

## **RAPPORTO EVENTO 11/06/2019**

### **Colata detritica nel comune di Formazza**



A cura del  
Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Giugno 2019

## SOMMARIO

INTRODUZIONE	2
INQUADRAMENTO DEL BACINO	4
ANALISI GEOMORFOLOGICA DA RILIEVI SPEDITIVI	5
ANALISI DELLE CAUSE SCATENANTI	16
EVENTI PREGRESSI	22
BIBLIOGRAFIA	25

*In copertina:* il cono di frana di crollo del 2009 e in primo piano il lobo della colata del 2019.

## INTRODUZIONE

Il giorno 11 giugno 2019 le piogge brevi ed intense che hanno interessato il bacino del Rio Enni nel comune di Formazza (VB) in località Ponte, tra l'1:00 e le 2:00 UTC del mattino hanno dato origine ad una colata torrentizia che ha interessato alcune abitazioni.

Nel canale del Rio Enni (Figura 1) è avvenuto il collasso di una parte del detrito in esso presente, formatosi a seguito della frana di crollo del 2009, che per saturazione idrica ha perso di coesione, è sceso verso valle provocando lo svuotamento del canale stesso e la messa a nudo del substrato roccioso. La massa solido-liquida giunta nella parte apicale del cono detritico ha inglobato ulteriore materiale dando origine ad una colata detritica che ha raggiunto dapprima il vallo paramassi, costruito a seguito della frana del 2009, e successivamente l'abitato attraverso le due sezioni aperte dell'opera.

La colata, incontrando come ostacolo il vallo paramassi, ha incominciato a depositarsi a tergo dell'opera fino a raggiungerne la sommità: la parte più liquida è tracimata invadendo i campi sottostanti. La parte più grossolana ha proseguito la sua corsa dividendosi in due rami.

Il ramo destro idrografico (Figura 2) ha asportato la parte mobile del ponte in legno e si è distribuito secondo le linee di massima pendenza del conoide, coinvolgendo quattro edifici posti lungo il tratto regimato del rio Rich.

Il ramo in sinistra idrografica (Figura 3) ha interessato i campi inerbiti, lambito un edificio di civile abitazione giungendo poi sino alla strada di fondovalle

A seguito dell'evento sono state evacuate 20 persone.



Figura 1. Vista frontale della zona di origine della colata e del cono detritico della frana del 2009.  
*Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.*



Figura 2. Ramo destro della colata detritica che ha raggiunto le abitazioni poste lungo il tratto regimato del rio Rich. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 3. Ramo sinistro della colata detritica. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.

## INQUADRAMENTO DEL BACINO

Nel comune di Formazza, presso località Valdo sono impostati, lungo il versante sinistro del Toce, i bacini adiacenti del rio Enni e del rio Rich, orientati SW-NE; essi si estendono complessivamente per 1,32 Km<sup>2</sup> tra le quote 2800 m e 1500 m s.l.m.

Negli ultimi decenni l'asta del rio Enni a valle dell'apice del cono detritico ha subito delle modificazioni: fino a prima del crollo del 2009 il rio solcava il fianco a nord del cono detritico (Figura 4) mentre ora, durante gli eventi piovosi, l'acqua del rio Enni si distribuisce sul cono detritico seguendo le incisioni superficiali, conflueno nel rio Rich, e in parte infiltrandosi nel materiale sciolto.

