

Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di questo studio (legge 22 aprile 1941, n 633-art 2575 e segg. c.c.)



## Indice

1	Oggetto.....	4
2	Descrizione della variante al PRG.....	5
3	Carta di Sintesi della Pericolosità.....	7
4	Analisi eventi storici del rio Biolca.....	9
5	Documentazione fotografica dei compluvi oggetto di studio.....	14
6	Caratteristiche generali dell'analisi idrologica .....	19
6.1	Modello geomorfologico AdB-ToolBox.....	19
6.2	Analisi idrologica del Rio Val Fredda .....	21
6.2.1	Portata di progetto del rio Val Fredda .....	25
6.3	Analisi idrologica del rio Acqua Sacra .....	27
6.3.1	Portata di progetto .....	30
7	Modellazione idraulica bidimensionale con Flumen2D.....	33
7.1	Fondamenti matematico-numerici del codice Flumen2D .....	33
7.2	Dati di input della modellazione 2D.....	35
7.2.1	Dominio di calcolo .....	35
7.2.2	Condizioni al contorno .....	35
7.2.3	Idrogramma di piena .....	36
7.2.4	Parametri numerici.....	36
7.2.5	Parametri idraulici e reologici.....	36
7.3	Risultati della modellazione 2D .....	37
7.3.1	Rio Val Fredda.....	37
7.3.2	Rio Acqua Sacra .....	39
8	Conclusioni.....	42
9	Bibliografia.....	44

## 1 Oggetto

La presente relazione costituisce lo studio di compatibilità idraulica relativa alla variante 2023 al PRG del Comune di Ala che interessa una porzione delle pp.ffa. 731/2 e 2639/2 in C.C. Ala; le particelle elencate si trovano in comune di Ala presso la frazione di Sdruzzinà poco a valle della SP211 dei Monti Lessini.

Le particelle di cui sopra sono di proprietà del Comune di Ala e attualmente, per entrambe, la porzione oggetto di variante è classificata come “*Aree agricole di rilevanza locale*” con la sovrapposizione del tematismo legato alle “*Aree estrattive*”; in particolare, si tratta di una ex-cava in fase di bonifica e ripristino, sulla cui porzione est l’Amministrazione intende realizzare un parcheggio pubblico.

La Carta di Sintesi della Pericolosità colloca la porzione di particelle oggetto di variante al PRG in area “*P3 - Media*” in tema di pericolosità torrentizia legata alla presenza degli adiacenti rii Val Fredda (o torrente Vies, codice acqua pubblica IDR001\_6) a ovest e Acqua Sacra a est.

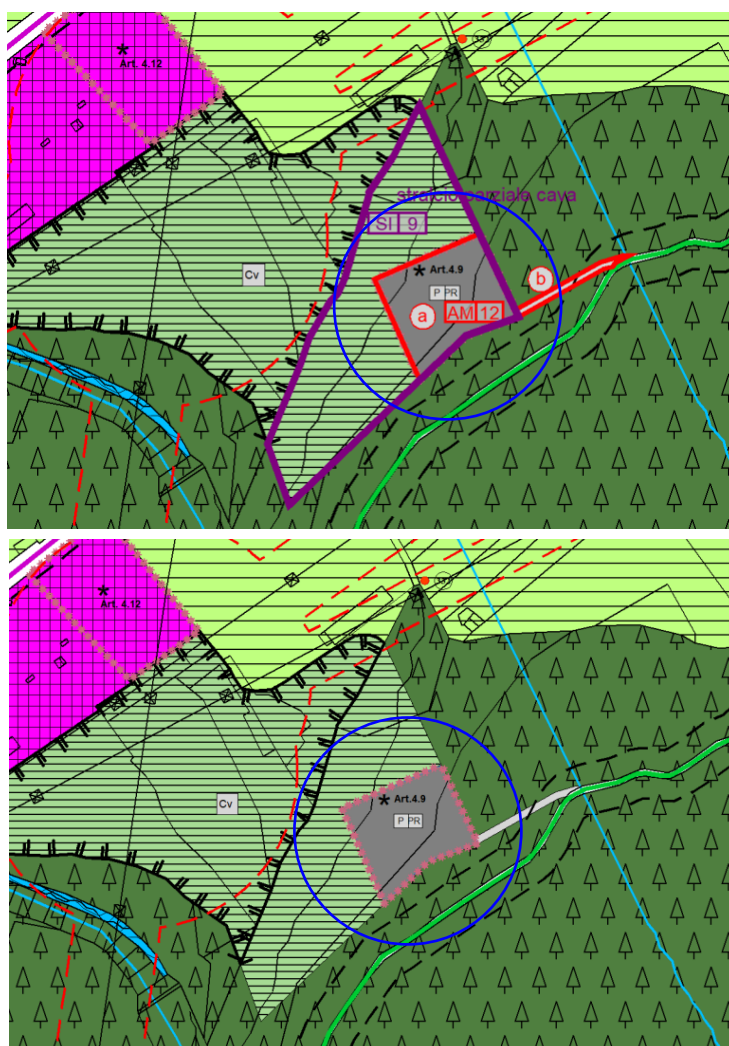
**In sede di presentazione della variante in esame è necessario, in base alla mappatura della CPS, allegare uno studio di compatibilità redatto ai sensi dell’art. 18 delle NTA della CSP.**



## 2 Descrizione della variante al PRG

La prima adozione della variante 2023 al PRG del comune di Ala prevede la modifica della classificazione di una parte delle p.f. 731/2 e 2639/2 in C.C. Ala.

Attualmente, secondo il PRG 2019 vigente, le particelle in esame risultano classificate come “*Aree agricole di rilevanza locale*” con la sovrapposizione del tematismo legato alle “*Aree estrattive*”; in particolare, si tratta di una ex-cava in fase di bonifica e ripristino, sulla cui porzione est l’Amministrazione intende realizzare un parcheggio pubblico.



**Figura 2.1: Tavola di raffronto (IN ALTO) e tavola di piano (IN BASSO) per la variante 2023 al PRG del comune di Ala.**

A supporto della variante in esame, nel presente studio si tratta la p.f. 731/2 in C.C. Ala nella sua interezza e totalità (vedasi immagine seguente). Per quanto riguarda la p.f. 2639/2 ne risulta interessata dalla variante una porzione minimale, circa 1530 mq su quasi 50 ha, pari allo 0.3% del totale della superficie della particella.

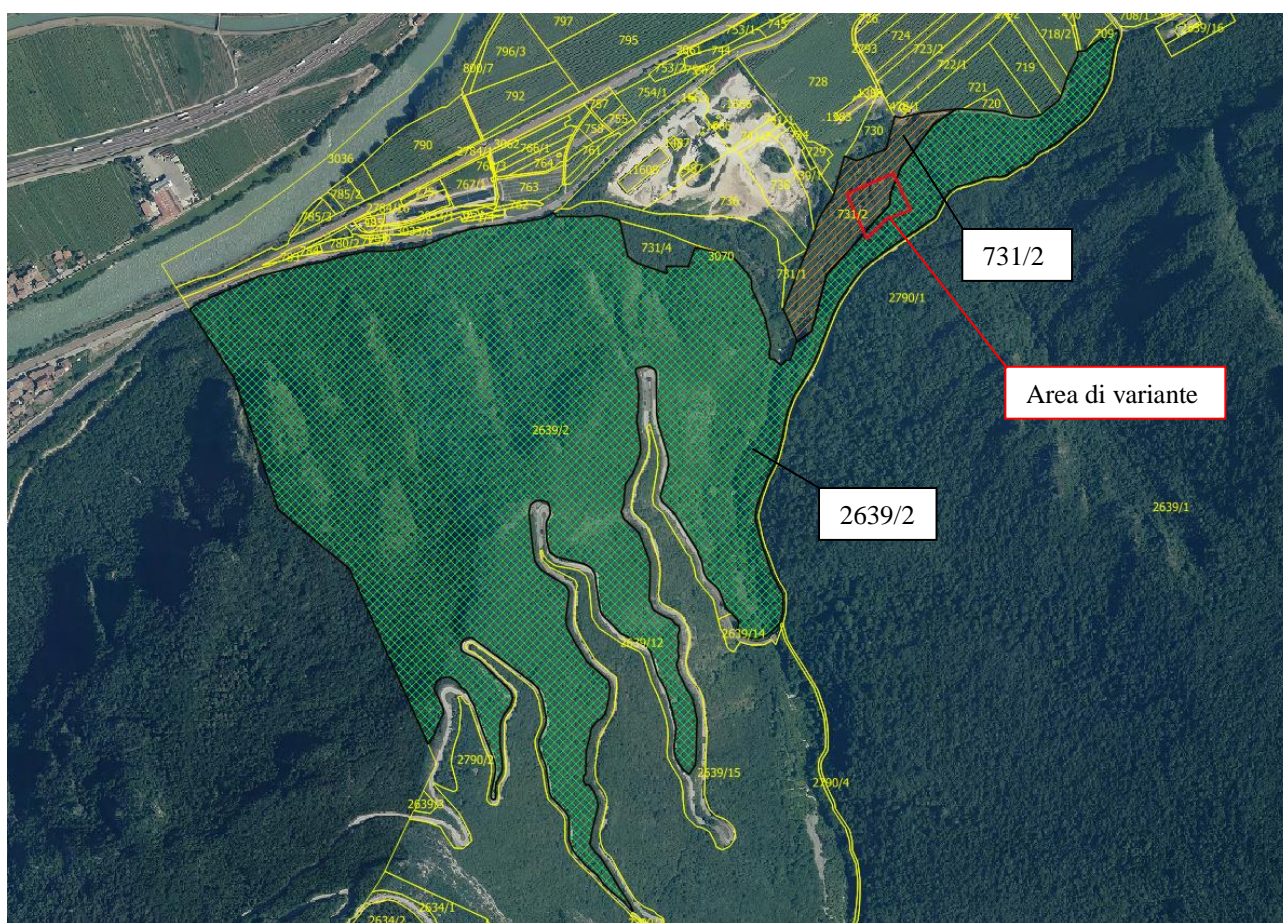


Figura 2.2: Area di variante (IN ROSSO) e indicazione delle particelle interessate (CON TRATTEGGIO COLORATO).

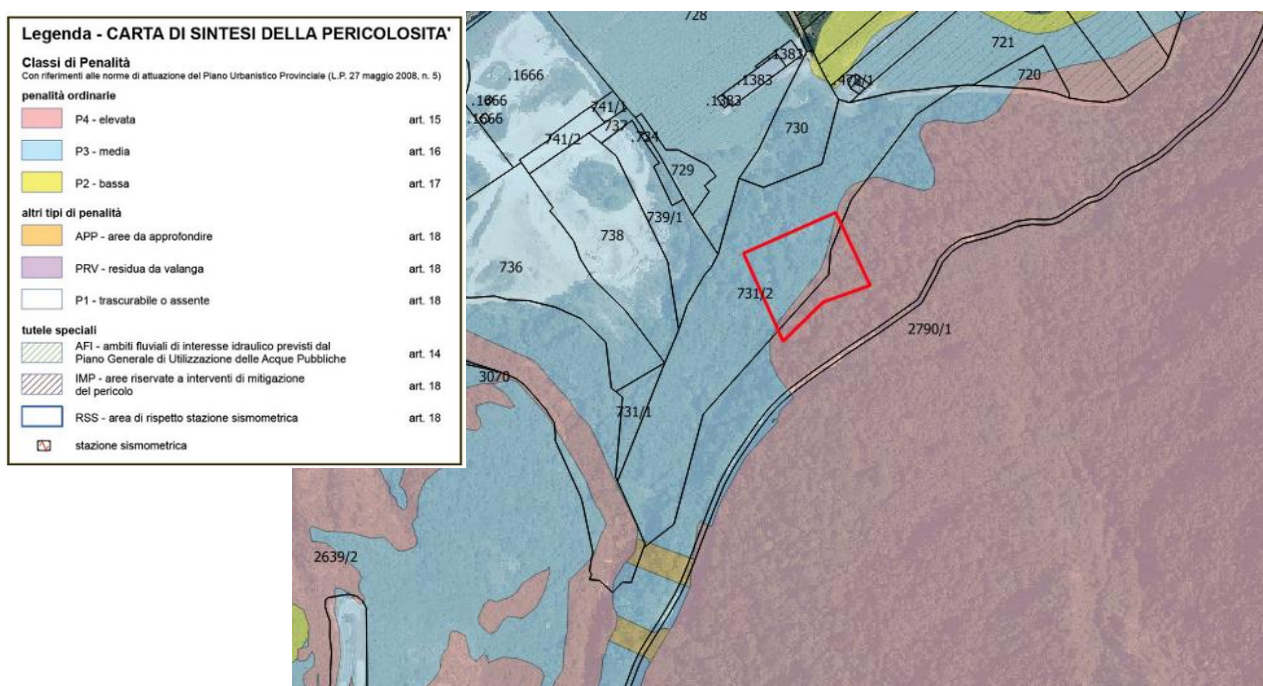


### 3 Carta di Sintesi della Pericolosità

In data 04/09/2020 sono state approvate dalla Giunta Provinciale le Carte della Pericolosità e la Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale.

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

Con l'entrata in vigore, in data 02/10/2020, delle Carte della Pericolosità e della Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale cessano di applicarsi le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque pubbliche (assetto idrogeologico del PGUAP).



**Figura 3.1: Estratto della CSP con evidenziata in ROSSO l'area di variante.**

L'area oggetto di variante si colloca a cavallo di un'area "P4 - Elevata" per crolli e di un'area "P3 - Media" per pericolosità torrentizia legata alla presenza del vicino rio Val Fredda (o torrente Vies, codice acqua pubblica IDR001\_6) sito ad ovest dell'area di variante.

In riferimento nello specifico alla Carta della pericolosità alluvionale torrentizia, che descrive e classifica le porzioni del territorio interessate dai fenomeni alluvionali legati al reticolo idrografico torrentizio, si segnala la classificazione dell'area di variante in area "P3 - Media" per la presenza degli adiacenti rii Val Fredda (o torrente Vies, codice acqua pubblica IDR001\_6) a ovest e Acqua Sacra a est. L'area di

variante si colloca principalmente sulla perimetrazione di pericolosità per il conoide del rio Val Fredda e lambisce la perimetrazione del conoide del rio Acqua Sacra.

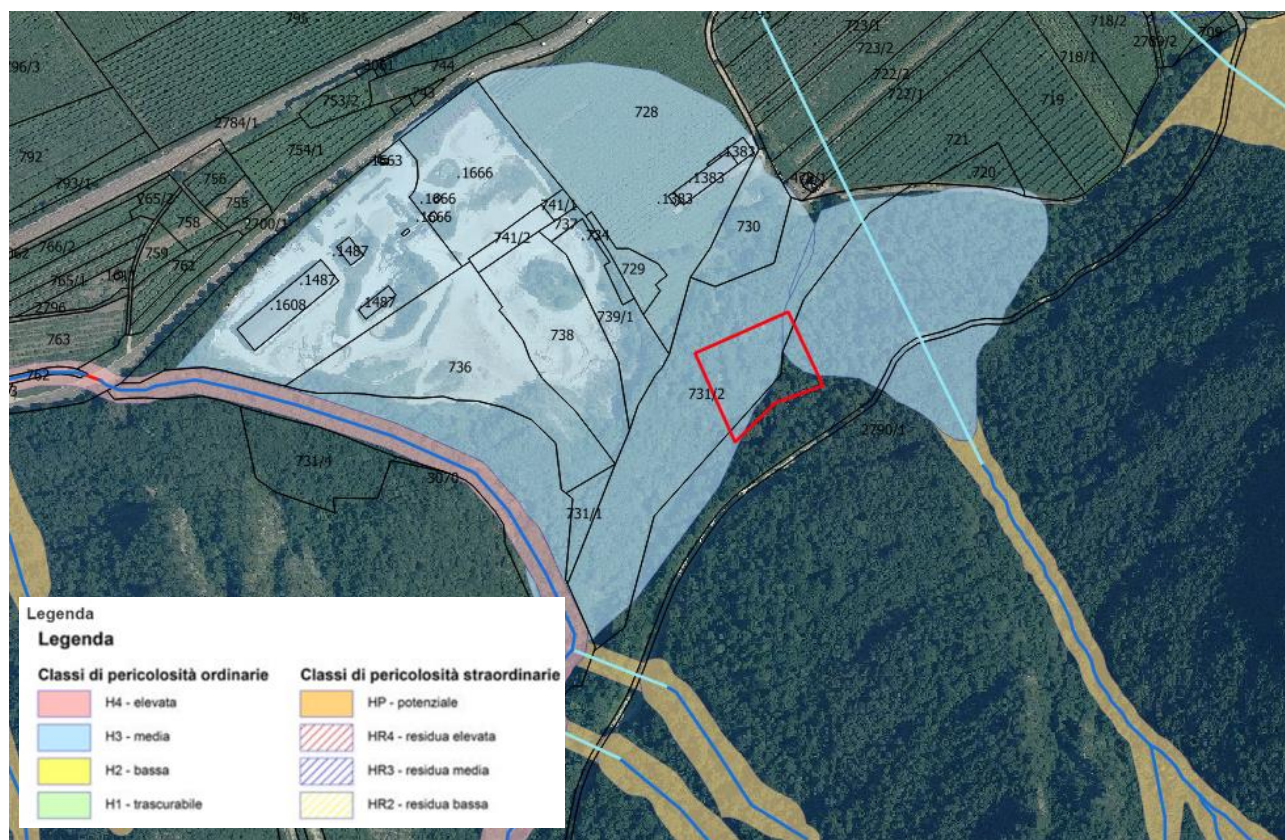


Figura 3.2: Estratto della Carta della pericolosità alluvionale torrentizia; in ROSSO l'area di variante.



## 4 Analisi eventi storici del rio Biolca

Facendo riferimento al database del Progetto ARCA (Archivio Eventi Calamitosi) della Protezione Civile del Trentino è possibile ricercare informazioni in merito agli eventi calamitosi più recenti verificatisi in corrispondenza della località Sdruzzinà del comune di Ala.

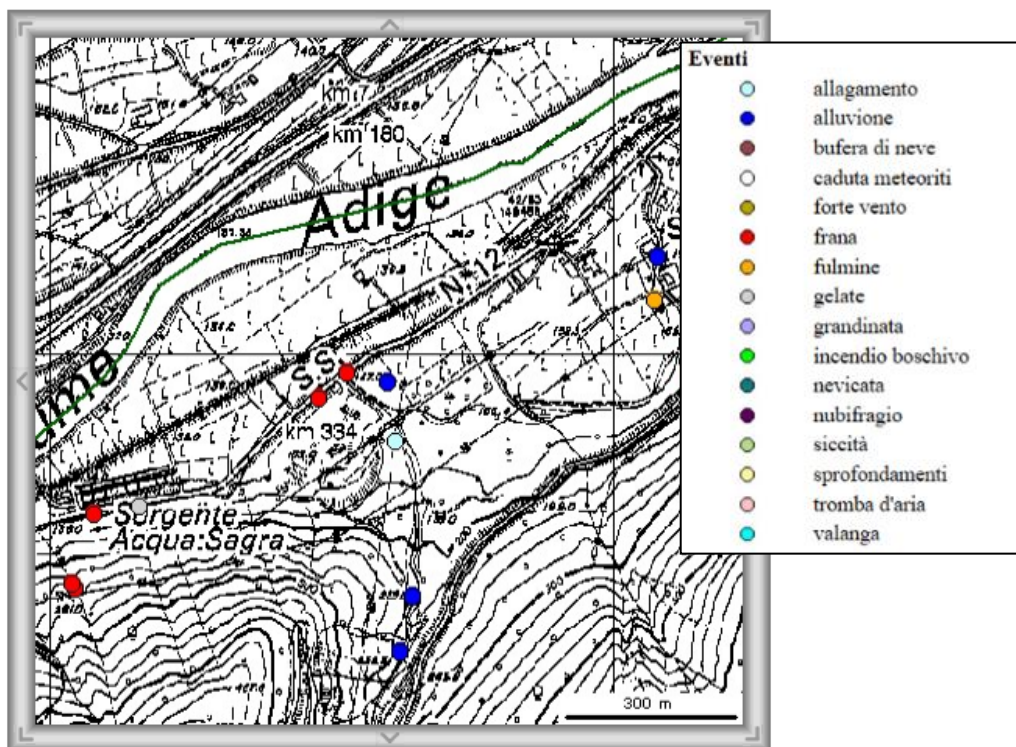


Figura 4.1: Eventi calamitosi in corrispondenza della loc. Sdruzzinà del C.C. Ala [Fonte: Progetto ARCA Protezione Civile TN].

