomeni alluvionali-torrentizi è garantita a patto che le norme di attuazione del PRG limitino le attività possibili per l'area al solo deposito di legname.
- Variante 39: le pericolosità di caduta massi è mitigata dalle opere di difesa (barriere paramassi) presenti ai piedi del versante, le quali sono state recentemente oggetto di manutenzione (pulizia e ritensionatura). Le pericolosità potenziale di eventi valanghivi è mitigata dalla conformazione morfologica, dalla ridotta altitudine e dalla presenza delle barriere paramassi, che fungono indirettamente da opere di difesa anche da eventuali episodi valanghivi: la futura crescita di piante ad alto fusto eliminerà totalmente la possibilità dell'instaurarsi di episodi di distacco di manto nevoso.

Stanti le considerazioni di cui sopra, si ritengono valutate positivamente le nuove destinazioni d'uso proposte dall'amministrazione comunale, a patto che vengano rispettate le prescrizioni descritte nel presente documento. Inoltre, non si ritiene che le nuove destinazioni d'uso comportino un peggioramento delle attuali condizioni di pericolo.

Ai sensi della normativa vigente, i futuri interventi di trasformazione edilizia dovranno essere corredati da studi di compatibilità.

Trento, febbraio 2023



Dr. Geol. Dario Zulberti