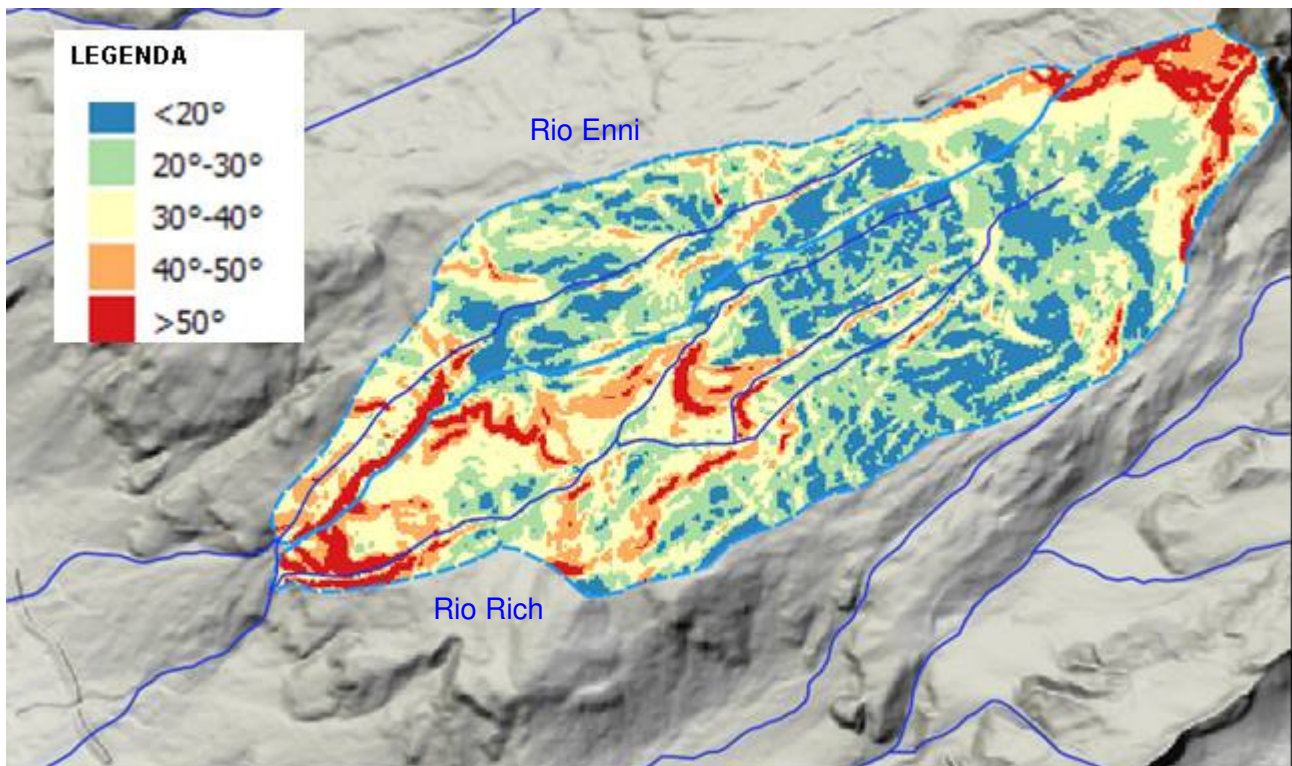


Figura 4. La Carta dell'acclività dei bacini dei rii Enni e Rich evidenzia nella zona di confluenza lo sviluppo di pareti verticali in corrispondenza di faglie tettoniche. L'asta del rio Enni presenta pendenza maggiore di 40° poco prima dello sbocco sul cono detritico. Idrografia presente prima della frana del 2009.

Per quanto riguarda la geologia, sui fianchi della valle all'altezza dell'abitato di Ponte Formazza si realizza la chiusura settentrionale del basamento cristallino della falda Antigorio, costituita da ortogneiss e gneiss granitici, al di sotto delle sequenze mesozoiche di copertura, formate da calcescisti e da metapeliti con associazioni metamorfiche in facies anfiboliti. Il bacino del rio Enni è impostato nella parte superiore su gli Gneiss granitici mentre la parte terminale, in cui è avvenuto il crollo, sui calcescisti mesozoici, molto carbonatici e parzialmente dolomitizzati, simili a marmi nell'aspetto e proprietà geomeccaniche.

## ANALISI GEOMORFOLOGICA DA RILIEVI SPEDITIVI

Durante il rilievo geomorfologico eseguito il 13/06/2019 è stato possibile, per quanto riguarda la zona di fondovalle, dettagliare maggiormente l'estensione dell'area colpita dal fenomeno, distinguendo le porzioni invase da materiale grossolano o fine e analizzare composizione e distribuzione dei depositi a monte del vallo paramassi per inquadrare il processo secondo gli stili deposizionali individuati per il Piemonte, in accordo con la classificazione adottata in Piemonte basata sul Clay Weathering Index (CWI), proposto da Tiranti et al. (2014) in base alla prevalenza del litotipo presente.