Come visibile dall'immagine sopra riportata, sono segnalati tre eventi recenti, riportati nel progetto ARCA, di tipo alluvionale che abbiano interessato l'area in esame. Se ne riporta una breve descrizione:

- Evento 02341: in data 14/11/1951 l'acqua attraversa la strada statale, con gravi danni;
- Evento 02028: in data 21/09/1960 viene distrutto un ponte a Capitello;
- Evento 02029: in data 21/09/1960 vengono distrutte due briglie in Val Fredda.

# DA TRENTO AD AVIO tra allagamenti e frane

Un'acqua torrenziale alla partenza da Trento. Le nubi basse, sopra i tetti delle case, formano uno strato compatto dal quale sbavano fioccosi velli di nebbia: la pioggia dirotta fora l'atmosfera caliginosa, abbatte violenta sull'asfalto lucente, mitraglia le ultime foglie dei platani ingialliti.

Il traffico sulla circonvallazione Nord è interrotto in via Venezia, dove l'acqua che fluisce vorticosa dai Giardini completamente allagati raggiunge un'altezza di trenta centimetri. Dal ponte del Cavalligieri si scorgono i vortici muglianti del Fersina. Prima del sottopassaggio ferroviario di viale Verona, la macchina deve superare un tratto fangoso che impantana le vetture leggere. I campi di viti ed i frutteti che affiancano la nazionale sono coperti da uno spesso strato di fanghiglia giallastra, dal quale emergono isolate le case coloniche. L'acqua, si sente dire, ha raggiunto il primo piano delle abitazioni. Il Distretto appare circondato da una limacciosa distesa di acque.

Alla prima curva dopo la caserma, sulla strada verso Mattarello, l'asfalto è attraversato, per un tratto di almeno 100 metri, da un ammasso di detriti, sassi, rami, fango, trascinati dall'acqua rabbiosa di un improvvisato torrente che si è fatto alveo d'un sentiero di montagna. Quindici o venti macchine sono ferme in colonna, sotto la pioggia che scroscia, mentre gli stradini riattivano il passaggio. Attorno, i campi sono trasformati in laghi color del caffè-latte, e molto più estesamente avanti, verso Mattarello, dove i gorgi dell'Adige filtrano attraverso i terrapieni. Il fiume, rapido e silenzioso sotto la pioggia, manca di forse un metro gli orli degli argini.

Cento metri prima del paese, il muricciolo che fiancheggia a sinistra lo stradone è stato sbrecciato per almeno venti metri dalla furia d'un torrente, che si è fatto strada scavando profondamente nei campi. Lo sguardo verso l'Adige spazia su desolate distese d'acqua.

La circonvallazione di Mattarello appare normale sino all'altezza della strada che porta alla ferrovia. Dopo, la nazionale è sommersa dall'acqua che il torrente continua a riversare copiosa: la macchina deve solcare un velo di 30-40 centimetri, ballando scompostamente sul fondo detritico e sollevando larghi baffi col moto delle ruote. Occorre superare circa 200 metri di stradone, prima di po-

sare visibilmente le ruote sull'asfalto. Dai ripidi versanti delle montagne che chiudono la valle scendono innumerevoli rivi color argento, sui canali vertiginosi delle slavine. I monti trasudano acqua dovunque, dalle balze rocciose piovono fragorosamente cascate che si perdono nel bosco sottostante. Sotto Acquaviva non si riesce a scorgere, verso il centro della valle, un tratto di campagna libera dall'acqua: emerge dal liquido elemento soltanto il terrapieno della linea ferroviaria, nera e lunga striscia di terra che corre tra l'Adige larghissimo ed i terreni allagati.

Poco prima del colmo del Murazzi, il fondo stradale è ceduto sotto l'impeto d'una larga frana piombata dalle rocce precipiti. Il cedimento è pieno di materiale strappato alla montagna, e la macchina caracolla nuovamente sul fondo sconquassato. Una falda d'acqua scorre continua sulla frana e trasporta ed agguinge detriti. Ancora una interruzione al fondo della discesa, dove il letto ghiaioso del torrente solitamente in secca s'è come sollevato, ostruendo per un centinaio di metri l'asfalto. Con lunghi giri, grazie ad «accostate» che mettono a dura prova e balestre e carrozzeria, la macchina riesce a passare, tra squadre di operai che gareggiano invano con il continuo lavoro distruttivo del torrente. I paracarri sono stati asportati, due o tre emergono dal materiale cinquanta metri più a valle. La pioggia è andata via via scemando di intensità, ma il deflusso delle acque non accenna a normalizzarsi. A Beseno molte case sono state raggiunte, cantine e primi piani sono rimasti invasi: la nazionale, sino a Lizzana, è sgombra, salvo qualche sporadico attraversamento di falda d'acqua, senza però trascinamento di materiale. Prima dell'abitato di Marco, nella «ruina» di dantesca memoria, la pioggia e l'effetto collettore di improvvisati bacini imbriferi, hanno creato dei veri e propri laghetti, che adesso, sotto il cielo alto e percorso da fasci di luce biancastra, occhieggiano quasi civettuoli tra i massi rocciosi disposti secondo una simmetria ciclonica. Dai muri sotto Marco cade sulla strada una larghissima cascata d'acqua e, dove il muro è ceduto, la forza del deflusso tra i grossi sassi che sull'asfalto si spostano continuamente.

Alla fermata di Serravalle si ode, il muglio sordo dell'Adi-

dige, poche persone stanno sul terrapieno ferroviario, l'ombrellino sottobraccio, ad osservare mute la poderosa minaccia del fiume. Stanno così, nell'aria dilatata e tersa, senza scambiarsi un'impressione: osservano in silenzio. Pare un quadro di Fattori. La visione, attorno, è sempre la stessa: campagne colme, fango, desolazione. Alla grande curva dopo S. Margherita, dove si sfogò durante la guerra la rabbia dei bombardamenti, le buche delle bombe sono tanti stagni e più oltre, a Marani, le case sono lambite dal ritmico e sornione flusso dell'acqua sporca. Si passa sul ponte del torrente Ala, che scende ruggendo dalla stretta valle di Ronchi, in un vorticoso trascinio di tronchi d'albero divelti, di massi, di pezzi di muro. Laggiù, in fondo l'Adige preme con faciente rumore contro le paratoie della diga; il canale di derivazione della SIMA è alla sua portata massima. Ancora, a Sdruscinà, un attraversamento d'acqua, e, poco prima di Vo' sinistro, il mulino che sembra galleggiare sulla piena della stretta fetta di terreno addossata alla scarpata della ferrovia. L'allagamento ha invaso sino al secondo piano, facendo danzare case e barili, e portando in giro per i campi scavati dallo scorrere dell'acqua le suppellettili casalinghe che urtano, vagabonde, i tronchi degli alberi.

Vo' Destro andava in barca, stamattina, l'Adige l'aveva raggiunto. Ora il filo dell'acqua è sceso di alquanto, ma la minaccia incombe sempre. Gli abitanti sono tutti fuori, sul terrapieno, ad osservare angosciati la corsa del fiume. Le campagne di Avio sono state risparmiate, stavolta, grazie ai lavori di arginatura dell'Adige che sono stati eseguiti due anni fa; ma ricordo che durante la guerra, nel corso di un'alluvione di portata assai minore di questa, tutti i vigneti erano sommersi ed i contadini, in barche o su zattere, andavano al recupero dei loro attrezzi.

Ora la pioggia è completamente cessata e laggiù, nello stretto angolo di cielo chiuso dalle montagne di Ceralno, il sole è riuscito a fugare le nubi. Si diffondono, da quello strappo d'azzurro tersissimo, i colori delicati del tramonto veronese, un verde che digrada e trascolora nel rosso rubino. Ma i contadini scuotono la testa e dicono che, per Avio il bel tempo da quella parte non ha importanza.

**Carlo Pachar**

Figura 4.2: Resoconto storico dell'evento 02341 del 1951.



# NELLE ZONE DEVASTATE DAL NUBIFRAGIO Si stanno ripristinando ponti e strade ma si dovrà pensare anche ai contadini

Estremamente difficile per loro superare la crisi del mancato raccolto per poi rimettere in efficienza i terreni

La giornata di ieri è stata meteorologicamente parlando una delle più belle di questo anno: sole limpido, cielo in gran parte sereno, temperatura mite. Mentre dunque le carreggiate delle strade di campagna andavano rassodandosi e asciugandosi, fiumi e torrenti sono rientrati definitivamente nei loro argini.

Le acque che stagnavano in profonde fosse e in larghi acquitrini, a Mattarello, a Grumo, a Roncafort, a Gardolo, qua e là sommergendo vigneti e campi di granturco, sono calate assai di livello, e in qualche zona sono apparse addirittura riassorbite. Hanno lasciato sassi e creta ai piedi degli alberi e delle viti, e tracce di fango dovunque, sulle foglie avvilitte, sull'erba dei prati strappata, sui muri di risega delle case.

E ora si pensa a due cose soprattutto: a rimettere a posto i manufatti avariati e le strade crollate, e poi agli indennizzi. Chi — ci si chiede — aiuterà i nostri contadini a vivere superando la crisi del raccolto perduto? e prima di sapere chi, tutti si chiedono a quanto le sovvenzioni dovrebbero ammontare. Ma non si può stabilire nemmeno questo dato, se non si riesce anzitutto a valutare, con almeno approssimativa precisione l'entità dei danni.

## Un comunicato dei commercianti

A questo proposito, non più tardi di ieri, l'associazione dei commercianti ha diramato alla stampa un comunicato, in cui « si fa presente che in base al D.L. 15 dicembre 1951 n. 1334 le ditte commerciali hanno diritto ad un risarcimento del danno da parte dello Stato, sia sotto forma di mutuo agevolato, nel caso il danno superi le 900 mila lire, sia sotto forma di contributo, nella misura di lire 180 mila se il danno è inferiore all'importo di lire 900 mila. Queste cifre potranno essere modificate con nuove leggi già proposte.

L'importante è poter documentare — continua il comunicato — dinanzi alla commissione che dovrà deliberare in proposito, il danno subito. Tale prova è a carico del danneggiato, ed è tanto più difficile se si tratta di danni alle merci provocati da allagamenti di cantine, o comunque di danni che non riguardano i fabbricati.

In attesa che vengano date disposizioni dagli organi competenti, che sono già stati interessati, si consigliano le ditte danneggiate di predisporre fin d'ora la documentazione dei danni.

La documentazione più opportuna, in mancanza di altre precise prove, è quella di far constatare il danno da un pubblico ufficiale, sia esso il segretario comunale, il comandante della Stazione o Brigata Carabinieri, o Guardia di Finanza, o un notaio. Anche eventuali fotografie, sempre utili, dovranno essere convalidate da un pubblico ufficiale per accertarne la data.

Se i carabinieri o la guardia di Finanza non riterranno di fare un regolare verbale di constatazione, è ulteriormente necessario che prendano visione dei danni perché, quando do-

vanno corredare la pratica di risarcimento dei danni con le loro informazioni, possano dichiarare di aver accettato personalmente il danno subito dall'interessato.

L'associazione si riserva di comunicare le modalità per la presentazione delle domande di risarcimento, appena le relative disposizioni saranno emanate dagli organi competenti.

## E i contadini

Ma — bisogna convenire — i danni più ingenti non sono stati probabilmente subiti dai commercianti, ma dai contadini; ma quando l'altra sera qui a Trento i giornalisti hanno chiesto al sottosegretario al L.L. PP. on. Maori se riteneva che fosse possibile estendere al Trentino-Alto Adige i benefici della legge 379 dello scorso luglio, il Sottosegretario ha dovuto limitarsi a dire: « Vedremo che cosa si può fare ». E ha chiarito che, in ogni modo, i danni esorbitano dalle disponibilità di bilancio.

La legge 379 prevede aiuti finanziari per i danneggiati dalle alluvioni, ma fra l'altro, solo per coloro che subiscono sinistri.

Come si potrebbe decidere infatti di aiutare tutti sempre, e senza discriminazione?

In ogni modo, vi sono due specie di aiuti: uno indiretto (è quello che riguarda le ricostruzioni di ponti, ripristino di strade, prosciugamenti, irrigamenti, ecc.) e uno diretto, che sarebbe quello dei sussidi dei crediti privilegiati, dei contributi ai privati.

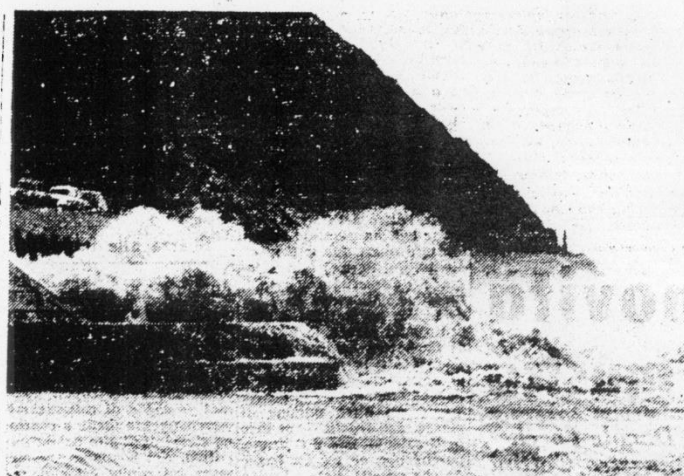
Per il primo, tutto dovrebbe procedere bene: il Genio civile, il Provveditorato alle OO.PP., l'Anas, gli uffici tecnici provinciali sono già attivamente all'opera. Si è appreso, per esempio, che, al « Ponte dei Gobbi », tra le Sarche e Pietramurata, entro oggi verrà ultimato lo sbarramento della falda creata nel l'argine del fiume; la strada ferrata tra Mattarello e Calliano, è stata quasi completamente rimessa in stato, il ponte di Dimaro è ormai riattivato.

Il transito sulla strada statale del Caffaro è stato ripreso ieri in località « Porte di Cimego », anche per i mezzi pesanti, e oggi sarà riattivato anche il traffico tra Carlisolo e Madonna di Campiglio con il completamento dei lavori di ripristino del Ponte del Nambro.

Dalle 6 di ieri è stato ripristinato il traffico fra Tione e Pinzolo che era stato interrotto dalla caduta di una frana e dal crollo parziale di un ponte registrato sabato scorso a Villa Rendena. Il transito è tuttavia consentito per ora soltanto ai pullman e ai veicoli senza rimorchio, e avviene, sotto la sorveglianza di pattuglie di carabinieri, a senso unico alternato.

## Danni per 30 milioni ad Ala

In alcuni tratti di campagna i proprietari hanno potuto avventurarsi nei frutteti e nei vigneti allagati per fare un primo computo degli ingentissimi danni subiti; inoltre, sul fondo valle dell'Adige, risulta decimato se non completamente distrutto il patrimonio faunistico, giacché a causa degli straripamenti del fiume registrati in Alto Adige e nel Trentino sono



Le acque irrompono nel Garda dalla galleria Rovazzone-Torbole.

annegati un paio di migliaia di fagiani e altrettante lepri.

C'è, infine, da rilevare il positivo contributo recato dalla galleria Adige-Garda la quale, sottraendo al fiume in piena più di 200 metri cubi di acqua al secondo, ha evitato chissà quali disastrose inondazioni nel Veronese e nel Polesine dove, malgrado questo sensibile alleggerimento della portata dell'Adige, le acque avevano ormai raggiunto il margine superiore degli argini.

Ma i danni diretti, delle singole campagne, delle singole aziende agricole, e soprattutto dei piccoli proprietari terrieri, dei contadini e mezzadri? Come superare l'amarissima congiuntura e rimettere in efficienza i terreni?

Invano abbiamo frattanto cercato precisazioni in ordine ai danni la cui entità tutti fanno ascendere a parecchi miliardi di lire.

Il nostro corrispondente di Ala ci ha informati, per esempio, che soltanto in quella zona di quadro dei danni è il seguente: la strada comunale della Valfredda (Sdruzzina-Sega) è stata asportata per la lunghezza di oltre un chilometro ed in parte ricoperta da migliaia di metri cubi di massi e di ghiaia. I danni si aggirano dai 15 a 20 milioni di lire. Danni per 50 mila lire si sono avuti alla Sega dove è stata asportata una spalla del ponte; 60.000 lire dovrebbe costare il restauro delle due spalle di un altro ponte in località Capitello (Valfreda).

Il rio Valfredda ha distrutto due briglie in calcestruzzo, mentre altre due sono state seriamente danneggiate. I danni si fanno ascendere a circa 2 milioni 800.000 lire. In seguito alla deviazione delle acque, le strade dell'abitato di Sdruzzina sono state danneggiate per 200 mila lire. Danni per ottocentomila lire si sono verificati nella campagna a monte della strada nazionale n. 12, che è stata invasa da detriti e ghiaia. La sottostante campagna invece ha riportato un danno di lire un milione.

A quasi 50.000 lire si fanno ascendere, invece, i danni causati alla casa di Luigi Marasca che è stata invasa dalle acque. Il patrimonio boschivo comunale ha riportato danni per 5 milioni di lire.

Quattro chilometri di strada boschiva comunale in Valbona sono stati danneggiati seriamente e riassettarli costerà circa 2 milioni di lire. Anche la strada boschiva comunale Pozzo Perobbia ha subito danni che si fanno ascendere a circa 100 mila lire. Per 100.000 lire ha subito danni la strada comunale ai Colli di Santa Margherita. A 30-40 mila lire ascendono invece i danni al tetto delle scuole elementari di Ala, della scuola media e ginnasio e della casa comunale di Pilaante.

Trattandosi di primi accertamenti è evidente che gli importi sopra indicati, ammontanti a quasi 30 milioni, non sono definitivi, ed è assai probabile che tale cifra possa essere superata specie se si tiene conto degli ulteriori allagamenti di altre campagne nelle quali sono stati trasportati sabbia e sassi, oppure si è verificata la asportazione di terreno e di piante.

Da questo computo sono esclusi i danni arrecati dal rio Valfredda alla strada statale del Brennero ed alla ferrovia.

## La vendita dell'uva

Questo ad Ala, un centro importante. Ma vi sono zone pressoché remote, quasi vorremmo dire sconosciute, che hanno sofferto danni ingentissimi: per esempio Margone. E' un paesino a mille metri di altitudine, ma anche lassù — ci dicono — vi sono molte case scoperte e incrinata dalle infiltrazioni di acqua, campicelli e pascoli coperti di ghiaia e incrostati di fango.

Ieri sera il livello dell'Adige all'idrometro del ponte di San Lorenzo a Trento è risultato di metri 3,22.

Figura 4.3: Resoconto storico degli eventi 02028 e 02029 del 1960.



UNA CIRCOSTANZIATA RELAZIONE DELL'ASSESSORE PEDRINI ALLA GIUNTA REGIONALE

# Superano i 10 miliardi e mezzo i danni causati dal nubifragio

Un intervento straordinario promesso dal ministero dell'Agricoltura e Foreste - Drammatica documentazione - La piena dell'Adige ad Egna: m. 6.48 - Il livello del lago di Cavedine si è innalzato di 4 metri

Sotto la presidenza dell'avv. Odorizzi, si è riunita, nel pomeriggio di ieri, la Giunta regionale.

L'assessore Pedrini ha riferito in merito alla rilevazione dei danni causati al settore agricolo, forestale e montano da recenti nubifragi e dalle alluvioni.

Dell'entità del fenomeno è stato immediatamente informato il ministro dell'Agricoltura e foreste, che, d'altronde, aveva subito richiesto notizie con un telegramma urgente. Nella mattinata di ieri un funzionario dell'assessorato ha consegnato personalmente al ministro dell'Agricoltura, a Roma, una dettagliata relazione sulle drammatiche recenti vicende. Dal ministero dell'Agricoltura e foreste è stata data assicurazione che si provvederà ad alleviare il disagio dei nostri contadini attraverso uno stanziamento straordinario sulla legge 20 luglio 1960 n. 739, che prevede larghi interventi in modo da rimediare alla disastrosa situazione creata.

Ecco i dati essenziali della relazione inviata al Ministero dell'Agricoltura e foreste.

## L'intensità della pioggia

1) dal 16 al 21 settembre si ebbero, in tutta la Regione, piogge di eccezionale violenza ed intensità accompagnate da forti venti.

Le precipitazioni, dopo temperature notevolmente elevate nei giorni precedenti, ebbero carattere piovoso fin oltre i metri 3 mila d'altitudine, e raggiunsero un massimo di 165 mm. in tre ore sul gruppo dell'Adamello-Presanella; donde, per la parte riguardante questo settore, le eccezionali piene della Vermigliana, del Noce, del Sarca e del Chiese.