Sulla base della litologia prevalente i bacini afferenti ai conoidi piemontesi sono stati suddivisi in tre classi principali:

- a) Excellent Clay Maker – ECM rocce metamorfiche fittamente foliate e ricche in minerali fillosilicatici;
- b) Good Clay Maker – GCM, rocce carbonatiche massicce;
- c) Bad Clay Maker – BCM, rocce ignee o metamorfiche massicce.

Ciò che distingue tali famiglie di rocce è la capacità di produrre, a seguito di fenomeni di disgregazione fisica e alterazione chimica rilevanti quantità di minerali argillosi o argillosimili (fillosilicati s.l.) nella frazione fine del detrito.

Le caratteristiche della matrice influenzano in modo determinante la reologia e lo stile deposizionale dei fenomeni, che si differenzieranno anche per la stagionalità prevalente di accadimento e per la tipologia di precipitazione in grado di innescarli (estensione, durata ed intensità).

Il bacino del rio Enni ricade nella classe GCM poiché, nonostante sia modellato prevalentemente in calcescisti, questi ultimi sono caratterizzati da una componente carbonatica molto alta, tale da renderli più simili a dei marmi. Il deposito di frana da crollo è infatti costituito per lo più da blocchi ricadenti in questo tipo di litofacies.

[http://www.risknet-alcotra.org/rna/allegati/inventario-conoidi-piemonte-def-1060\\_1010.pdf](http://www.risknet-alcotra.org/rna/allegati/inventario-conoidi-piemonte-def-1060_1010.pdf)  
[http://www.risknet-alcotra.org/rna/allegati/analisi-severita-ricorrenza-997\\_997.pdf](http://www.risknet-alcotra.org/rna/allegati/analisi-severita-ricorrenza-997_997.pdf)

## DESCRIZIONE DEL FENOMENO

La zona d'innescò della colata si trova alla base della parete di faglia subverticale diretta NE-SO, immergente verso Nord Ovest, in particolare nei depositi della frana di crollo del 2009 su un tratto di asta ad elevata pendenza (Figure 5 e 6).



Figura 5. Zona di innesco della colata. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.

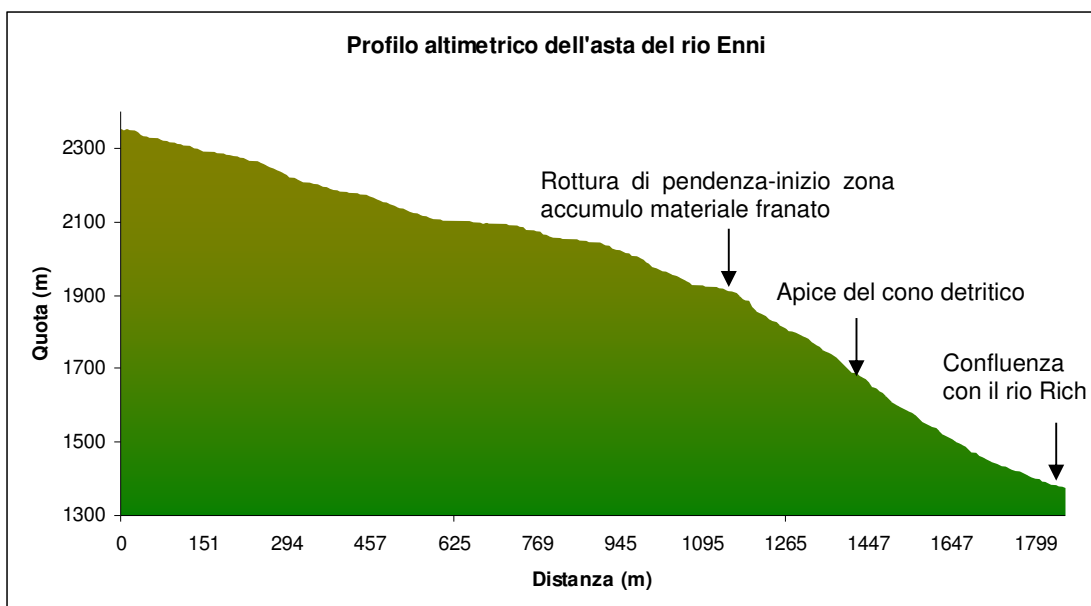


Figura 6. Il profilo altimetrico dell'asta del rio Enni mostra l'evidente rottura di pendenza tra la parte alta del bacino e la parte terminale sede dell'innesco della colata detritica.

Dal confronto con le immagini scattate durante un sopralluogo nel luglio 2014 (Figura 8) è stato possibile individuare la porzione del canale svuotata dal materiale di frana e un nuovo piccolo crollo in corrispondenza della chiusura del bacino, dovuto presumibilmente alla collisione dei grandi massi trasportati.

Uno di questi è rotolato lungo il pendio, fermandosi nella parte terminale del conoide detritico (A).

Il canale interessato dal transito del materiale presenta la messa a nudo del substrato roccioso, con il ripristino di una sezione di deflusso più ampia (Figura 7).

In conoide la colata è transitata in sinistra idrografica colmando l'area a tergo del vallo paramassi.

I depositi a monte del vallo, costituiti da blocchi e massi caotici immersi in matrice sabbioso limosa, deposti in cordoli longitudinali al bordo del canale e lobi (Figura 9) divergenti rispetto all'andamento del flusso, testimoniano un evento tipico di *debris flow* (colata detritica torrentizia costituita da una miscela solida in sospensione, in questo caso ad elevata viscosità).

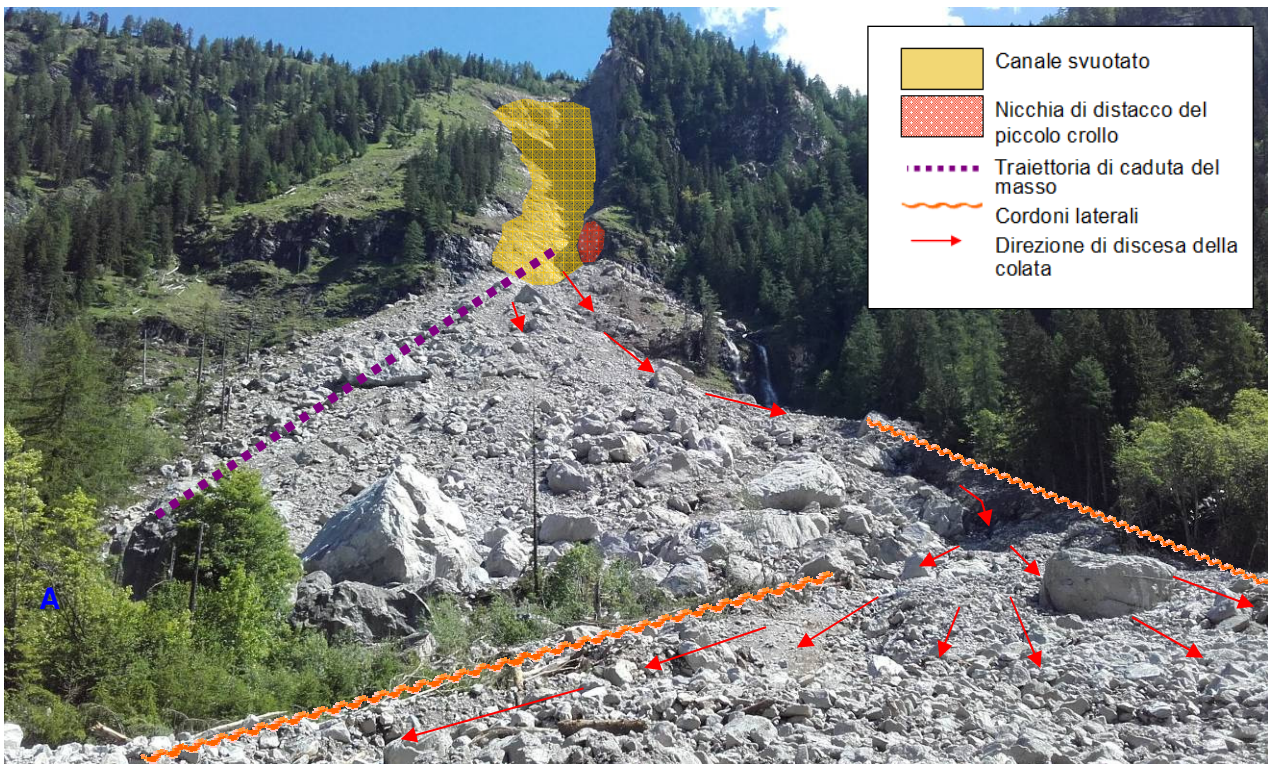


Figura 7. Vista frontale dell'area interessata dal processo. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.





Figura 8. Immagine scattata durante un sopralluogo il 22/07/2014. Ben visibile è il masso nella parte di chiusura del bacino spinto a valle durante l'evento. Foto Arpa Piemonte 07/2014.



Figura 9. Lobo della colata che ha raggiunto la sommità del vallo. Si noti la frazione più grossolana all'esterno. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.

A valle dell'opera, in corrispondenza del ramo di destra, la maggior parte del materiale defluito attraverso l'apertura si è depositato formando dei lobi sulla superficie a debole pendenza del fondovalle (Figura 10). La parte più fluida costituente la parte terminale della colata ha raggiunto le case e la strada di fondovalle. I ciottoli e i massi si sono depositi sottoforma di cordoli piatti e simmetrici (Figura 11), *boulder train* con l'asse maggiore dei clasti disposto perpendicolarmente alla direzione di trasporto, stile deposizionale che indica una deposizione istantanea in regime energetico elevato, dove la frazione fine del sedimento viene dilavata dalla coda liquida della colata (Figure 12,13,14 e 15).