In provincia di Bolzano si registrarono oltre 40 mm. orari di pioggia, cosicché si generò, nel fiume Adige, una piena, i cui caratteri risultarono di estrema eccezionalità. Dopo una prima manifestazione violentissima di piena, iniziata nella prima notte, poi regredita per una temporanea schiarita sull'arco alpino, il fiume Adige ebbe una fortissima ripresa di piena nella notte fra il 19 e il 20 u.s., raggiungendo all'idrometro di Egna un'altezza di circa metri 6,48 alle ore 3 della notte (l'idrometro che segna il massimo di m. 6,40 era completamente sommerso) e all'idrometro di Trento, fra il 16 e il 17 i m. 5,36 e tra il 19 ed il 20 settembre i m. 5,79. Le acque hanno, così, potuto sviluppare, in più punti, un'azione di sormonto e di tracimazione, per vera fortuna protrattasi per breve tempo e la quale ha portato ad una precaria e critica situazione la difesa arginale.

Le azioni di sormonto si sono verificate con una spiccata caratteristica, negli argini a valle del Ponte di Egna per una lunghezza di circa due chilometri, sia in riva destra che in sinistra, e a valle di Salorno, nell'argine sinistro al km. 16,300. Invece, nella tratta Merano-Bolzano, le opere idrauliche di seconda categoria hanno subito rilevanti danni, presentando cinque rotte dell'argine sinistro sulla sommità del quale corre la ferrovia Bolzano-Malles.

La prima di queste rotte avvenne all'inizio della piena del punto di confluenza del torrente Valsura con il fiume Adige, altre tre si manifestarono, il 19 settembre 1960, per l'impetto delle acque che avevano invaso la campagna limitrofa e che prendevano di rovescio il manufatto arginale, la quinta su una breve tratta arginale nella quale non corre l'opera ferroviaria, a valle di Vilpiano. Nel Trentino, l'Adige ruppe l'argine sinistro a Cadino, ripulendo la valle del ponte ferroviario di Grumo, tracimando l'argine destro, ruppe l'argine sinistro presso Mattarello e tracimò in destra verso Aido.

allargando complessivamente migliaia di ettari di colture a vigneto dei fondovalle; anche il Noce, presso la confluenza con l'Adige, a monte della Rupe, esondò sulla riva destra.

Gravissimi danni recò il Noce nel più alto corso, insieme col suo affluente Vermigliana, con rotture d'argini ed asportazioni di terreni coltivati a frutteti e prati. La Sarca ruppe l'argine destro in più punti a monte di Caderzone in Rendena e al ponte del Gobbo, dove si creò un nuovo alveo raggiungendo quello del Rimone e riversandosi nel lago di Cavedine, allargando di quattro metri. All'uscita del bacino idroelettrico di ponte Pia aveva una portata non inferiore a 650 mc. sec. Il Chiese, a Darzo, ruppe gli argini allargando tutto il Pian d'Oneda.

## Distruzioni e rovine

Ben più gravi e dolorose avrebbero potuto essere le distruzioni e le rovine, se nelle alte vallate l'onda di piena non avesse trovato quel minimo di contenimento assicurato dalle opere fin qui eseguite.

Le colture che hanno sofferto i maggiori danni dalle alluvioni e dai nubifragi sono rappresentate dai frutteti specializzati e promiscui (valle dell'Adige, val di Non), dai vigneti specializzati e promiscui (val d'Adige), dai seminativi dei fertili fondi vallivi (colture di granoturco della val d'Adige), delle valli montane (patate). Notevoli altresì i danni subiti dalle colture foraggere (prati stabili). Ingentissimi sono i dan-

ni rilevati nel settore boschivo (boschi di resinose).

2) opere pubbliche di bonifica: le opere pubbliche di bonifica danneggiate dalle recenti alluvioni ricadono nei comprensori dei quattro consorzi di bonifica. La superficie complessiva dei detti comprensori è di ha. 16.460. Essi si estendono sul fondo vallivo dell'Adige, nel tratto dalla foce del torrente Leno (Rovereto), alla foce del torrente Passirio (Merano).

I danni più gravi riguardano le arginature dei canali collettori e gli impianti idrovori, che sono stati sommersi, a causa dello straripamento delle acque del fiume Adige e dei rivi montani. Danneggiate risultano, altresì, alcune strade consorziali di cui frequenti tratti vennero erosi ed asportati.

I lavori che rivestono carattere di urgenza e che si rendono necessari per il ripristino di dette opere consistono: nella ricostruzione delle arginature asportate per uno sviluppo complessivo di chilometri quattro circa (lire 80 milioni di spesa preventiva); nella sistemazione degli argini danneggiati per uno sviluppo di oltre km. 150 e nella ricostruzione e rifacimento della rete stradale asportata per complessivi chilometri 2 (lire 190 milioni); nella ricostruzione di un edificio idrovoro, nel ripristino di altri due edifici idrovori (riparazione dei macchinari pompe danneggiate e sostituzione di un gruppo distrutto) e nella ricostruzione di altre opere d'arte distrutte (lire 91 milioni).

La somma preventiva per i detti lavori di ripristino ammonta a lire 361 milioni.

I rilievi sono stati effettuati in pieno accordo con i competenti uffici del Genio civile.

3) opere pubbliche di bonifica montana e sistemazioni idrauliche e idraulico-agrarie: a) opere pubbliche di bonifica montana: nel territorio della provincia di Bolzano, data la mancanza di zone classificate non sono stati rilevati i danni.

Nel territorio della provincia di Trento sono stati rilevati: 1) nel comprensorio di bonifica montana di Ala: asportazione di tratti vari della strada Sega-Sdruzzina (lire 15 milioni); distruzione, aggraviamento e scalzamento di briglie e muri d'argine sul rio Valfreda (lire 10 milioni); 2) nel comprensorio di bonifica montana dell'Alto Fersina: distruzione del nuovo ponte di Canazza (lire 50 milioni); distruzione di opere di sistemazione idraulico-forestale sul torrente Fersina (lire 10 milioni). In totale lire 85 milioni.

## Sistemazioni idrauliche

b) sistemazioni idrauliche e idraulico-forestali: la spesa preventiva per il ripristino delle opere distrutte, manomesse, alterate, rese inefficienti per profonde modifiche od ostruzioni degli alvei, rotture di argini, asportazioni ed aggraviamenti di briglie, cedimenti di repenti o di altri manufatti, importano per tutto il territorio regionale la somma complessiva di lire 1835 milioni, di cui 880 milioni riguardano la provincia di Trento e lire 970 milioni quella di Bolzano.

4) opere fondiarie di competenza privata: case coloniche distrutte o danneggiate n. 370; spesa complessiva preventiva per il ripristino lire 300 milioni.

Altri manufatti rurali (prevalentemente trattati dei fabbricati delle malghe) lire 80 milioni.

Impianti arborei: ettari 137 di frutteti e vigneti in coltura specializzata, fortemente danneggiati con il completo abbattimento e sradicamento delle piante. Per ripristino degli impianti previa eliminazione dei materiali alluvionali sterili si preventiva la spesa di lire 411 milioni.

Boschi di resinose fortemente danneggiati ettari 1500. Spesa preventiva per il ripristino lire 150 milioni.

Grande poderali danneggiate: spesa preventiva per il ripristino lire 200 milioni.

Canali irrigui e canalizzazioni di scolo danneggiati lire 115 milioni.

Altre opere fondiarie danneggiate (muri di sostegno, opere di provvista d'acqua, ecc.) lire 200 milioni.

Superfici di seminativi e prati sommersi da materiali sterili n. 300. Spesa preventiva per la sistemazione agli effetti della loro coltivabilità lire 150 milioni.

Terreni coltivati a frutteto, vigneto o seminativo o erosi o fortemente sommersi e quindi definitivamente perduti per la agricoltura ha. 105, valore dei detti terreni lire 210 milioni.

Opere di ripristino di cui al punto 4) in complesso lire 1 miliardo 816 milioni.

5) capitali di dotazione perduti o danneggiati:

Utensili vari lire 13 milioni; Scorte morte (fieno) q.li 2000, lire 4 milioni.

Bestiame perduto lire 1 milione. In complesso lire 18 milioni.

6) Raccolti perduti - impianti arborei:

a) Frutteti: frutta (mele e pere) perduta in seguito ai violenti nubifragi che hanno imperversato nella vallata dell'Adige e nella Val di Non nell'imminenza della raccolta. Valore approssimativo assoluto della perdita lire 1 miliardo e ottanta milioni. Tale perdita si ripartisce come segue tra le diverse categorie di aziende:

grandi aziende 2 per cento; medie aziende 15 per cento; piccole aziende 83 per cento.

lardi 365 milioni.

7) Danni sofferti da opere ed impianti a servizio di più aziende. Si segnalano i danni provocati nelle zone alluvionali delle altre valli alle strade interpoderali e relativi manufatti.

La spesa necessaria per il ripristino si preventiva in lire 70 milioni.

## Le perdite aziendali

La perdita relativa riferita al totale reddito aziendale si ripartisce come segue: classe sino al 40 per cento - perdita 75 per cento del totale; classe dal 41 al 50 per cento - perdita 13 per cento del totale; classe dal 51 al 70 per cento - perdita 7 per cento del totale; classe dal 71 al 100 per cento - perdita 5 per cento del totale.

b) Vigneti - valore approssimativo assoluto dell'opera perduta lire 900 milioni. Grandi aziende: 2 per cento; medie aziende 8 per cento; piccole aziende 90 per cento.

La perdita riferita al totale reddito aziendale: classe sino al 40 per cento - perdita 70 per cento del totale; classe 41-50 per cento - perdita 15 per cento del totale; classe 51-70 per cento - perdita 10 per cento del totale; classe 71-100 per cento - perdita 5 per cento del totale.

Seminativi - granoturco - valore approssimativo assoluto del prodotto lire 35 milioni.

La ripartizione tra grandi, medie e piccole aziende è analoga a quella riportata per i vigneti. Equamente dicasi per la perdita relativa riferita al totale reddito aziendale.

Patate - valore approssimativo assoluto del prodotto perduto lire 32 milioni.

La ripartizione tra categorie di aziende: grandi aziende zero per cento; medie aziende 2 per cento; piccole aziende 98 per cento. Perdita riferita al totale reddito aziendale: si ripetono i dati riportati per il granoturco.

Foraggio - valore approssimativo assoluto del prodotto perduto lire 18 milioni. Per le ripartizioni fra categorie di aziende ed altri effetti dell'incidenza sulle classi di reddito si deve ripetere quanto si è esposto per la coltura della patata.

Boschi - valore approssimativo assoluto del legname perduto lire 300 milioni.

Ripartizione tra categorie di aziende: grandi aziende 50 per cento; medie aziende 20 per cento; piccole aziende 30 per cento.

L'incidenza sul reddito totale aziendale è sempre inferiore al 40 per cento.

In complesso il valore assoluto della perdita delle diverse colture ammonta a lire 2 miliardi.

## Riepilogo

Opere pubbliche di bonifica danneggiate 361 milioni;

Opere pubbliche di bonifica montana e sistemazioni idrauliche e idraulico-forestali 1 miliardo 920 milioni;

Opere fondiarie di competenza privata 1 miliardo 816 milioni;

Capitali dotazione 18 milioni;

Raccolti perduti 2 miliardi 365 milioni;

Opere a servizio di aziende 70 milioni.

In complesso 6 miliardi e 550 milioni.

Nella stessa seduta della Giunta, è stato, inoltre, riferito che il Provveditorato alle Opere pubbliche ha richiesto al proprio ministero lire 350 milioni per il consolidamento urgente degli argini dell'Adige in provincia di Bolzano e lire 400 milioni per le stesse opere

Figura 4.4: Resoconto storico degli eventi 02028 e 02029 del 1960.



Dal database Life Franca risultano i 4 eventi evidenziati in figura seguente: i due eventi definiti “alluvione” sono gli stessi del 1960 segnalati anche in ARCA, mentre i restanti due eventi risultano essere:

- “piena liquida”: questo evento del 20/09/1960 segnalato lungo il rio Val Fredda in corrispondenza del primo tornante della SP211 ha comportato un km di strada distrutta con ricoprimento da migliaia di mc di massi e ghiaia;
- “colata detritica”: in questo evento del 24/03/1956, segnalato in corrispondenza della cava, a seguito delle continue piogge il Rio Valfredda è uscito dagli argini allagando la statale del Brennero e l'abitato di Sdruzzinà.



Figura 4.5: Localizzazione degli eventi segnalati nel database Life Franca (a sinistra) e resoconto storico della colata detritica (a destra).



## 5 Documentazione fotografica dei compluvi oggetto di studio

Il rio Val Fredda è caratterizzato, nel suo tratto più pendente, da numerose opere di sistemazione fluviale e di stabilizzazione dell'alveo realizzate negli ultimi decenni dal Servizio Bacini Montani. Si riporta nel seguito l'estratto della cartografia di localizzazione delle opere e alcune foto delle principali strutture presenti all'apice del conoide.

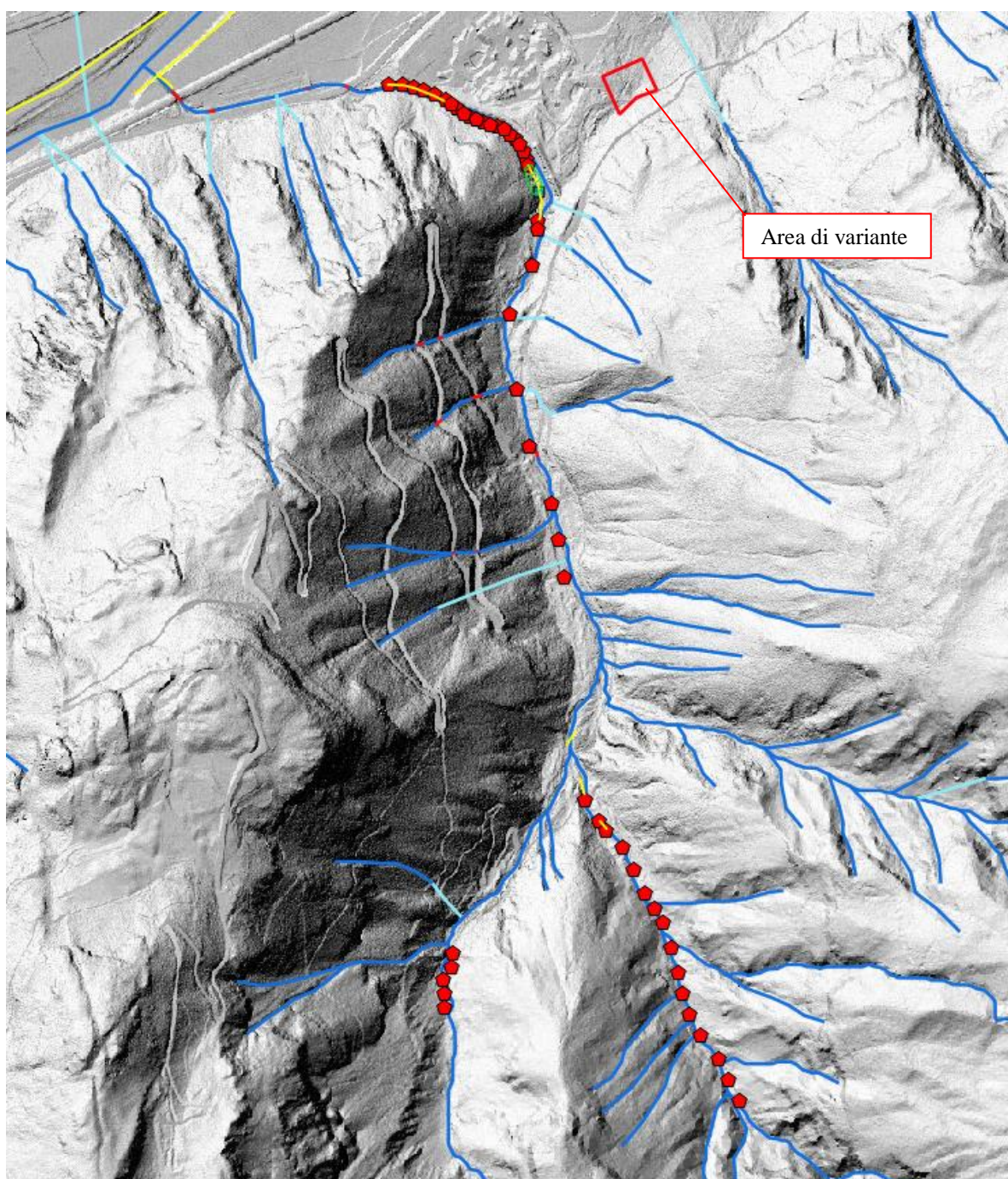


Figura 5.1: Inquadramento su Carta del Soleggiamento delle opere di sistemazione fluviale del rio Val Fredda.



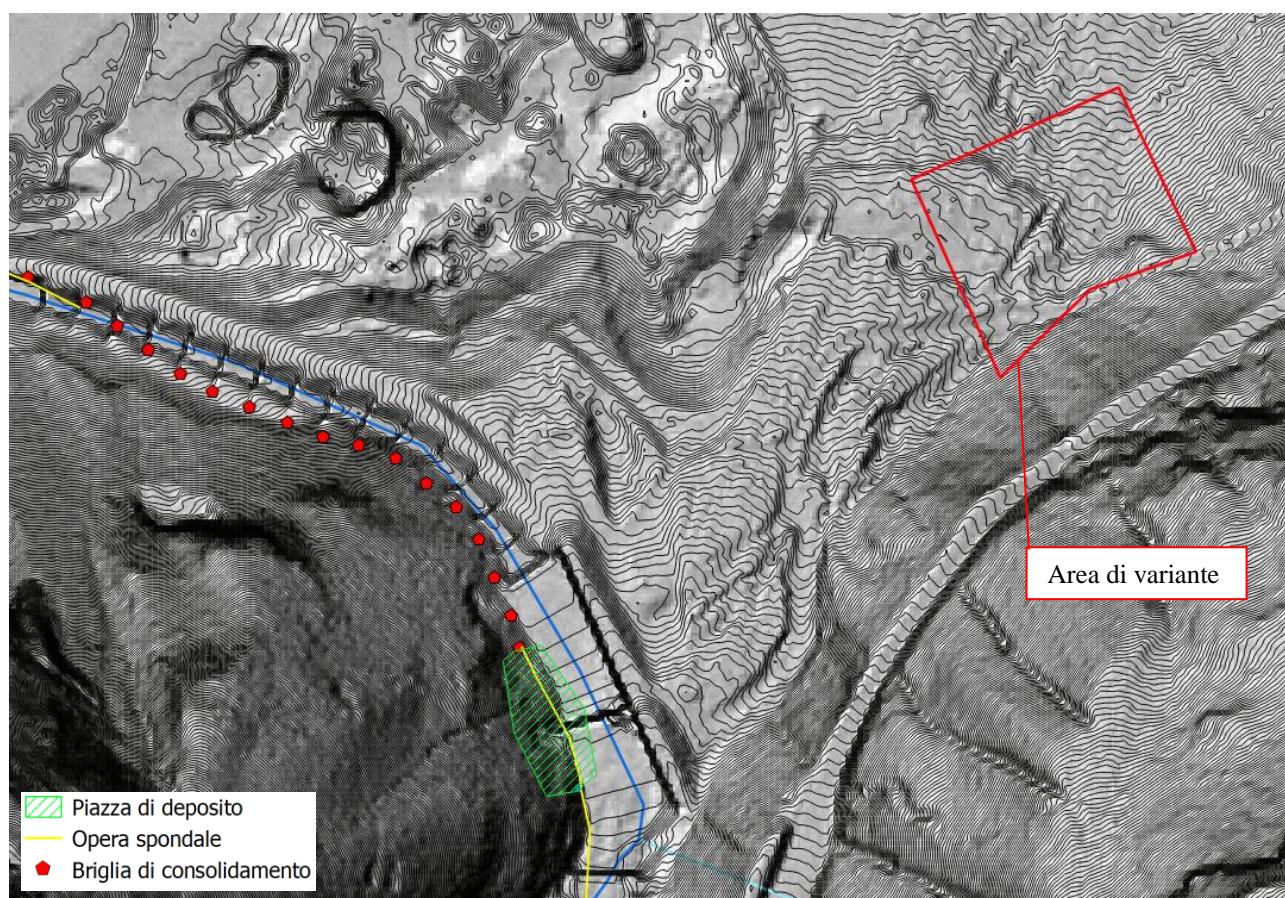


Figura 5.2: Particolare dell'indicazione delle opere di sistemazione fluviale del rio Val Fredda.