Figura 10. Lobi formatesi per la deposizione del materiale più grossolano al diminuire della pendenza. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 11. Canale inciso (*gully*) e parzialmente riempito dal materiale della colata. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 12. *Boulder train* costituito da un masso frontale di grosse dimensioni (asse maggiore 2 m) seguito da blocchi più piccoli. La freccia indica la direzione di trasporto: gli assi maggiori dei massi sono disposti perpendicolarmente al flusso. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 13. Depositi nella parte terminale del conoide alluvionale costituiti da blocchi e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa-limoso. La parte più fine argillosa è stata dilavata durante la fase finale dell'evento. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 14. Cordolo simmetrico e appiattito tipico delle colate detritiche di tipo GCM. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 15. Cavità di erosione dovuta all'acqua disalveata e ad alta velocità, presente nella zona d'unghia del conoide alluvionale: è evidente la stratificazione di sabbie e piccoli ciottoli tipici dei depositi in posizione distale. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.

In corrispondenza del ramo di sinistra il corpo principale della colata detritica si è depositato sottoforma di grosso lobo interdigitato con altezza rispetto al fondo canale di circa 3.30 m (Figure 16, 17, 18 e 19); il passaggio della porzione più fluida in fase terminale della colata ha dilavato il materiale detritico a pezzatura minore, lasciando nell'alveo del torrente ciottoli decimetrici. Appena a valle del vallo paramassi, il lobo distale dovuto al deposito del materiale coesivo è in transizione verso valle con una facies a materiale detritico di pezzatura minore con scarsa matrice, testimonianza di un processo di una fase più fluida (Figura 20). La corsa finale della colata è terminata nel Toce, dove è arrivata la parte più fine del materiale.



Figura 16. Lobo laterale arrestatosi alla sinistra idrografica del rio Rich. *Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.*



Figura 17. Lo scorticamento del tronco d'albero permette di stimare un'altezza di circa 3.30 m raggiunta dalla colata detritica del ramo in sinistra idrografica. *Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.*



Figura 18. Tracce del passaggio della colata impresse sul tronco degli alberi sono utili per rilevare l'altezza massima della sezione trasversale (linea tratteggiata). Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 19. Caratteristica dei ciottoli decimetrici costituenti il letto dilavato del rio Rich. Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.



Figura 20. Limite esterno della colata: espulsione della frazione fluida dovuta alla riduzione della pendenza con conseguente rallentamento della colata e deposizione del materiale grossolano, trasformazione in colata immatura. *Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.*



## ANALISI DELLE CAUSE SCATENANTI

Secondo le testimonianze locali la colata detritica si è innescata tra l'una e le due di notte (ora locale) dell'11 giugno, rimobilizzando l'accumulo di frana per crollo occorso nel 2009. Per indagare le possibili cause scatenanti del fenomeno, sono state analizzate le precipitazioni piovose del 10 giugno poiché le uniche significative verificatesi nel periodo di occorrenza della colata stessa.

Sono stati utilizzati i dati di pioggia registrati dalla più vicina stazione pluviometrica "Formazza Bruggi", installata a quota 1226 m s.l.m., a circa 4km a S-SO dal bacino del Rio Enni. Per le analisi sono state inoltre utilizzate le mappe di pioggia stimate dal radar meteorologico installato a quota 1621 m s.l.m. sul Monte Lema in territorio svizzero poiché, data l'ubicazione del bacino sede della colata detritica, offre una migliore visibilità dei campi di precipitazione in quell'area rispetto ai radar piemontesi.

Le piogge registrate dal pluviometro della rete meteoidrografica gestita da ARPA Piemonte "Formazza Bruggi" sono state esaminate tenendo in considerazione diverse aggregazioni temporali per meglio identificare i picchi di intensità maggiore.

In Figura 21 è riportato il grafico rappresentante l'istogramma di pioggia oraria e la curva di pioggia cumulata registrata nell'intervallo significativo di pioggia, compreso tra le 9:00UTC (11:00 ora locale) del 10 giugno e le 24:00UTC dell'11 giugno (02:00 ora locale).