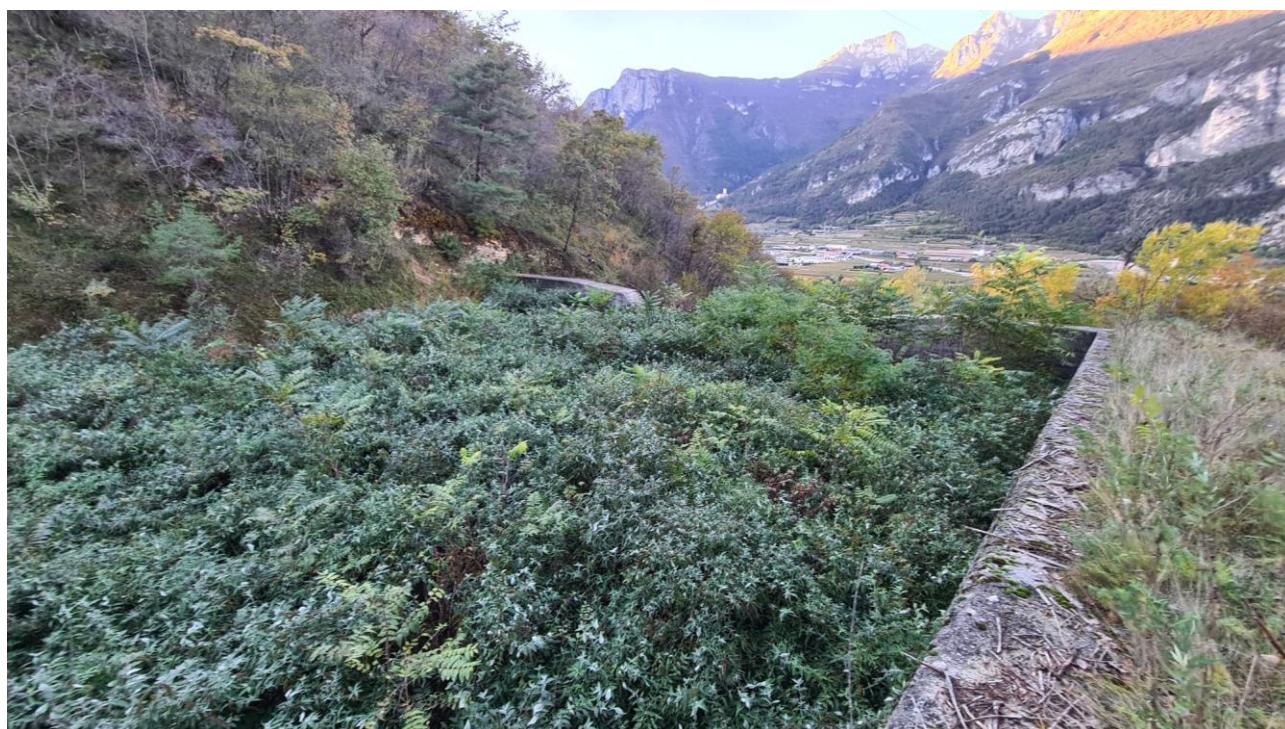


Figura 5.3: Vista da monte della seconda piazza di deposito lungo il rio Val Fredda.



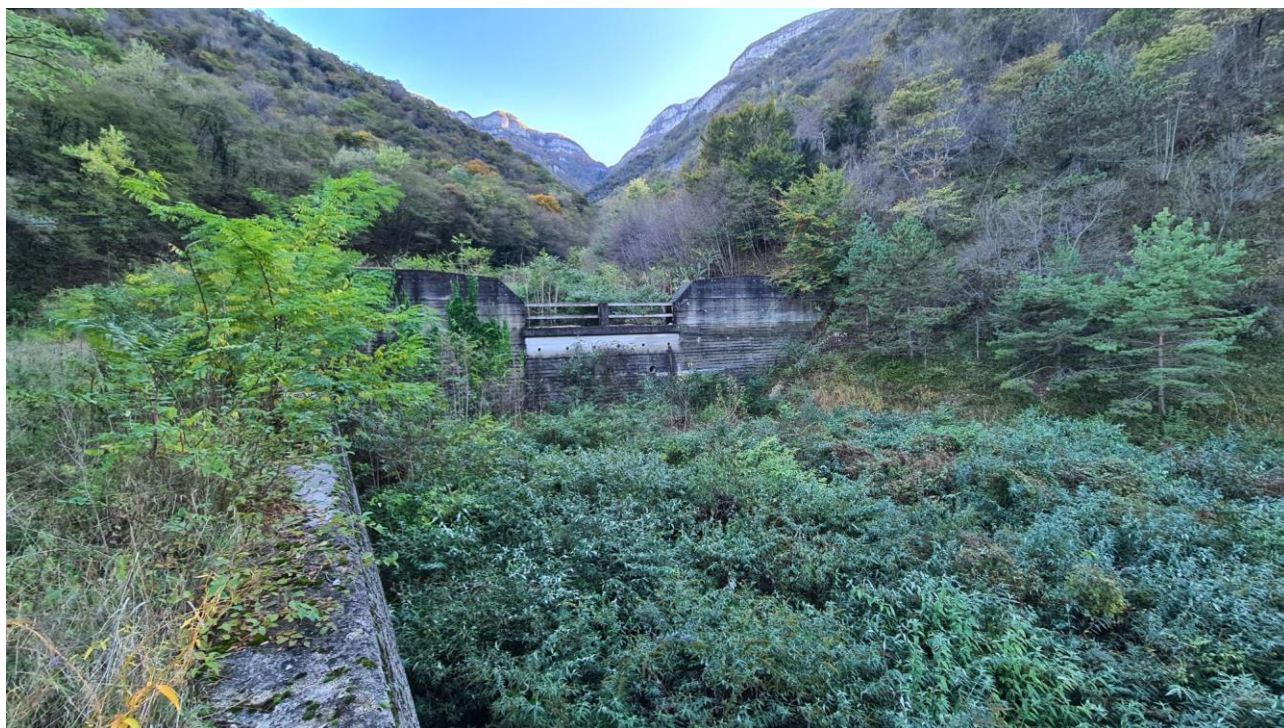


Figura 5.4: Vista da valle della seconda piazza di deposito lungo il rio Val Fredda.

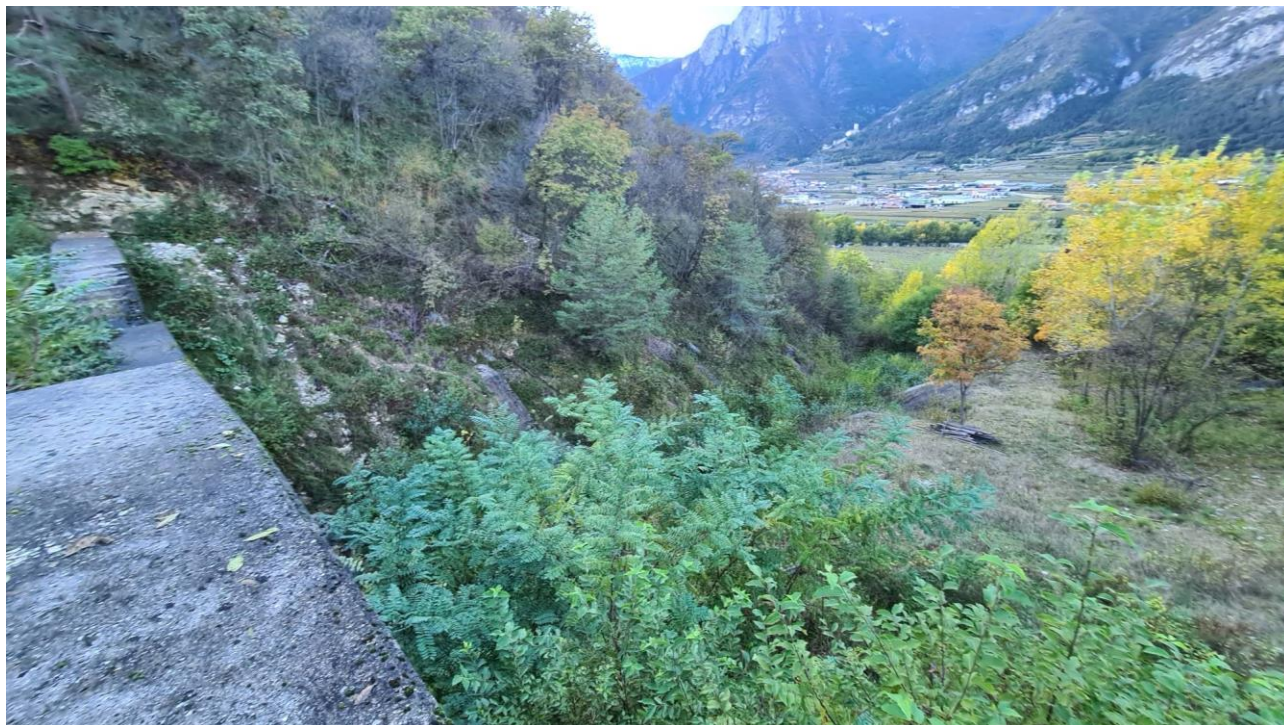
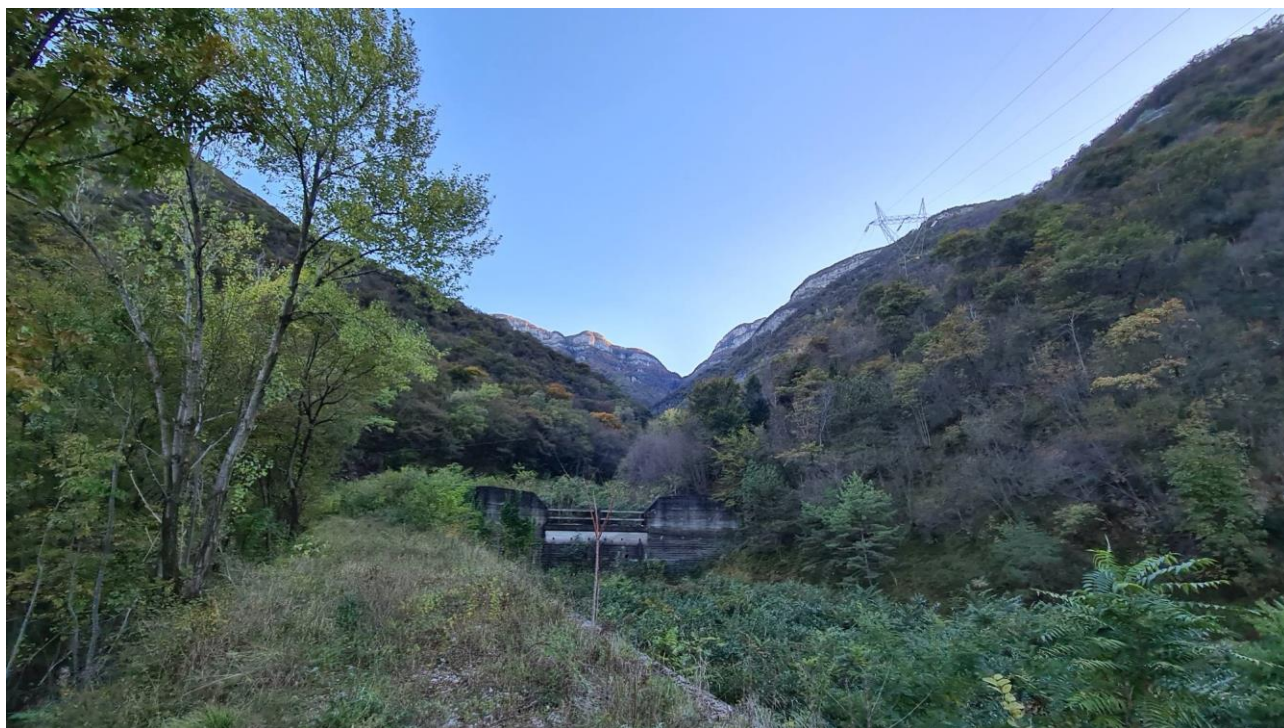


Figura 5.5: Vista verso valle del rio nel tratto dopo le piazze di deposito.





**Figura 5.6: Vista verso monte della seconda piazza di deposito.**



**Figura 5.7: Strada di servizio per l'accesso alle piazze di deposito.**

Per quanto riguarda il rio Acqua Sacra, come illustrato nel successivo capitolo 6.3 il rio non risulta visibile nel tratto di attraversamento della piana di Sdruzzinà e anche nel tratto in corrispondenza del conoide risulta di difficile individuazione, come illustrato nelle immagini seguenti.





**Figura 5.8:** Versante in corrispondenza del conoide del rio Acqua Sacra.



**Figura 5.9:** Vista da valle dell'incisione del rio Acqua Sacra, che si dirige verso est per la presenza di una dorsale nel tratto terminale del conoide.

## 6 Caratteristiche generali dell'analisi idrologica

Nell'ambito del presente studio si è sviluppata un'analisi idrologica del rio Val Fredda finalizzata ad individuare un idrogramma di piena totale (portata liquida + portata solida) da utilizzare nelle simulazioni di colata per la verifica della compatibilità idraulica dell'area oggetto di variante del PRG.

Inoltre, la medesima tipologia di analisi è stata sviluppata anche per il rio Acqua Sacra, dal momento che l'area oggetto di variante risulta potenzialmente interessata dagli effetti di un evento che interessi tale compluvio. Si illustra nel seguito la metodologia comune seguita per le citate analisi dei due rii.

### 6.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni, conformemente a quanto previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche [2].

Per i due bacini oggetto di studio il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica.

Il modello adottato propone un'applicazione distribuita dell'approccio geomorfologico combinando le equazioni del Soil Conservation Service per il calcolo della pioggia efficace, il metodo cinematico per la propagazione del deflusso superficiale alla sezione di chiusura e un serbatoio lineare per la simulazione del deflusso di base. Si tratta di un approccio consolidato nella letteratura tecnica e nella pratica operativa le cui potenzialità nei settori della pianificazione territoriale e della progettazione di interventi di difesa idraulica sono note. È tuttavia opportuno evidenziarne alcuni limiti applicativi allo scopo di non incorrere in errate interpretazioni dei risultati forniti dallo strumento stesso. Lo schema modellistico adottato è di tipo semplificato ed è indirizzato a cogliere in modo concettuale i processi ritenuti più importanti nel determinare la risposta idrologica di piena di un bacino idrografico montano. Si ritiene che una superficie di 200-250 km<sup>2</sup> costituisca il limite superiore per l'applicazione del modello.

Per eseguire le simulazioni sono dati necessari i seguenti livelli informativi [3]:

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



A partire dal **modello digitale del terreno** (DTM) si creano gli altri raster per il modello afflussi-deflussi denominati UPSLOPE e FLOWDIR, che sono rispettivamente la carta delle aree cumulate e la carta delle direzioni di drenaggio.

Anche la **carta del Curve Number** è costituita da un raster, che unisce le informazioni della cartografia provinciale in formato shapefile della geologia e dell'uso del suolo.

Per il caso in esame si è fatto riferimento alle mappe già predisposte dal Servizio Bacini Montani PAT sull'intero territorio provinciale con risoluzione 10 m.

I **valori delle curve di possibilità pluviometrica** sono stati forniti dalla Provincia Autonoma di Trento - Dipartimento Protezione Civile e Infrastrutture - Servizio Prevenzione Rischi - Ufficio Previsioni e Pianificazione sotto forma di file raster. Si tratta di tre file raster ( $a_1$ ,  $n$ ,  $CV$ ) che coprono la superficie dei bacini imbriferi esaminati ciascuno dei quali descrive la distribuzione spaziale di un singolo parametro. Il modello scala-invariante utilizzato è quello di Gumbel e la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica è descritta dalla seguente equazione:

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

con  $h_T(d)$  valore di precipitazione caratterizzato da un tempo di ritorno  $T$  per una durata di pioggia  $d$ ,  $n$ ,  $CV$  e  $a_1$  parametri stimati come di seguito riportato,  $\varepsilon$  numero di Eulero pari a 0,5772157.

I valori dei parametri  $n$ ,  $CV$  e  $a_1$  sono stati stimati sulla base dei dati delle altezze di pioggia massime annuali di durata compresa nell'intervallo 1-24 ore. I valori dei parametri  $n$  ed  $a_1$  sono determinati tramite regressione lineare dei logaritmi delle medie campionarie delle altezze di pioggia massime annuali relative alle diverse durate rispetto ai logaritmi delle corrispondenti durate. Il valore del coefficiente di variazione globale  $CV$  è calcolato come media dei quadrati dei coefficienti di variazione calcolati per i massimi annuali relativi alle durate comprese fra 1 e 24 ore. Per quanto riguarda gli scrosci, l'esponente di scala  $n$  si può ritenere costante sull'intero territorio trentino, con valore pari a 0,366.

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

Nei capitoli seguenti sono riportati, per i due compluvi oggetto di studio:

- le curve di possibilità pluviometrica utilizzate;

- i risultati dell'analisi idrologica in termini di portata corrispondente ad un evento con  $T_r=200$  anni.

## 6.2 Analisi idrologica del Rio Val Fredda

Si è fatto riferimento al bacino imbrifero del rio Val Fredda chiuso a quota 203 m s.l.m. in corrispondenza della prima vasca di deposito; le caratteristiche morfometriche principali del suddetto bacino drenante sono riassunte nella seguente tabella.