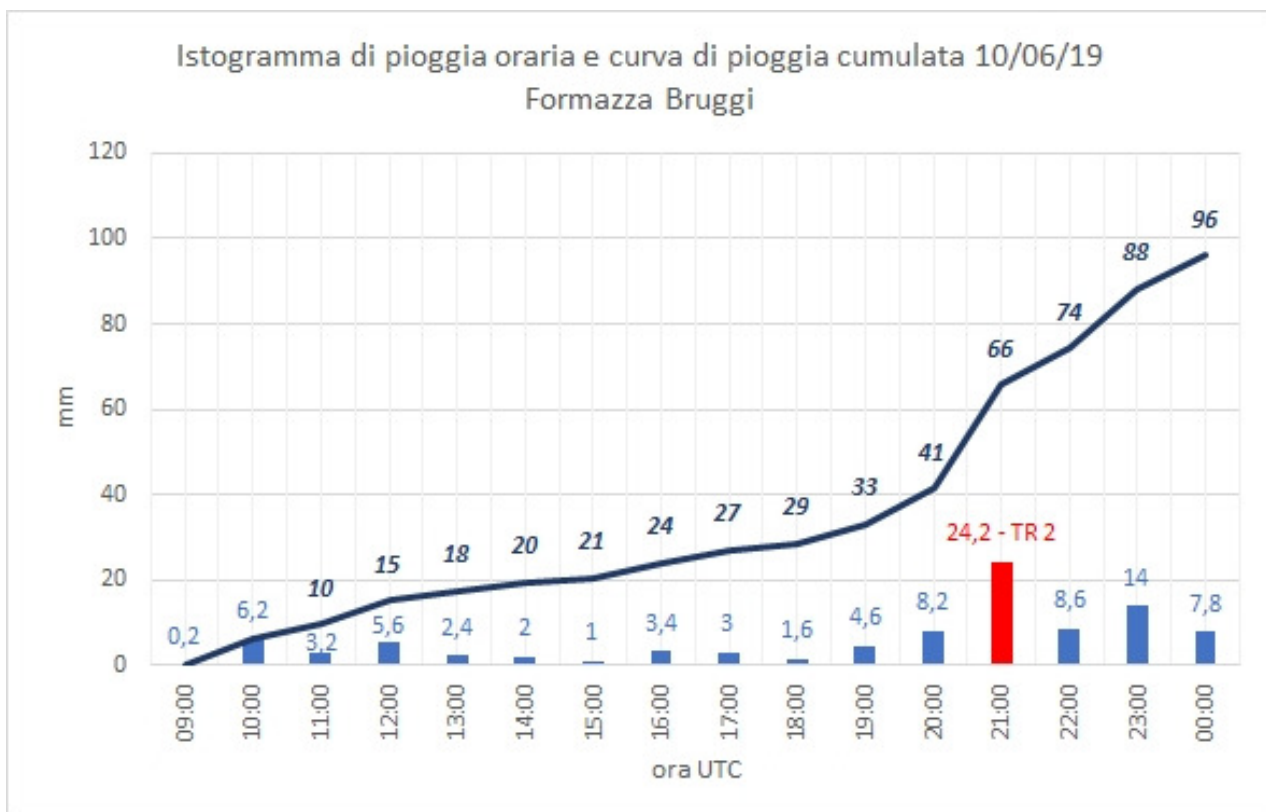


Figura 21. Istogramma di pioggia oraria e curva di pioggia cumulata registrata tra le 9:00UTC del 10/06/2019 e le 24:00UTC dell'11/06/2019.

Dal grafico risulta che in 15 ore sono caduti 96 mm di pioggia e che il picco orario più intenso si è verificato alle 21:00 UTC (23:00 ora locale) con 24,2 mm, valore di pioggia oraria corrispondente a un tempo di ritorno di 2 anni (TR 2). Analizzando le piogge sui 30 minuti (semioraria) si è osservato il picco di 13 mm alla medesima scadenza oraria, valore caratterizzato da un tempo di ritorno inferiore ai 2 anni.

Essendo la soglia di innesco minima per colate detritiche in bacini GCM pari a valori di intensità oraria uguali o superiori a 30 mm ( $\geq 30$  mm/h), si è analizzata la pioggia cumulata semioraria (Figura 22) ed oraria (Figura 22) su finestra mobile con un passo di 10' al fine di accertare se picchi maggiori si fossero verificati in orari diversi da quello precedentemente identificato.

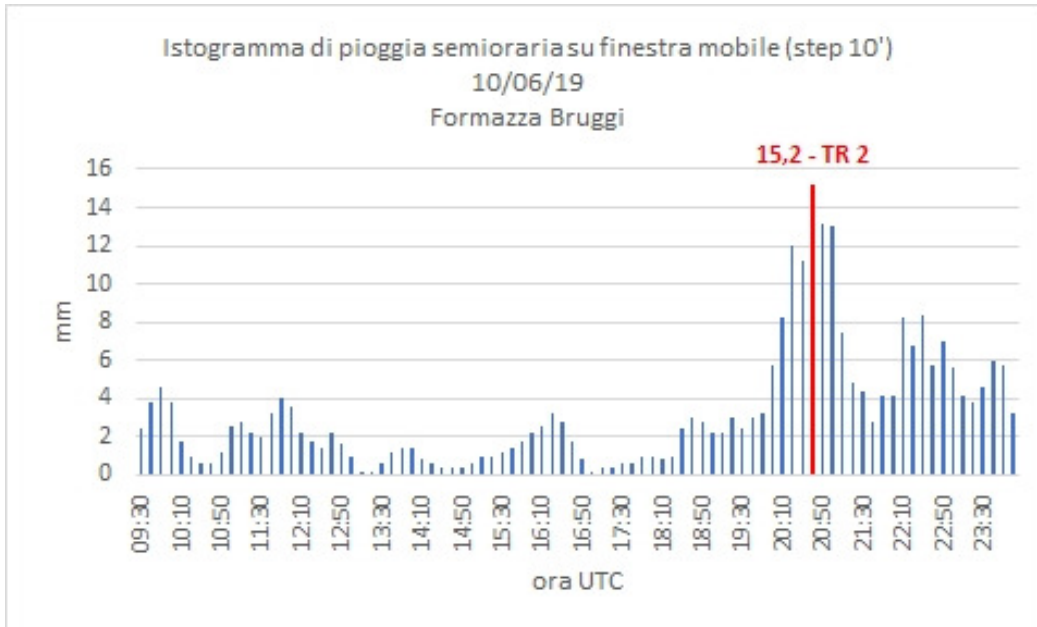


Figura 22. Istogramma di pioggia oraria cumulata su finestra mobile con passo di 10' in data 10/06/2019.