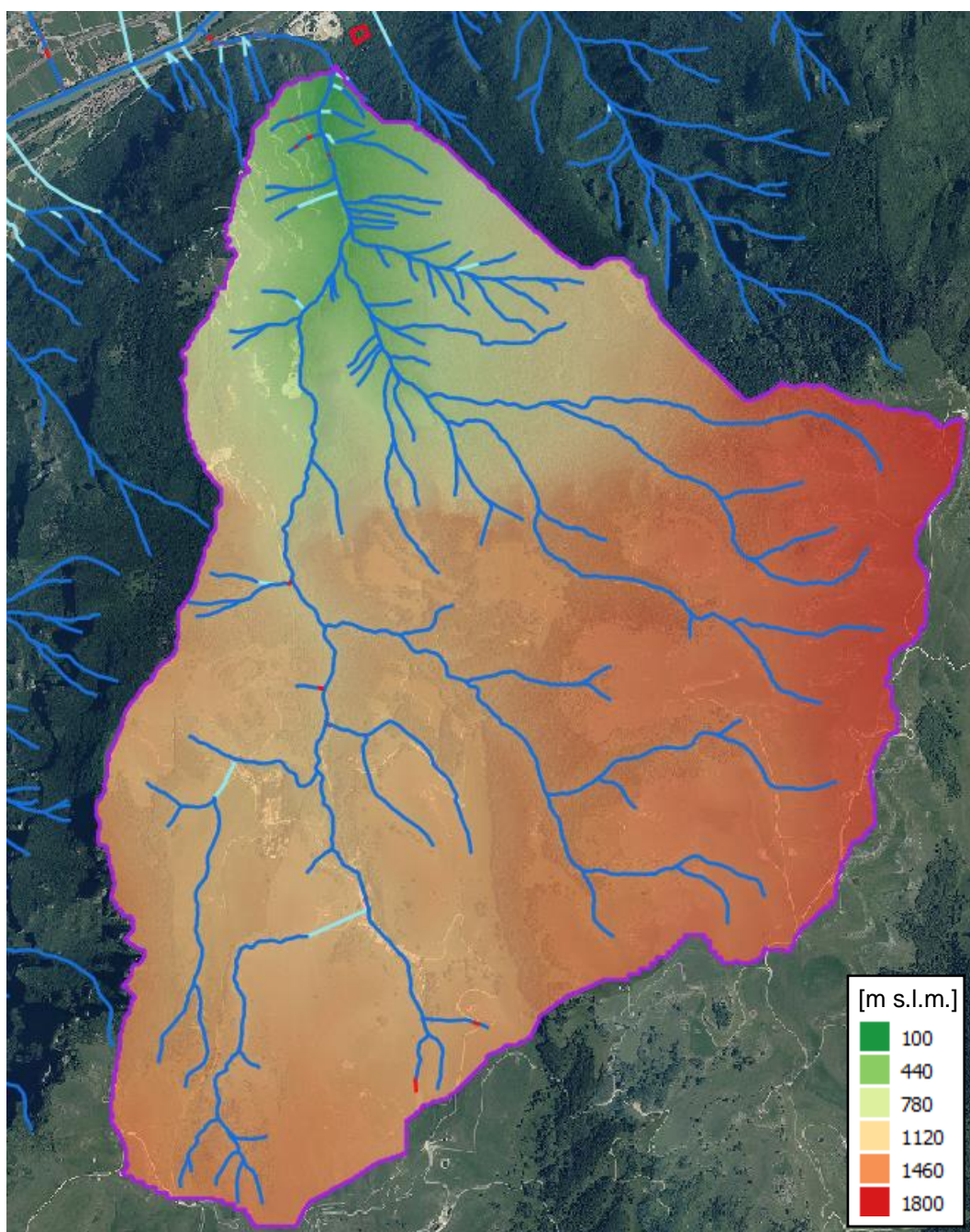
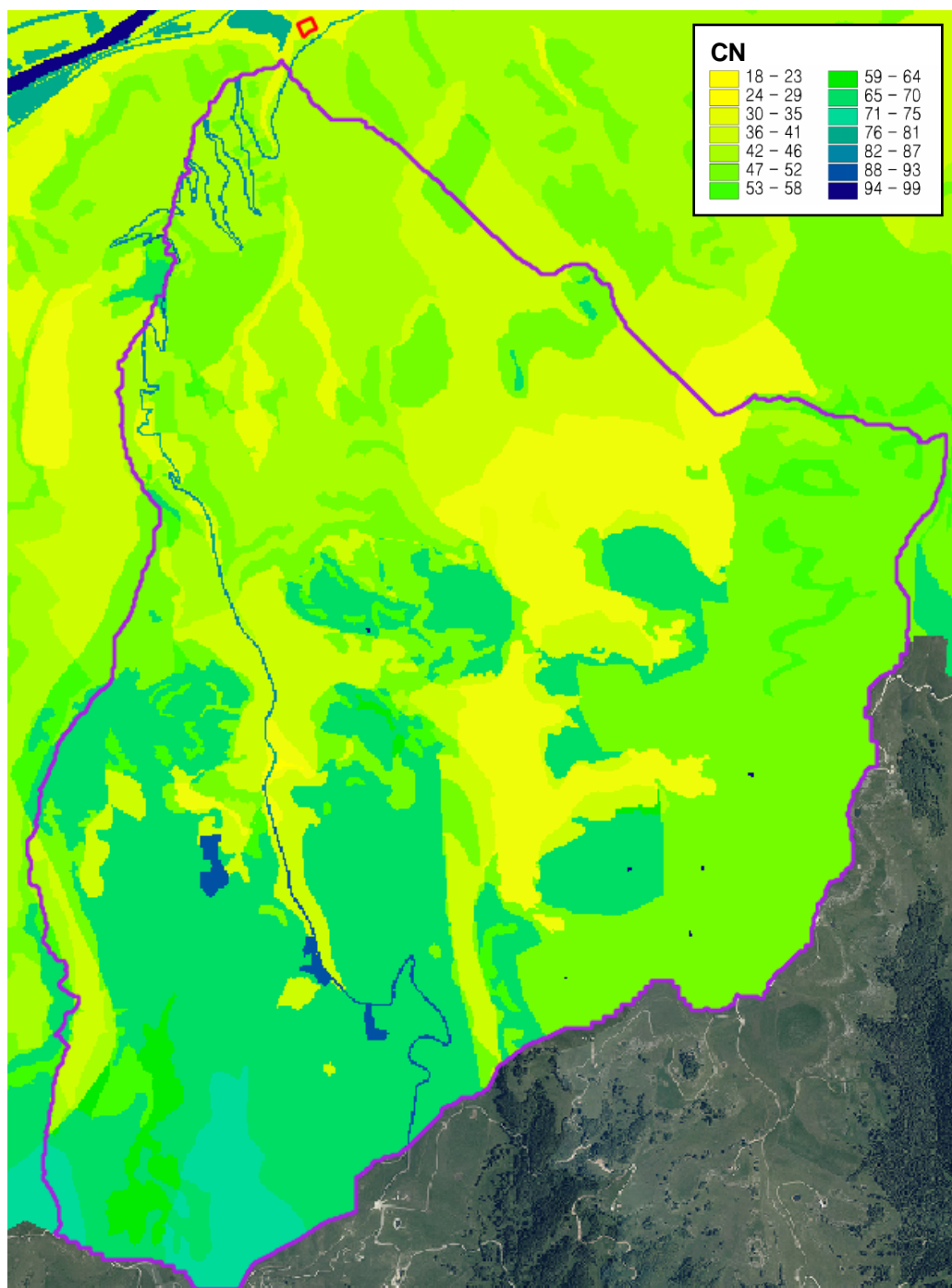


Figura 6.1: Delimitazione su ortofoto del bacino oggetto di studio.

Area Bacino [km <sup>2</sup> ]	17.3
Altitudine minima [m s.l.m.]	203
Altitudine massima [m s.l.m.]	1760
Altitudine media [m s.l.m.]	1261
Pendenza media [°]	46.1

**Tabella 6.1: Caratteristiche geografiche del bacino del rio Val Fredda chiuso in corrispondenza della prima vasca di deposito.**



**Figura 6.2: Bacino imbrifero oggetto di studio su carta del parametro CN.**



Si tratta di un bacino dalle dimensioni abbastanza elevate, caratterizzato da un'evidente forma a ventaglio per la presenza di un'ampia testata, scarsamente rocciosa e poco pendente (altipiano Lessini, oltre quota 1200 m s.l.m.) che funge da catino di raccolta delle acque, e da una parte terminale molto più stretta ed incassata, assai più pendente, che si sviluppa lungo le pareti rocciose sovrastanti la Valle dell'Adige e che rappresenta la zona a maggiore probabilità di dissesto e produzione di sedimento.

È, quindi, ragionevole attendersi che, in caso di evento, la parte più alta del versante, a monte della soglia morfologica di quota 1200 m, non contribuisca in maniera sostanziale al trasporto solido complessivo in arrivo alla sezione di chiusura ma solo alla portata liquida, mentre i versanti e i canali, molto fratturati dall'azione tettonica, molto pendenti, della parte medio-bassa risultino maggiormente contribuenti per quanto riguarda il trasporto solido. Nel complesso il bacino si presenta discretamente vegetato, con quasi il 45% della superficie ricoperta da bosco; solo la parte alta di testata risulta scoperta e costituita prevalentemente da zone a pascolo.

Dopo la metà del '900 l'area di studio ha subito profonde modificazioni per le sistemazioni antropiche realizzate a seguito dei principali eventi storici registrati: si ricordano, in particolare, la realizzazione di numerose opere trasversali di consolidamento lungo l'asta e sul conoide, atte ad impedire approfondimenti dell'alveo (come accaduto durante l'evento del 1960, con approfondimenti in conoide di oltre 10 m), oltre a due piazze di deposito all'apice del conoide, di volumetria variabile tra 8-10.000 mc, che consentono di gestire, seppur con il semplice invaso, una certa aliquota di materiale solido atteso da monte.

Per il bacino del rio Val Fredda la scelta dei **parametri cinematici** (nel software indicati come "parametri avanzati") è stata guidata dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento nel 2003 [1].

I parametri utilizzati per la propagazione del deflusso sono riassunti di seguito:

Velocità versante min/max [ $\text{ms}^{-1}$ ]	0.068 – 0.068
Velocità canale [ $\text{ms}^{-1}$ ]	2
Area soglia versante / canale min/max [ $\text{km}^2$ ]	0 – 0.01
Forma dello ietogramma	triangolare
Classe AMC	3
Step output dell'idrogramma	5 min

**Tabella 6.2: Parametri cinematici utilizzati per l'analisi idrologica.**

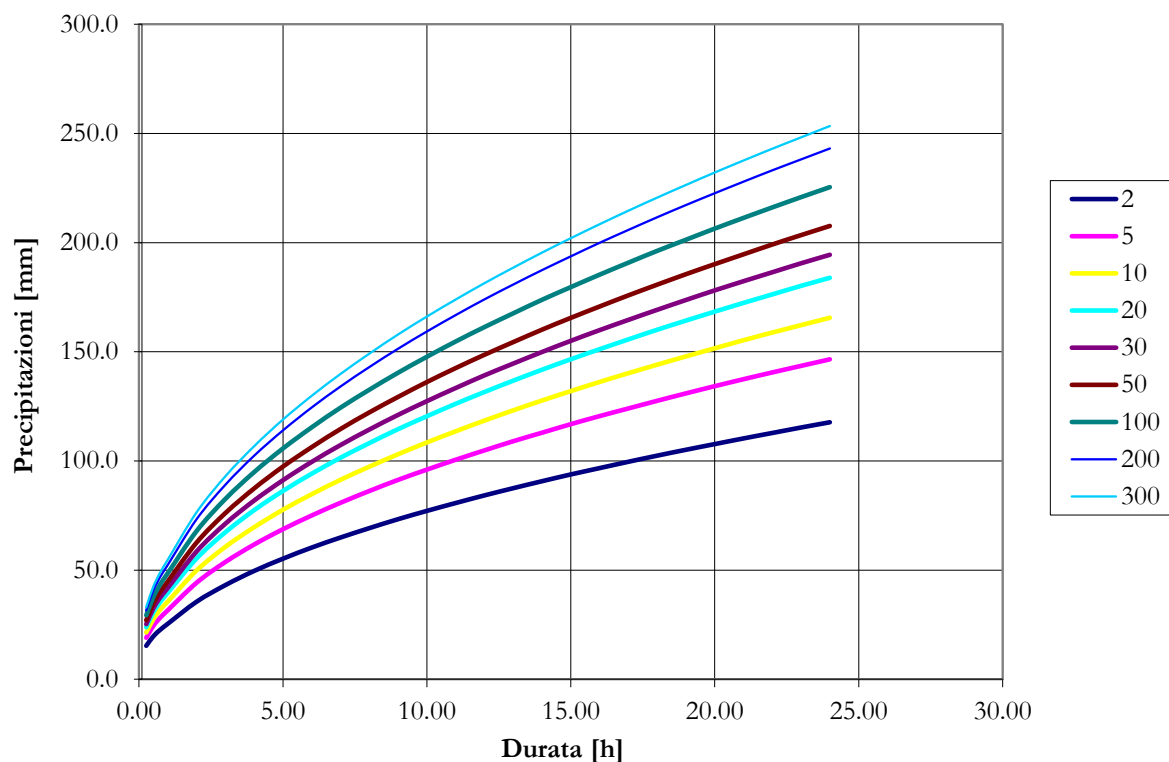
I valori di pioggia di progetto utilizzati per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono indicati in Tabella 6.3.

Tempo [h]	Tr [anni]							
	2	5	10	20	30	50	100	200
0,25	15.3	19.0	21.5	23.9	25.3	27.0	29.3	31.6

0,50	19.7	24.5	27.7	30.8	32.6	34.8	37.7	40.7
0,75	22.8	28.4	32.2	35.7	37.8	40.3	43.8	47.2
1,00	25.4	31.6	35.7	39.7	41.9	44.8	48.6	52.4
2,00	35.5	44.2	49.9	55.4	58.6	62.6	67.9	73.3
3,00	43.1	53.7	60.7	67.4	71.3	76.1	82.6	89.1
4,00	49.6	61.7	69.7	77.5	81.9	87.4	94.9	102.4
5,00	55.2	68.7	77.7	86.3	91.2	97.4	105.7	114.0
6,00	60.3	75.0	84.8	94.2	99.6	106.3	115.4	124.5
7,00	64.9	80.8	91.4	101.5	107.3	114.6	124.4	134.1
8,00	69.2	86.2	97.4	108.2	114.4	122.2	132.6	143.0
9,00	73.3	91.3	103.1	114.6	121.1	129.3	140.4	151.4
10,00	77.1	96.0	108.5	120.5	127.4	136.1	147.7	159.3
11,00	80.7	100.5	113.6	126.2	133.4	142.5	154.7	166.8
12,00	84.2	104.8	118.5	131.6	139.2	148.6	161.3	174.0
13,00	87.5	109.0	123.2	136.8	144.6	154.4	167.6	180.8
14,00	90.7	112.9	127.7	141.8	149.9	160.1	173.8	187.4
15,00	93.8	116.8	132.0	146.6	155.0	165.5	179.6	193.7
16,00	96.7	120.5	136.2	151.2	159.9	170.7	185.3	199.9
17,00	99.6	124.0	140.2	155.7	164.6	175.8	190.8	205.8
18,00	102.4	127.5	144.1	160.1	169.2	180.7	196.2	211.6
19,00	105.1	130.9	147.9	164.3	173.7	185.5	201.3	217.2
20,00	107.7	134.2	151.6	168.4	178.1	190.1	206.4	222.6
21,00	110.3	137.4	155.3	172.4	182.3	194.6	211.3	227.9
22,00	112.8	140.5	158.8	176.3	186.4	199.1	216.1	233.1
23,00	115.3	143.5	162.2	180.2	190.5	203.4	220.8	238.1
24,00	117.7	146.5	165.6	183.9	194.4	207.6	225.4	243.1

**Tabella 6.3: Altezza di pioggia di progetto [mm] per vari tempi di ritorno per il bacino in esame.**

Con questi valori di altezza di pioggia si ricavano le curve di possibilità pluviometrica illustrate in Figura 6.3, che corrispondono ai valori di  $a$  ed  $n$  indicati in Tabella 6.4.



**Figura 6.3: Curva di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno.**

Tempo di ritorno [anni]	$a$	$n (<1h)$	$n (>1h)$
200	52.442	0,366	0,483

**Tabella 6.4:** Valori di  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni.

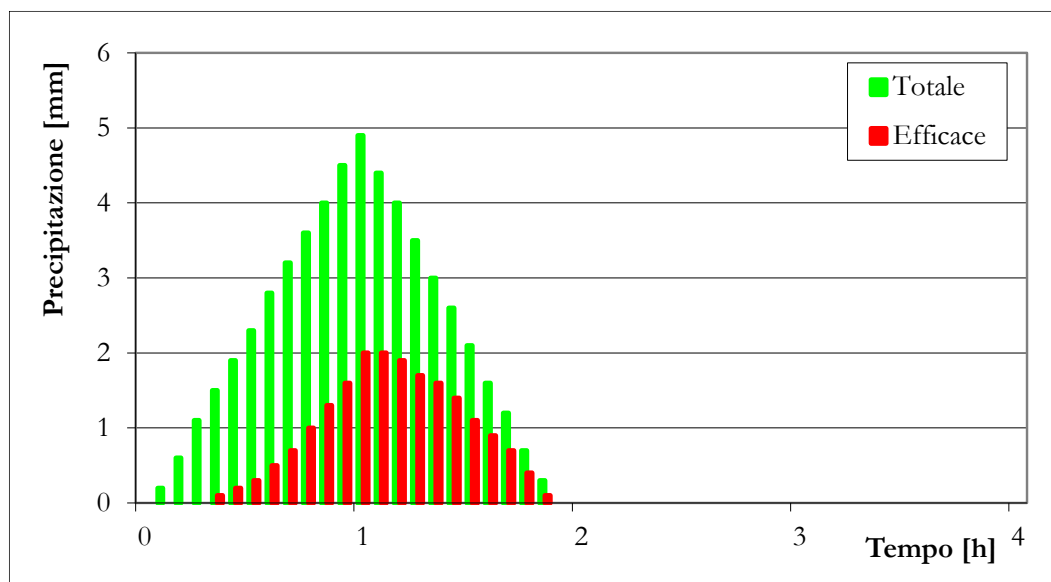
### 6.2.1 Portata di progetto del rio Val Fredda

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la portata al picco.

Bacino rio Biolca	Tr 200 anni
Portata al picco [m <sup>3</sup> /s]	84,00

**Tabella 6.5:** Portata teorica al colmo della piena per un tempo di ritorno di 200 anni per il bacino in esame.

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono. Preme precisare che l'idrogramma sotto riportato è l'idrogramma liquido, cioè non comprendente un'eventuale presenza di trasporto solido che sarà, invece, computata nel seguito del presente paragrafo.



**Figura 6.4:** Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena.

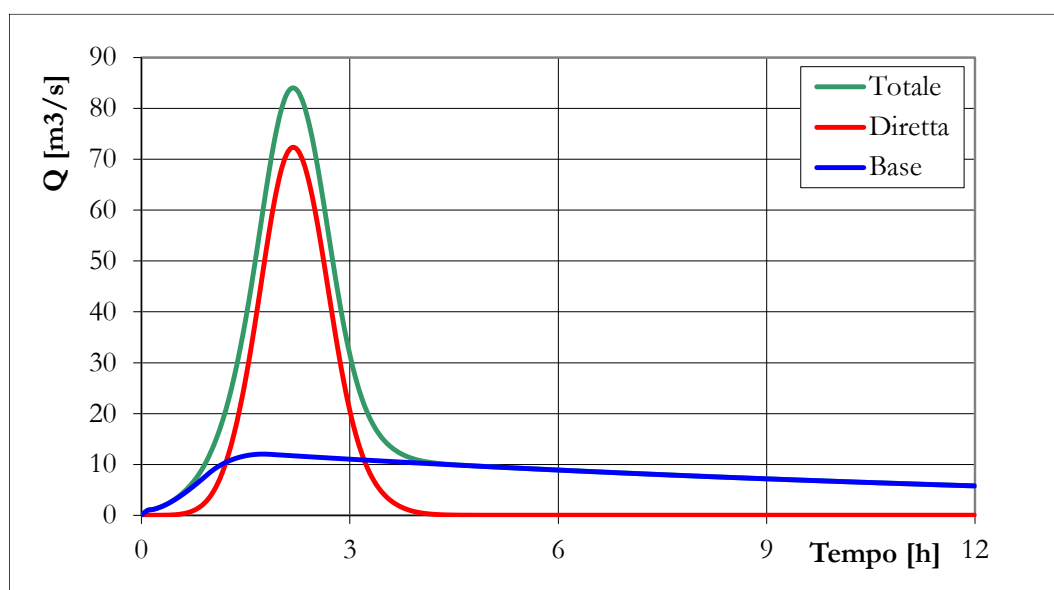


Figura 6.5: Idrogramma di piena. “Base” indica il deflusso profondo, “Diretta” quello superficiale, “Totale” è la somma dei precedenti.

La conoscenza dell'idrogramma liquido di progetto, sopra rappresentato, permette di definire, attraverso il metodo volumetrico, l'idrogramma del trasporto solido; ne segue la necessità di definire il sedimentogramma, ossia l'andamento della concentrazione volumetrica del sedimento nel corso dell'evento. A tal fine si sono considerate concentrazioni volumetriche al picco variabili tra 16.8 e 18.2% tipiche dei fenomeni di piena di detrito (*debris flood*) tendente all'iperconcentrato.

Si riporta nel seguito l'idrogramma totale (liquido+solido) considerato nella successiva modellazione 2D della colata.

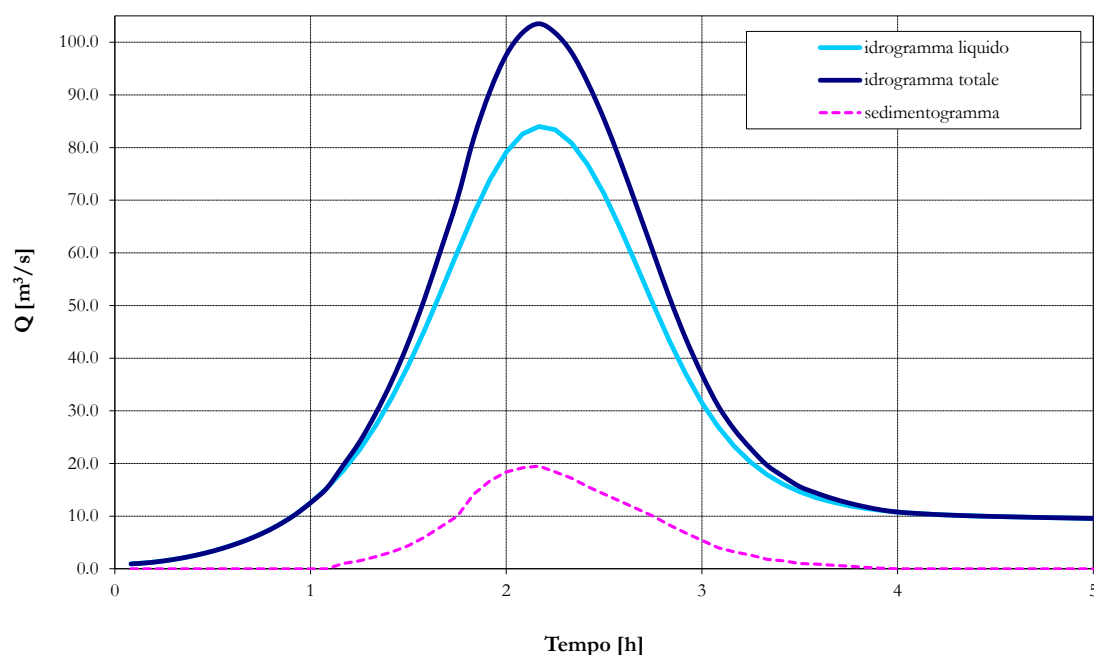


Figura 6.6: Portata al colmo di piena (solido+liquido) per un tempo di ritorno di 200 anni per il bacino in esame.

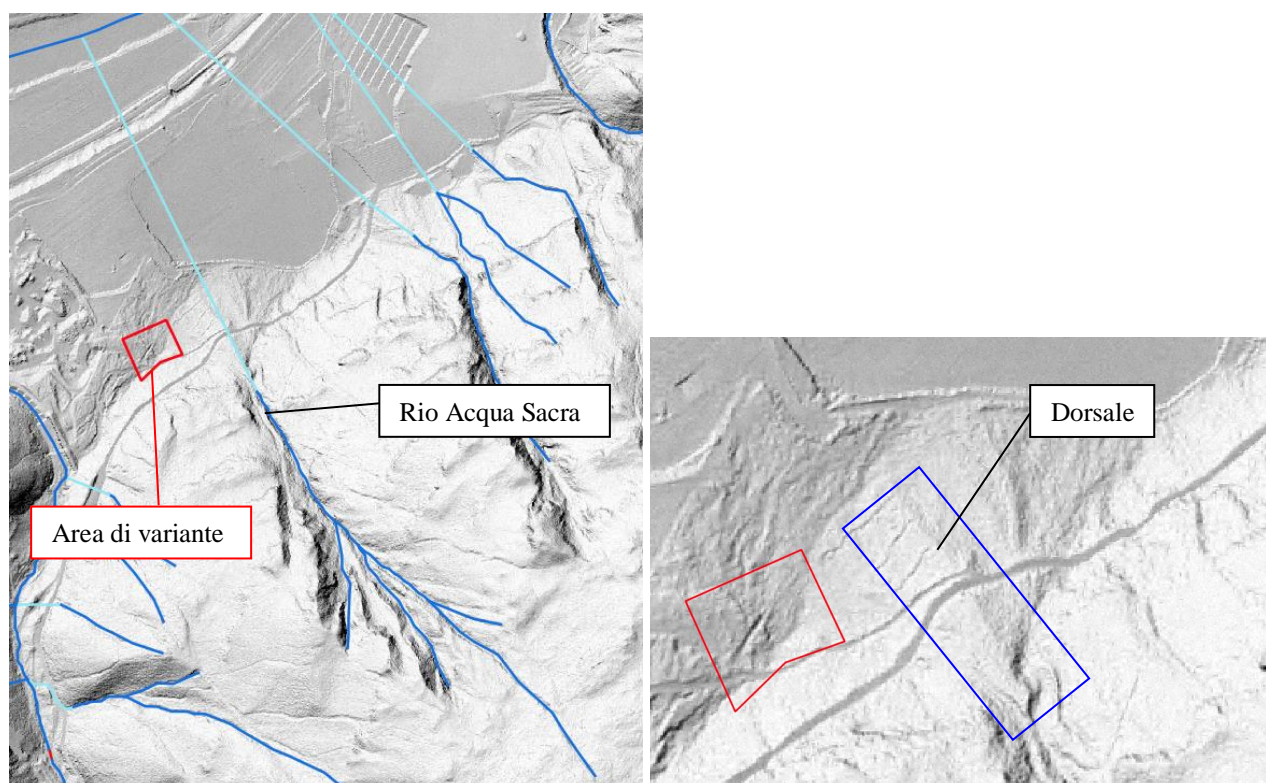
### 6.3 Analisi idrologica del rio Acqua Sacra

Il rio si presenta molto inciso nel tratto a monte, fino all'apice del conoide, per poi non risultare visibile nel tratto di attraversamento della piana di Sdruzzinà; infatti, anche la cartografia provinciale dei corpi idrici lo classifica come "fittizio" nel tratto pianeggiante (vedasi immagine seguente). Risulta difficile individuare l'alveo anche se dalla Carta del soleggiamento si individua una dorsale che attraversa il conoide in direzione nord e indirizza il rio mantenendolo nella porzione est del conoide.

Nell'analisi idrologica si è fatto riferimento al bacino imbrifero del rio Acqua Sacra chiuso a quota 236 m s.l.m. all'apice del conoide; le caratteristiche morfometriche principali del suddetto bacino drenante sono riassunte nella seguente tabella.

Area Bacino [km <sup>2</sup> ]	0.39
Altitudine minima [m s.l.m.]	236
Altitudine massima [m s.l.m.]	1152
Altitudine media [m s.l.m.]	758
Pendenza media [°]	64.1

**Tabella 6.6: Caratteristiche geografiche del bacino del rio Acqua Sacra chiuso all'apice del conoide.**



**Figura 6.7: Individuazione del rio Acqua Sacra su Carta del Soleggiamento; a destra particolare della dorsale che attraversa il conoide.**



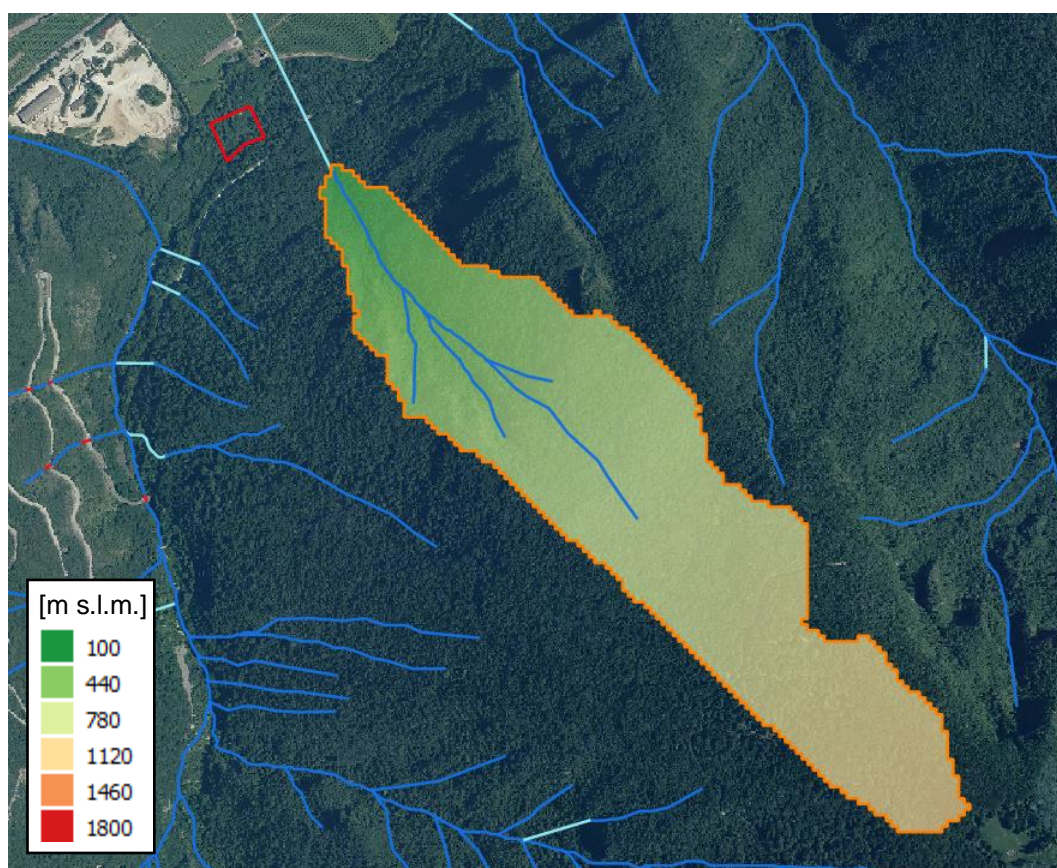


Figura 6.8: Delimitazione su ortofoto del bacino oggetto di studio.

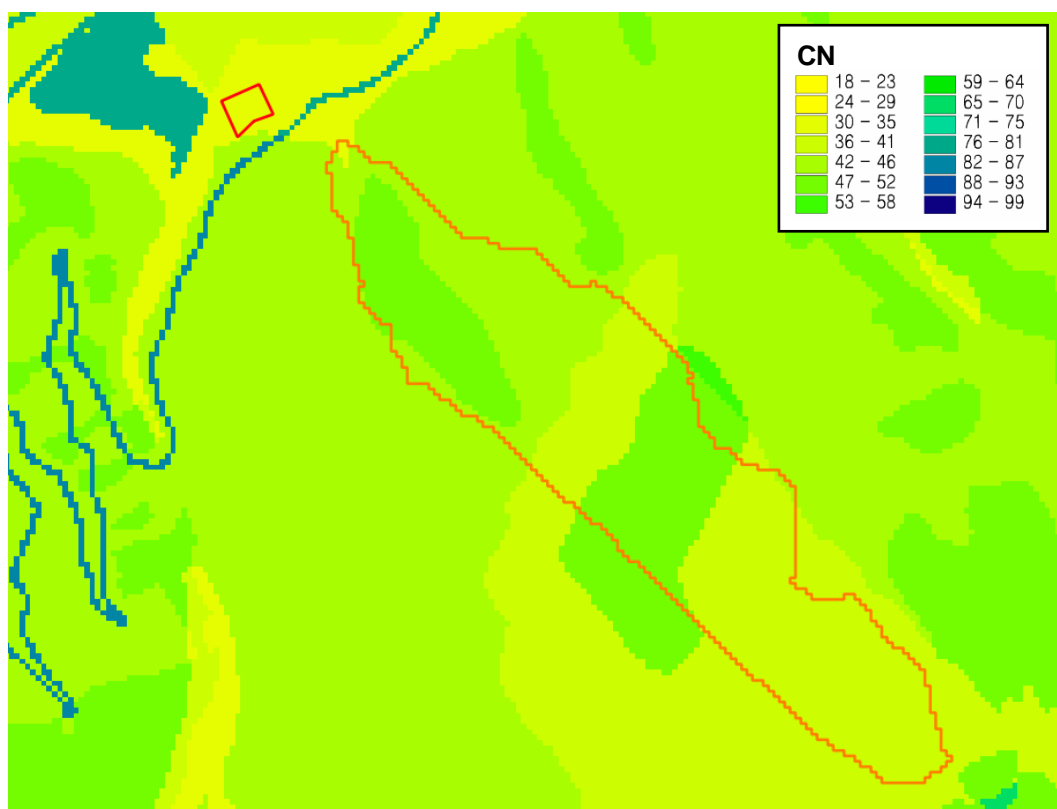


Figura 6.9: Delimitazione su ortofoto del bacino oggetto di studio.



Per il bacino del rio Acqua Sacra la scelta dei **parametri cinematici** (nel software indicati come “parametri avanzati”) è stata guidata dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento nel 2003 [1].

I parametri utilizzati per la propagazione del deflusso sono riassunti di seguito:

Velocità versante min/max [ $\text{ms}^{-1}$ ]	0.025 – 0.05
Velocità canale [ $\text{ms}^{-1}$ ]	2
Area soglia versante / canale min/max [ $\text{km}^2$ ]	0 – 0.01
Forma dello ietogramma	triangolare
Classe AMC	3
Step output dell'idrogramma	5 min

**Tabella 6.7: parametri cinematici utilizzati per l'analisi idrologica.**

I valori di pioggia di progetto utilizzati per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono indicati in Tabella 6.8.

Tempo [h]	Tr [anni]							
	2	5	10	20	30	50	100	200
0,25	14.8	18.2	20.4	22.6	23.8	25.4	27.5	29.6
0,50	19.0	23.4	26.3	29.1	30.7	32.7	35.4	38.1
0,75	22.1	27.2	30.5	33.8	35.6	37.9	41.1	44.2
1,00	24.5	30.2	33.9	37.5	39.6	42.1	45.6	49.1
2,00	34.4	42.3	47.6	52.6	55.5	59.1	64.0	68.9
3,00	41.9	51.6	57.9	64.1	67.6	72.0	78.0	83.9
4,00	48.2	59.3	66.7	73.7	77.8	82.9	89.7	96.5
5,00	53.7	66.1	74.3	82.2	86.7	92.4	100.0	107.6
6,00	58.7	72.3	81.3	89.9	94.8	101.0	109.3	117.6
7,00	63.3	77.9	87.6	96.9	102.2	108.9	117.9	126.8
8,00	67.6	83.2	93.5	103.4	109.1	116.2	125.8	135.4
9,00	71.6	88.1	99.0	109.5	115.5	123.1	133.2	143.4
10,00	75.4	92.7	104.2	115.3	121.6	129.6	140.3	150.9
11,00	78.9	97.1	109.2	120.8	127.4	135.7	146.9	158.1
12,00	82.4	101.4	113.9	126.0	132.9	141.6	153.3	165.0
13,00	85.6	105.4	118.5	131.0	138.2	147.2	159.4	171.5
14,00	88.8	109.3	122.8	135.8	143.3	152.7	165.3	177.8
15,00	91.8	113.0	127.0	140.5	148.2	157.9	170.9	183.9
16,00	94.8	116.6	131.1	145.0	153.0	162.9	176.4	189.8
17,00	97.6	120.1	135.0	149.3	157.5	167.8	181.7	195.5
18,00	100.4	123.5	138.8	153.5	162.0	172.6	186.8	201.0
19,00	103.1	126.8	142.6	157.6	166.3	177.2	191.8	206.4
20,00	105.7	130.0	146.2	161.6	170.5	181.7	196.7	211.6
21,00	108.2	133.2	149.7	165.5	174.6	186.0	201.4	216.7
22,00	110.7	136.2	153.1	169.3	178.7	190.3	206.0	221.7
23,00	113.1	139.2	156.5	173.0	182.6	194.5	210.6	226.6
24,00	115.5	142.1	159.8	176.7	186.4	198.6	215.0	231.3

**Tabella 6.8: Altezza di pioggia di progetto [mm] per vari tempi di ritorno per il bacino in esame.**

Con questi valori di altezza di pioggia si ricavano le curve di possibilità pluviometrica illustrate in Figura 6.10, che corrispondono ai valori di  $a$  ed  $n$  indicati in Tabella 6.9.

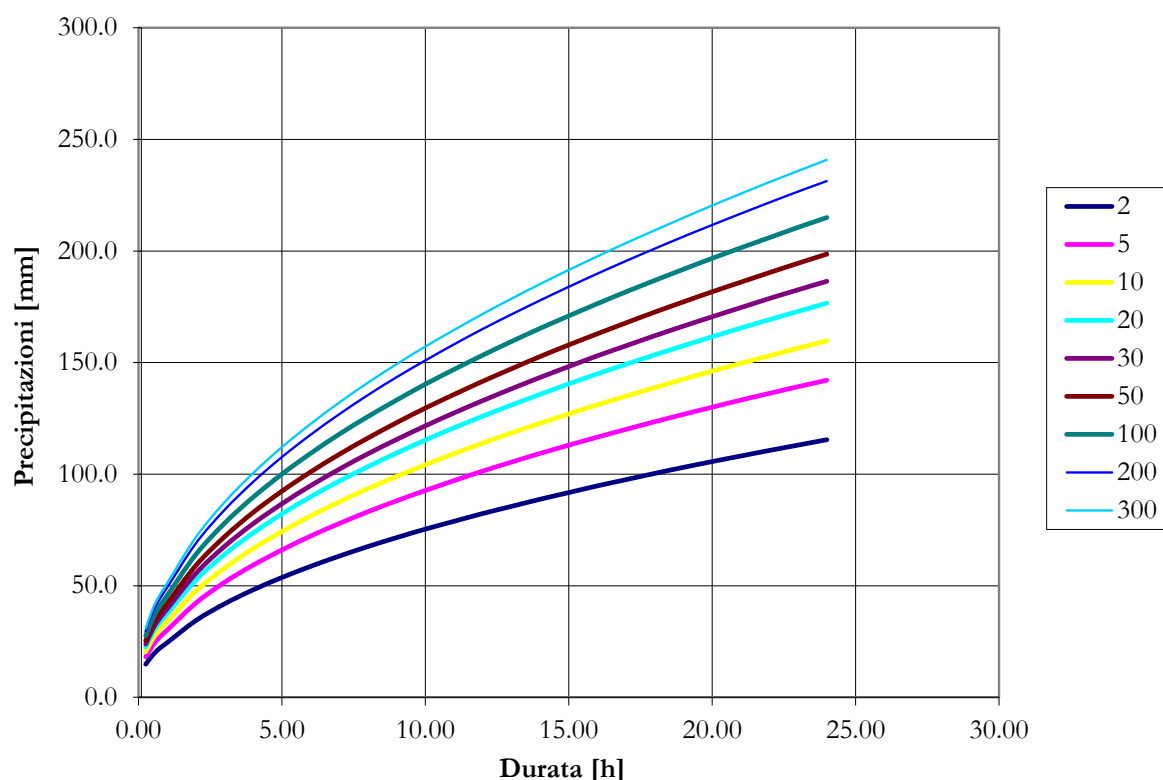


Figura 6.10: curva di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno.

Tempo di ritorno [anni]	<i>a</i>	<i>n</i> (<1h)	<i>n</i> (>1h)
200	49.102	0,366	0,488

Tabella 6.9: Valori di *a* e *n* della curva di possibilità pluviometrica per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni.

### 6.3.1 Portata di progetto

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la portata al picco.

Bacino rio Biolca	Tr 200 anni
Portata al picco [m <sup>3</sup> /s]	1,65

Tabella 6.10: Portata teorica al colmo della piena per un tempo di ritorno di 200 anni per il bacino in esame.

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono. Preme precisare che l'idrogramma sotto riportato è l'idrogramma liquido, cioè non comprendente un'eventuale presenza di trasporto solido che sarà, invece, computata nel seguito del presente paragrafo.

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

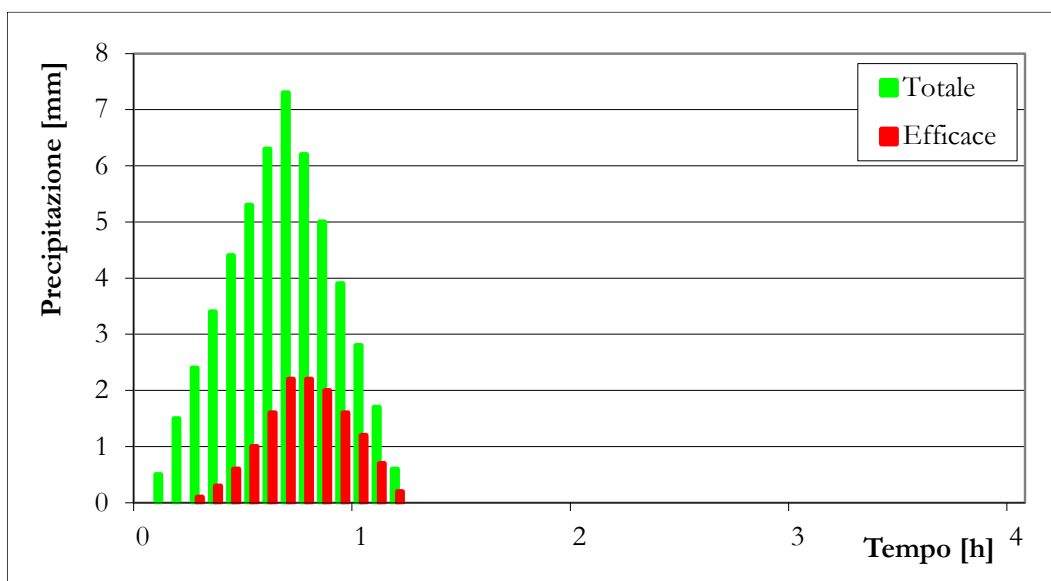


Figura 6.11: ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena.

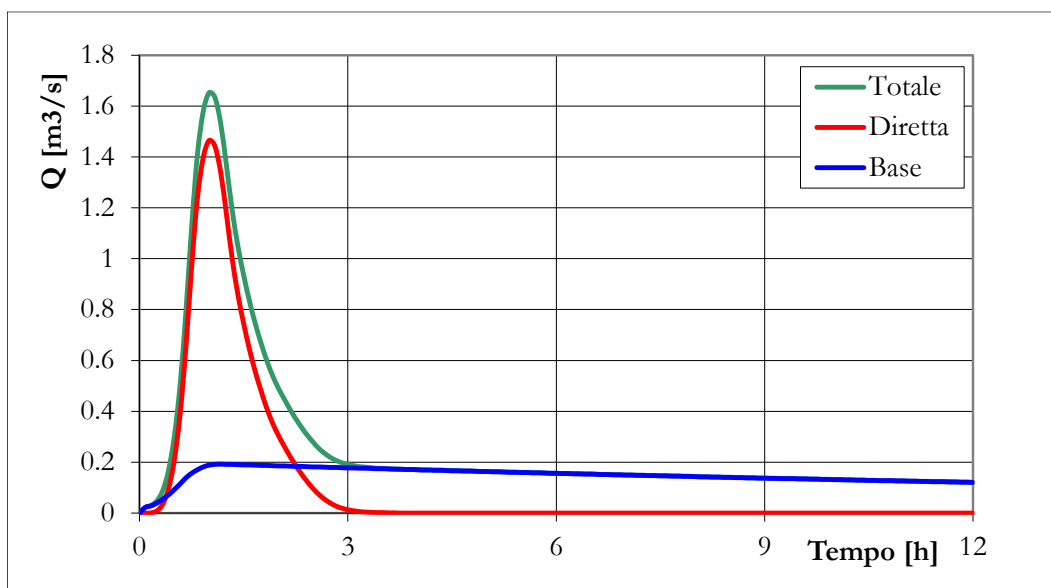


Figura 6.12: Idrogramma di piena. “Base” indica il deflusso profondo, “Diretta” quello superficiale, “Totale” è la somma dei precedenti.

Gli eventi come quello in esame sono fenomeni di piena caratterizzati da una concentrazione volumetrica del sedimento superiore al 15%. Nella letteratura scientifica esistono diverse modalità di classificazione del fenomeno, che si possono ricondurre alle proprietà della matrice fluida – concentrazione volumetrica del sedimento e concentrazione di materiale fine coesivo [4]. Basse concentrazioni danno luogo a *mud flood* caratterizzato da elevate velocità di propagazione del fronte, mentre concentrazioni elevate ( $C > 0,45$ ) danno luogo a colate di fango o granulari in presenza rispettivamente di matrice fluida coesiva o non coesiva.

Il sedimentogramma di progetto presenta un picco praticamente coincidente con il picco dell'idrogramma liquido, la concentrazione massima dell'idrogramma è del 16%, mentre la

concentrazione minima è inferiore all'1%. La concentrazione media del picco sedimentogramma è pari all'incirca al 5.7%.

Secondo il metodo volumetrico, si fa uso della seguente espressione:

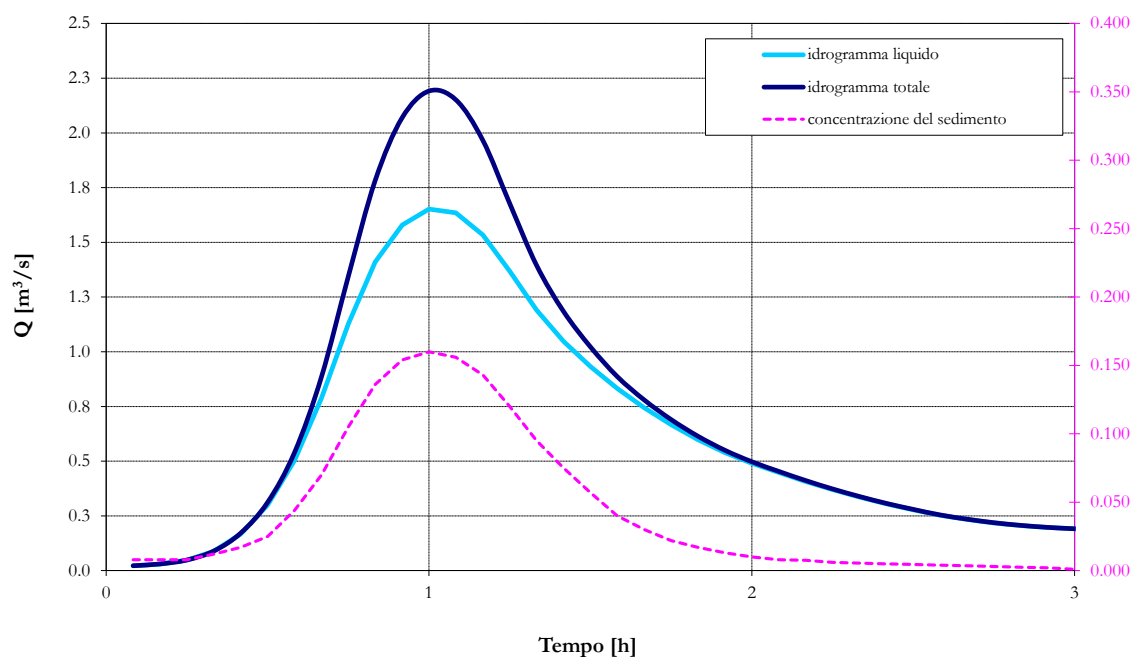
$$\frac{Q_{tot}}{Q_l} = \frac{C^*}{C^* - C_m}$$

dove:

- $C^*$  rappresenta la massima concentrazione di massimo impaccamento del materiale costituente l'ammasso (0,65);
- $C_m$  rappresenta la concentrazione volumetrica di equilibrio del fronte stazionario del fenomeno di trasporto solido in movimento.

La simulazione del fenomeno di trasporto solido intenso è stata effettuata ipotizzando un evento estremo nell'ipotesi di alimentazione solida continua da monte.

Nella figura che segue si mostrano i vari idrogrammi ottenuti con il metodo volumetrico. Dall'integrale delle curve ottenute si stima che il volume complessivo (liquido + solido, curva blu) sia pari a  $8200 \text{ m}^3$ , mentre il volume che ci si attende venga depositato presso la zona di analisi sia pari a circa  $1100 \text{ m}^3$  (solido, curva blu meno curva azzurra). Ne risulta quindi che il fenomeno ipotizzato ha origine da un bacino imbrifero di  $0,39 \text{ km}^2$ , ed è caratterizzato da un volume di materiale movimentabile stimato in  $1100 \text{ m}^3$ .



**Figura 6.13: Idrogramma liquido, idrogramma totale e sedimentogramma di progetto per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.**

## 7 Modellazione idraulica bidimensionale con Flumen2D

Le simulazioni per i due rii oggetto di studio sono state eseguite tramite il codice di calcolo Flumen2D. Il codice di calcolo Flumen2D permette di valutare fenomeni di propagazione di onde impulsive in alvei a fondo fisso e mobile a concentrazione variabile, ossia con concentrazione funzione delle variabili idrodinamiche. Per i casi in esame si è scelta una modellazione su fondo fisso e una chiusura reologica adatta a fenomeni di colata detritica.

### 7.1 Fondamenti matematico-numerici del codice Flumen2D

Il codice di calcolo Flumen2D permette di valutare fenomeni di propagazione di onde impulsive in alvei a fondo fisso e mobile a concentrazione variabile, ossia con concentrazione funzione delle variabili idrodinamiche.

Le equazioni del modello matematico, scritte in forma conservativa, sono [5], [6]:

$$\mathbf{U}_t + \mathbf{F}_x + \mathbf{G}_y = \mathbf{H} + \mathbf{S}$$

dove la variabile conservata  $\mathbf{U}$  e i flussi conservativi  $\mathbf{F}$  e  $\mathbf{G}$  nelle direzioni  $x$  e  $y$ , per quanto riguarda i bilanci delle due fasi liquida e solida, sono:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} h + z_b \\ (c\Delta + 1)uh \\ (c\Delta + 1)vh \\ ch + c_b z_b \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} uh \\ (c\Delta + 1)\left(u^2 h + g \frac{h^2}{2}\right) \\ (c\Delta + 1)uvh \\ cuh \end{bmatrix}, \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} vh \\ (c\Delta + 1)uvh \\ (c\Delta + 1)\left(v^2 h + g \frac{h^2}{2}\right) \\ cvh \end{bmatrix}$$

mentre il flusso non conservativo  $\mathbf{H}$  e il termine sorgente  $\mathbf{S}$  sono:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{\partial z_b}{\partial x} (c\Delta + 1)gh \\ -\frac{\partial z_b}{\partial y} (c\Delta + 1)gh \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{\tau_x}{\rho_w} \\ -\frac{\tau_y}{\rho_w} \\ 0 \end{bmatrix}$$

dove  $h$  è la profondità,  $u$  e  $v$  sono le componenti della velocità lungo le direzioni ortogonali  $x$  e  $y$  rispettivamente,  $z_b$  è la quota locale del fondo,  $c$  la concentrazione media sulla verticale,  $c_b$  la concentrazione solida dei sedimenti del fondo,  $\rho_w$  e  $\rho_s$  le densità dei sedimenti e dell'acqua, rispettivamente,  $\Delta = (\rho_s - \rho_w)/\rho_w$  la densità relativa immersa dei sedimenti,  $\tau = (\tau_x, \tau_y)$  il vettore dello sforzo tangenziale al fondo.

Le condizioni di chiusura relative alla concentrazione e allo sforzo al fondo vengono di seguito descritte. Per quanto riguarda la concentrazione, la formula di chiusura viene derivata dalla formula di



trasporto di Meyer-Peter e Müller [7], definendo  $q_s = (cu_h, cv_h)$ . Come riportato in precedenti lavori, l'equazione che definisce la concentrazione in funzione delle variabili idrodinamiche è la seguente:

$$c = c_b \beta \frac{w^2}{h}$$

dove  $w^2 = u^2 + v^2$  è il modulo della velocità della corrente e  $\beta$  è un coefficiente, funzione della densità del materiale e dalla scabrezza del fondo:

$$\beta = \frac{8\sqrt{g}}{g\Delta c_b \sqrt{h}} \left( 1 - \frac{g_{cr} \Delta d_{50} h^{1/3}}{w^2 n_{td}} \right)$$

È possibile anche considerare la propagazione su fondo fisso, in questo caso la concentrazione risulta assimilata ad una variabile trasportata in modo avvevativo e la quota del fondo una variabile nota.

Per definire invece il valore dello sforzo sul contorno si è utilizzata la formulazione adottata da O'Brien e Julien [8] nel codice Flo2D:

$$\tau_x = \tau_s \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \frac{K \eta}{8h} u + \frac{n_{td}^2 \gamma_m}{h^{1/3}} u \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$\tau_y = \tau_s \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \frac{K \eta}{8h} v + \frac{n_{td}^2 \gamma_m}{h^{1/3}} v \sqrt{u^2 + v^2}$$

dove  $\tau_s$  è lo sforzo di soglia,  $\eta$  è la viscosità dinamica,  $n_{td}$  è il coefficiente di resistenza dispersivo-turbolento  $\gamma_m$  è il peso specifico della miscela,  $K$  è un parametro di resistenza per deflussi laminari (variabile nell'intervallo 24÷50000 al variare della scabrezza del fondo).

Il parametro di Manning dispersivo-turbolento dipende dalla concentrazione volumetrica  $c$  e dal valore di Manning della superficie attraverso la relazione empirica:

$$n_{td} = n \cdot (1 + b \cdot e^{mc})$$

dove il valore dei coefficienti  $b$  e  $m$  è rispettivamente di 0.0538 e 6.0896.

Lo schema numerico di calcolo è conservativo, esplicito e ai volumi finiti, tipo Godunov. Il solutore delle equazioni del modello è shock-capturing (HLL) ed è quindi adatto all'analisi della propagazione di fenomeni impulsivi con correnti sia subcritiche che supercritiche.

L'aggiornamento temporale delle variabili conservate viene eseguito tramite il seguente bilancio ai volumi finiti, nel quale risulta già inclusa la lateralizzazione:

$$\mathbf{U}_{i,j}^{n+1} = \mathbf{U}_{i,j}^n + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left[ \mathbf{F}_{i-\frac{1}{2},j} - \mathbf{F}_{i+\frac{1}{2},j} \right] + \frac{\Delta t}{\Delta y} \left[ \mathbf{G}_{i,j-\frac{1}{2}} - \mathbf{G}_{i,j+\frac{1}{2}} \right] + \Delta t (\mathbf{H}_{i,j} + \mathbf{S}_{i,j})$$

La stabilità del metodo di calcolo viene garantita dal rispetto della condizione di Courant:

$$\Delta t = \frac{C_{cfl} \min [\Delta x, \Delta y]}{\max [S_{3x}, |S_{1x}|, S_{3y}, |S_{1y}|]} \quad C_{cfl} = 0.49$$

ove  $S$  è la celerità delle piccole perturbazioni.

## 7.2 Dati di input della modellazione 2D

### 7.2.1 Dominio di calcolo

Il dominio di calcolo utilizzato per le simulazioni include la parte terminale dei compluvi in esame; il campo di moto è stato esteso alla piana della loc. Sdruzzinà.

Il dominio di calcolo viene rappresentato con una griglia a maglia quadrata di lato 2 m, ottimale per schematizzare con adeguata accuratezza la parte terminale dei bacini in esame. L'altimetria del dominio è ricavata dal rilievo Lidar della Provincia Autonoma di Trento 2014, la cui risoluzione è di 0.5 m, ricampionato a risoluzione di 2 m per permettere una maggiore velocità di calcolo.

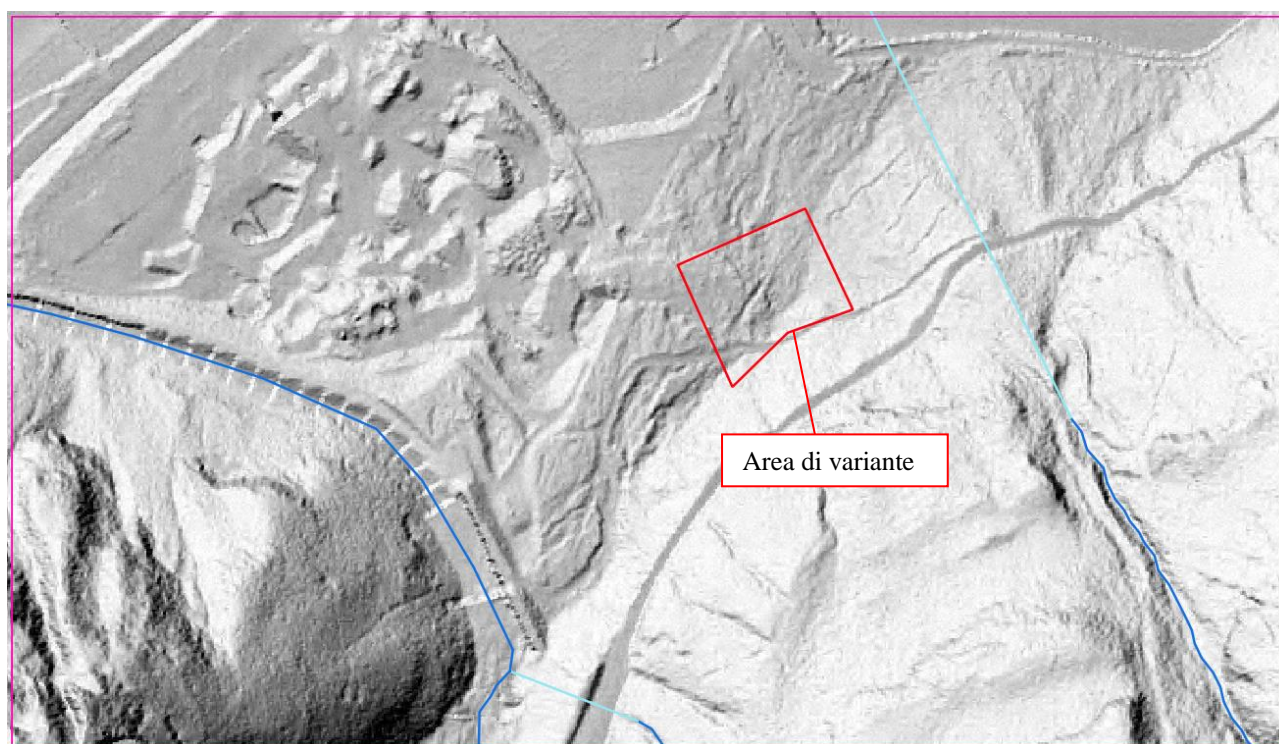


Figura 7.1: Estensione del campo di moto su ombre Lidar PAT 2014. In ROSSO è evidenziata l'area di variante.

### 7.2.2 Condizioni al contorno

Nel caso in esame viene posta la condizione di moto localmente uniforme sul bordo del dominio di calcolo; tale condizione entra in gioco se il fenomeno si propaga fino al confine del dominio di calcolo. La medesima condizione al contorno viene assegnata anche alla cella di calcolo dove viene immesso l'idrogramma di progetto.

### 7.2.3 Idrogramma di piena

Gli idrogrammi dei fenomeni da studiare vengono assegnati alle celle di calcolo del dominio computazionale nel punto all'apice del rispettivo conoide considerato; in particolare, come punti di immissione si sono considerati (in due simulazioni distinte) il compluvio del rio Val Fredda (ovest) e il compluvio del rio Acqua Sacra (est). I valori di portata dell'idrogramma sono riportati in Figura 6.6 e Figura 6.13.

### 7.2.4 Parametri numerici

Il programma valuta i flussi di massa e quantità di moto nelle direzioni x e y, quando almeno una delle due celle di calcolo presenta un tirante idrico superiore a  $h_{\min \text{ flooding}}$ ; tale parametro è stato posto pari a 1 cm.

### 7.2.5 Parametri idraulici e reologici

Come è stato ricordato in precedenza, la chiusura fenomenologia dello sforzo tangenziale al fondo è stata definita tramite la relazione reologica di O'Brien e Julien [8]. Il parametro di resistenza,  $K$ , rappresentativo del termine di sforzo viscoso, è stato posto pari a 1000 (valore tipico per superfici erodibili con presenza di vegetazione).

La viscosità dinamica,  $\eta$ , della miscela è stata scelta in un intervallo 1 – 10 Pa·s per i valori di concentrazione di progetto, come proposto in letteratura, [8] e [9]. La fase di arresto del fenomeno e, quindi, il limite del deposito ed il suo spessore dipendono principalmente dal valore del parametro di soglia  $\tau_s$ . Per questo motivo si è scelto un range di valori anche per tale parametro: 10 e 100 Pa, vedasi [8] e [9]: il primo valore è corrispondente ad una colata piuttosto fluida, il secondo è invece relativo ad una colata più coesiva, in grado di creare depositi di materiale di maggior spessore.

Alla luce delle caratteristiche dei due rii analizzati si è assegnato un valore di 10 Pa al rio Val Fredda, simulando quindi una colata più liquida per tenere in considerazione le numerose possibilità di deposito di materiale solido presenti lungo tracciato che caratterizza il rio, mentre si è assegnato un valore di 100 Pa al rio Acqua Sacra in quanto il suo percorso più corto non garantisce molte possibilità di deposito e rallentamento della frazione solida.

Gli sforzi dispersivo-turbolenti dipendono dal parametro  $n_{td}$ , che sulla base dei dati di letteratura è stato posto pari  $0,05 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ . Il valore di  $\gamma_m$ , peso specifico della miscela, è stato posto pari a  $13 \text{ kN/m}^3$ .

Le simulazioni eseguite con il codice Flumen2D hanno utilizzato, quindi, i seguenti parametri modellistici:

RIO	$\tau_s$ [Pa]	$\eta$ [Pa·s]	$n_{td}$ [ $\text{m}^{1/3}\text{s}$ ]	$\gamma_m$ [ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
Val Fredda	10	1	0,07	17
Acqua Sacra	100	10	0,07	17

**Tabella 7.1: parametri modellistici utilizzati nelle simulazioni con Flumen2D.**



Si evidenzia che le simulazioni eseguite non hanno tenuto conto del possibile trasporto di legname da parte del flusso di piena dei compluvi; tale evenienza risulta, infatti, difficilmente modellizzabile e quantificabile. Un'eventuale presenza di elementi arborei di dimensioni superiori a 10 m all'interno del flusso iperconcentrato potrebbe creare un intasamento locale e determinare delle nuove direttrici del flusso.

## 7.3 Risultati della modellazione 2D

### 7.3.1 Rio Val Fredda

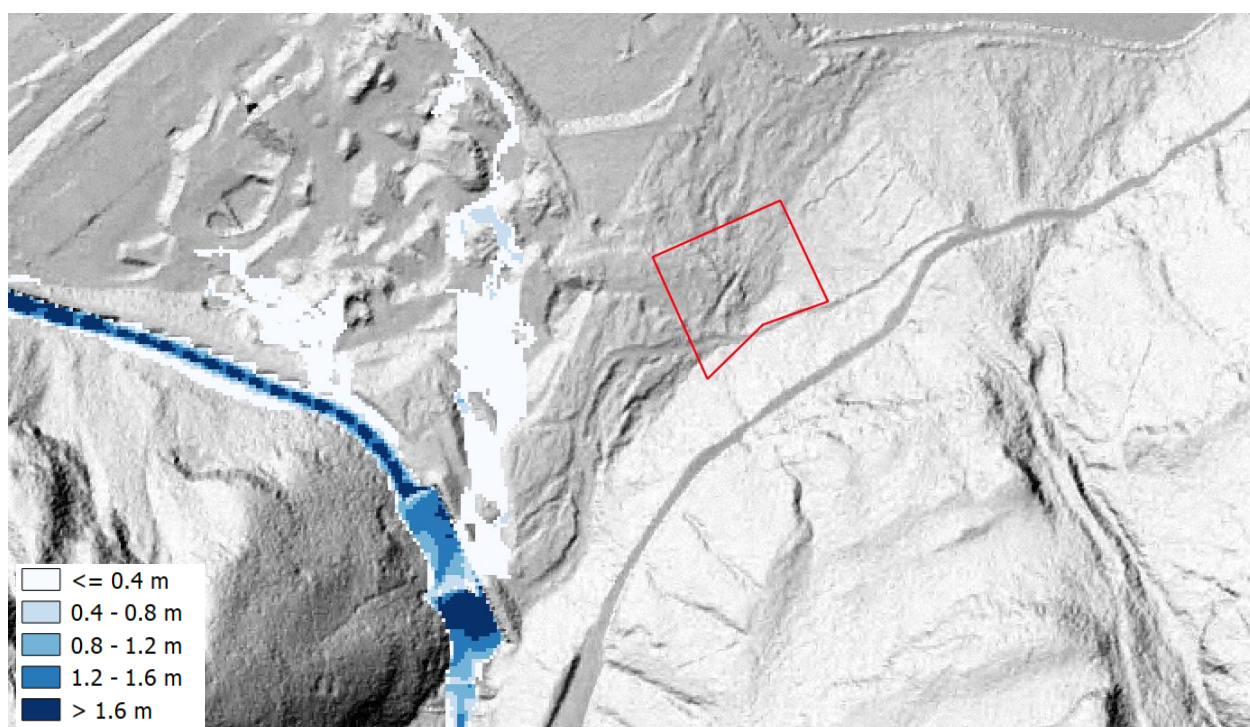
Le simulazioni sviluppate hanno evidenziato che un evento con TR 200 anni che si sviluppi lungo il rio Val Fredda rimane interamente confinato in alveo fino alla seconda vasca di deposito, in corrispondenza della quale si rileva una fuoriuscita del flusso in destra idrografica. La portata si dirige lungo la pendenza del versante in direzione nord, verso la ex-cava presente nella piana, con tiranti idrici massimi inferiori a 10 cm. Anche a valle della seconda vasca, dopo la curva verso ovest del rio, si rileva una fuoriuscita del flusso diretta verso la ex-cava.

L'area oggetto di variante del PRG non viene interessata dal deflusso di piena: come visibile dal particolare di Figura 7.4, la morfologia del terreno in corrispondenza del conoide e della fuoriuscita dall'alveo è tale per cui il deflusso si incanala direttamente verso nord. La prima vasca risulta di altezza adeguata a trattenere tutto il flusso in arrivo da monte, senza deviazioni verso le incisioni presenti al di là della sponda.

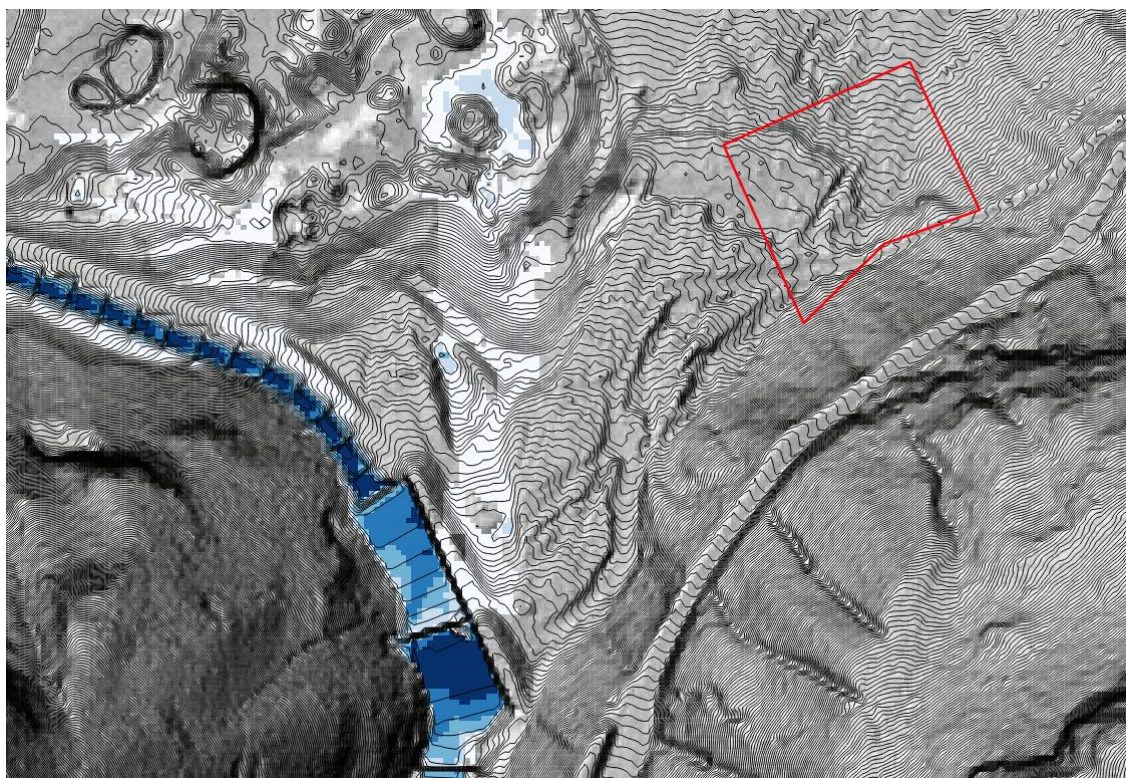


Figura 7.2: Spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Ortofoto.





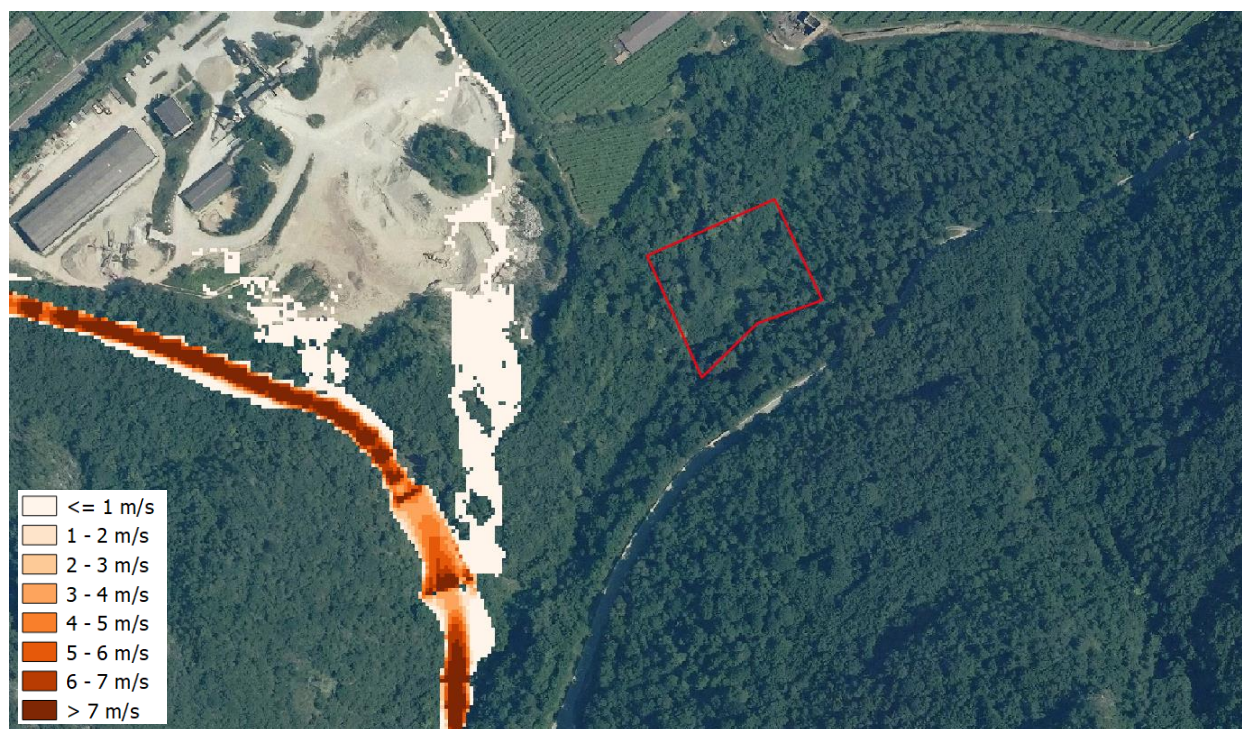
**Figura 7.3: Spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Carta del soleggiamento.**



**Figura 7.4: Particolare dello spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Carta del soleggiamento con sovrapposizione delle curve di livello in corrispondenza delle vasche di deposito.**

In termini di velocità si rilevano, in alveo, valori considerevoli dell'ordine degli 8-10 m/s, con dimezzamento delle velocità all'interno delle vasche; lungo il conoide il flusso presenta, invece, velocità sensibilmente più basse che non superano il valore massimo di 0.10 m/s.





**Figura 7.5: Mappa delle velocità con TR 200 anni su Ortofoto.**

### 7.3.2 Rio Acqua Sacra

Il deflusso di un evento di piena con Tr 200 anni rimane confinato nell'alveo del rio Acqua Sacra in tutta la parte di monte, dove il compluvio risulta maggiormente inciso; a partire dall'apice del conoide il flusso si apre a ventaglio mantenendosi sempre sulla porzione est del conoide stesso e non interessando, quindi, l'area oggetto studio.

In questa zona, infatti, la dorsale evidenziata nella successiva Figura 7.8 impedisce al deflusso di piena di dirigersi verso l'area di variante al PRG.

Nella parte terminale del tratto inciso il tirante in alveo risulta sempre inferiore ai 50 cm; nella parte in cui il flusso si apre si rilevano altezze dell'acqua dell'ordine di 5-10 cm fino al termine del versante boscato. La campagna sottostante viene interessata da altezze idriche massime dell'ordine dei 40-50 cm a seconda della morfologia del terreno.



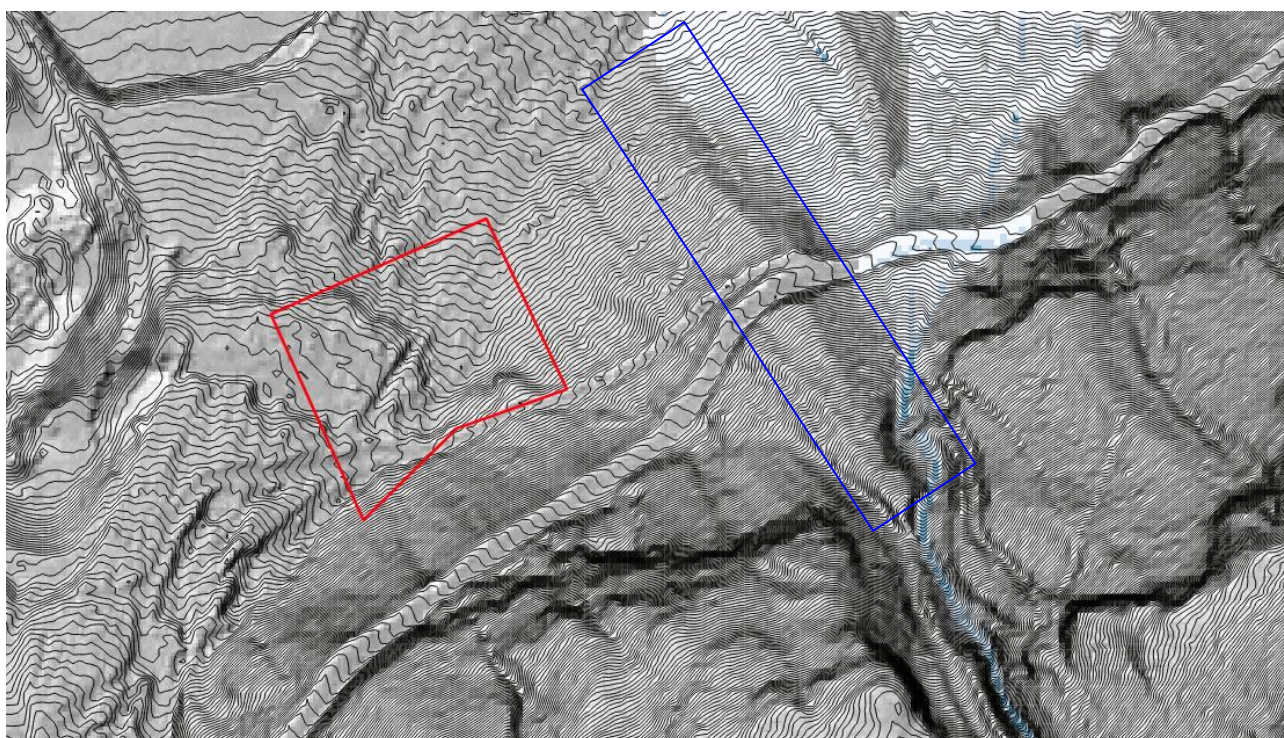


Figura 7.6: Spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Ortofoto.



Figura 7.7: Spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Carta del soleggiamento.





**Figura 7.8:** Particolare dello spessore di propagazione con TR 200 anni [m] su Carta del soleggiamento con sovrapposizione delle curve di livello. In BLU la dorsale che contiene il deflusso nella porzione est del conoide.

In termini di velocità si rilevano, in alveo, valori massimi di 0.50 m/s, mentre lungo il conoide il flusso rallenta sensibilmente non superando il valore di 0.15 m/s.



**Figura 7.9:** Mappa delle velocità con TR 200 anni su Ortofoto.



## 8 Conclusioni

Nel presente studio è stata sviluppata l'analisi idrologica e idraulica dei rii Val Fredda e Acqua Sacra nel tratto in arrivo alla località di Sdruzzinà, in corrispondenza dei due conoidi originati dai due rii citati; lo studio è finalizzato a verificare la compatibilità idraulica della variante al PRG 2023 del comune di Ala che interessa una porzione delle pp. ff. 731/2 e 2639/2 in C.C. Ala.

Il rio Val Fredda nel tratto analizzato si presenta stabile, oggetto di numerose sistemazioni e con la presenza di due vasche finalizzate alla trattenuta del materiale solido eventualmente in arrivo da monte in caso di evento straordinario con tempo di ritorno di 200 anni.

Le simulazioni sviluppate hanno evidenziato che un evento con TR 200 anni che si sviluppi lungo il rio Val Fredda rimane interamente confinato in alveo fino alla seconda vasca di deposito, in corrispondenza della quale si rileva una fuoriuscita del flusso in destra idrografica. La portata si dirige lungo la pendenza del versante in direzione nord, verso la ex-cava presente nella piana, con tiranti idrici massimi inferiori a 10 cm.

L'area oggetto di variante del PRG non viene interessata dal deflusso di piena: la morfologia del terreno in corrispondenza del conoide e della fuoriuscita dall'alveo è tale per cui il deflusso si incanala direttamente verso nord. La prima vasca risulta di altezza adeguata a trattenere tutto il flusso in arrivo da monte, senza deviazioni verso le incisioni presenti al di là della sponda; si ritiene però che, in caso di sovralti e velocità considerevoli in corrispondenza della sponda destra della vasca stessa, si possano eventualmente innescare deflussi di portata diretti verso l'area oggetto di variante al PRG lungo la strada di accesso alle piazze di deposito.

A favore di sicurezza **si considera, quindi, che l'area in esame possa essere interessata dal deflusso di piena di un evento straordinario con TR 200 anni sviluppatosi lungo il rio Val Fredda.**

Alla luce della classificazione CSP dell'area (P3 – Media) e in base alle risultanze delle modellazioni, al fine di garantire la compatibilità idraulica della variante al PRG **si ritiene opportuno che nel progetto del futuro parcheggio sia inserita la progettazione di un'opera di protezione costituita da un rialzo in materiale sciolto previsto lungo il margine ovest dell'area di variante, di lunghezza pari a circa 73 metri e con un dislivello pari ad almeno 1 metro rispetto al piano campagna circostante** (vedasi immagine seguente). La quota di imposta del parcheggio potrà, quindi, essere pari alla sommità del rialzo o superiore ad essa, in funzione della morfologia del terreno e della migliore soluzione progettuale finalizzata alla riprofilatura dell'area.

Inoltre, ad ulteriore protezione dell'intero versante a valle delle piazze di deposito, sarebbe opportuno che fosse attuata una pulizia delle aree di deposito dalla vegetazione cresciuta all'interno, che può ostacolare il deflusso della piena anche andando ad intasare le briglie di trattenuta.



**Figura 8.1: Posizione indicativa del rialzo in materiale sciolto a protezione idraulica per l'area oggetto di variante al PRG.**

Per quanto riguarda poi il rio Acqua Sacra, questo si presenta molto inciso nel tratto di monte, fino all'apice del conoide, per poi non risultare visibile nel tratto di attraversamento a valle nei pressi della piana dell'abitato di Sdruzzinà. Si rileva solamente, nella parte a monte della strada, la presenza di una dorsale che attraversa il conoide in direzione nord e permette di indirizzare l'eventuale flusso del rio verso la porzione ad est del conoide.

Le simulazioni sviluppate hanno evidenziato che l'area oggetto di variante non viene interessata dal deflusso idrico del rio in piena: infatti, esso rimane confinato nell'alveo del rio Acqua Sacra in tutta la parte di monte, dove il compluvio risulta maggiormente inciso, e si apre a ventaglio nella parte inferiore mantenendosi però sempre sulla porzione est del conoide stesso e non interessando, quindi, l'area oggetto studio. I tiranti idrici non superano il valore massimo di 50 cm nemmeno all'interno dell'alveo, assestandosi sui 5-10 cm nella parte di conoide interessato dal flusso ove si evidenzia una forte apertura della colata.

Sulla base delle considerazioni sopra espresse **si ritiene la trasformazione urbanistica di una porzione delle pp. ff. 731/2 e 2639/2 in C.C. Ala compatibile con il livello di pericolosità alluvionale torrentizia legata alla presenza dei rii Val Fredda e Acqua Sacra previa progettazione e realizzazione di opere di protezione, lungo il confine ovest dell'area di variante, che prevedano un'altezza di almeno 1 m rispetto al piano campagna.**



## 9 Bibliografia

- [1] Associazione Italiana di Idronomia, Calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi, Relazione tecnico scientifica, 2003.
- [2] Provincia Autonoma di Trento, Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, 2005.
- [3] Manuale d'uso del software applicativo AdB-ToolBox (versione 1.5 e superiori) Estensione ANALISI IDROLOGICHE (AI).
- [4] Takahashi, T., 1978. Mechanical characteristics of debris flow, J.Hydraulic Div., ASCE, Vol 104, NoHY8, pp.1153-1169.
- [5] Giuliani M., Rosatti G., Fraccarollo L., 2004, Calcolo di onde di piena in alvei naturali a fondo mobile, XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento.
- [6] Giuliani M. e Fraccarollo L., 2007, A simplified approach to predict flood in sedimentary stream, XXXII Congress of IAHR, Venice.
- [7] Meyer-Peter E., Mueller R., 1948, Formulas for bed-load transport, Proc. of 2nd Meeting IAHSR, Stockholm, Sweden, pp. 1-26.
- [8] O'Brien J.S., Julien P.Y., 1985, Physical processes of hyperconcentrated sediment flows, Proc. Of the ASCE Specialty Conf. on the Delineation of Landslides, Floods and Debris Flow Hazards in Utah, Utah Water Research Laboratory, Series UWRL/g-85/03, 260-279.
- [9] O'Brien, 2006, Flo-2D User Manual.