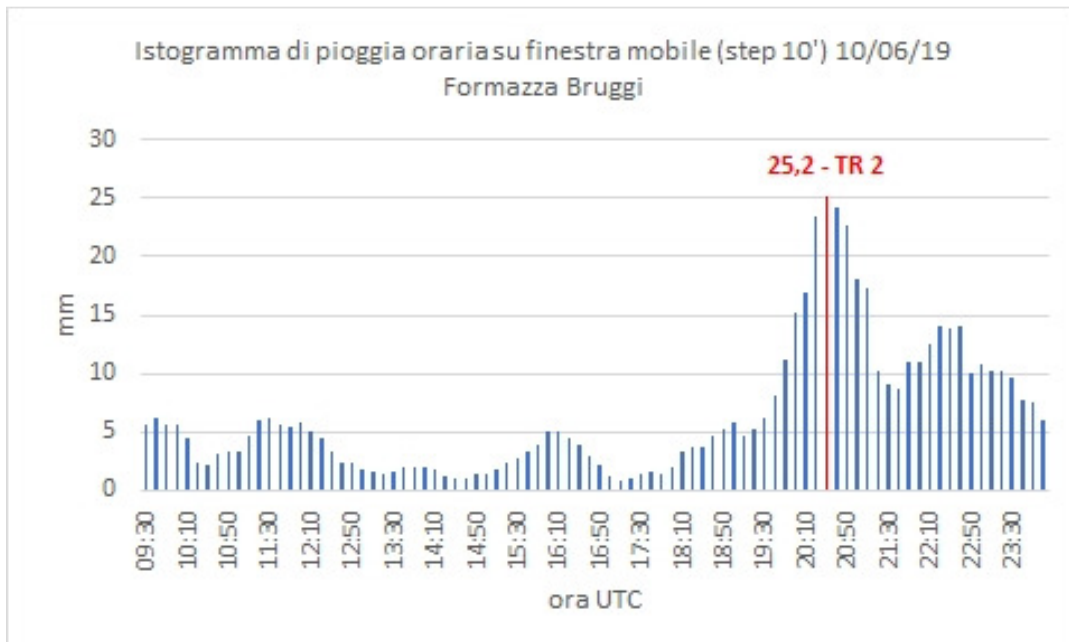


Figura 23. Istogramma di pioggia semioraria cumulata su finestra mobile con passo di 10' in data 10/06/2019.

Da entrambe le nuove elaborazioni sono emersi valori di picco leggermente più alti, 25,2 mm per le orarie e 15,2 mm per le semiorarie, entrambi caratterizzati da TR 2, avvenuti con tempistica anticipata rispetto al picco di Figura 21, rispettivamente alle ore 20:30UTC e 20:40UTC (22:30 e 22:40 ora locale).

Sebbene le intensità di pioggia finora analizzate siano caratterizzate da valori prossimi a quelli soglia, va considerato che il pluviometro utilizzato si trova a una distanza di 4 km dal bacino, una distanza non trascurabile per attribuire tali valori di pioggia al bacino in esame, soprattutto data la natura convettiva della precipitazione.

Per verificare quale pioggia sia effettivamente caduta nel bacino del rio Enni, si sono prese in considerazione quelle stimate dal radar meteorologico i cui valori sono stati comparati con i dati osservati puntualmente dal pluviometro. Sono state analizzate sia la mappa di pioggia cumulata per lo stesso intervallo temporale di analisi dei dati del pluviometro (Figura 24), sia le singole mappe di cumulata oraria al fine di identificare l'ora in cui si è verificata la precipitazione più intensa sul bacino durante l'evento.

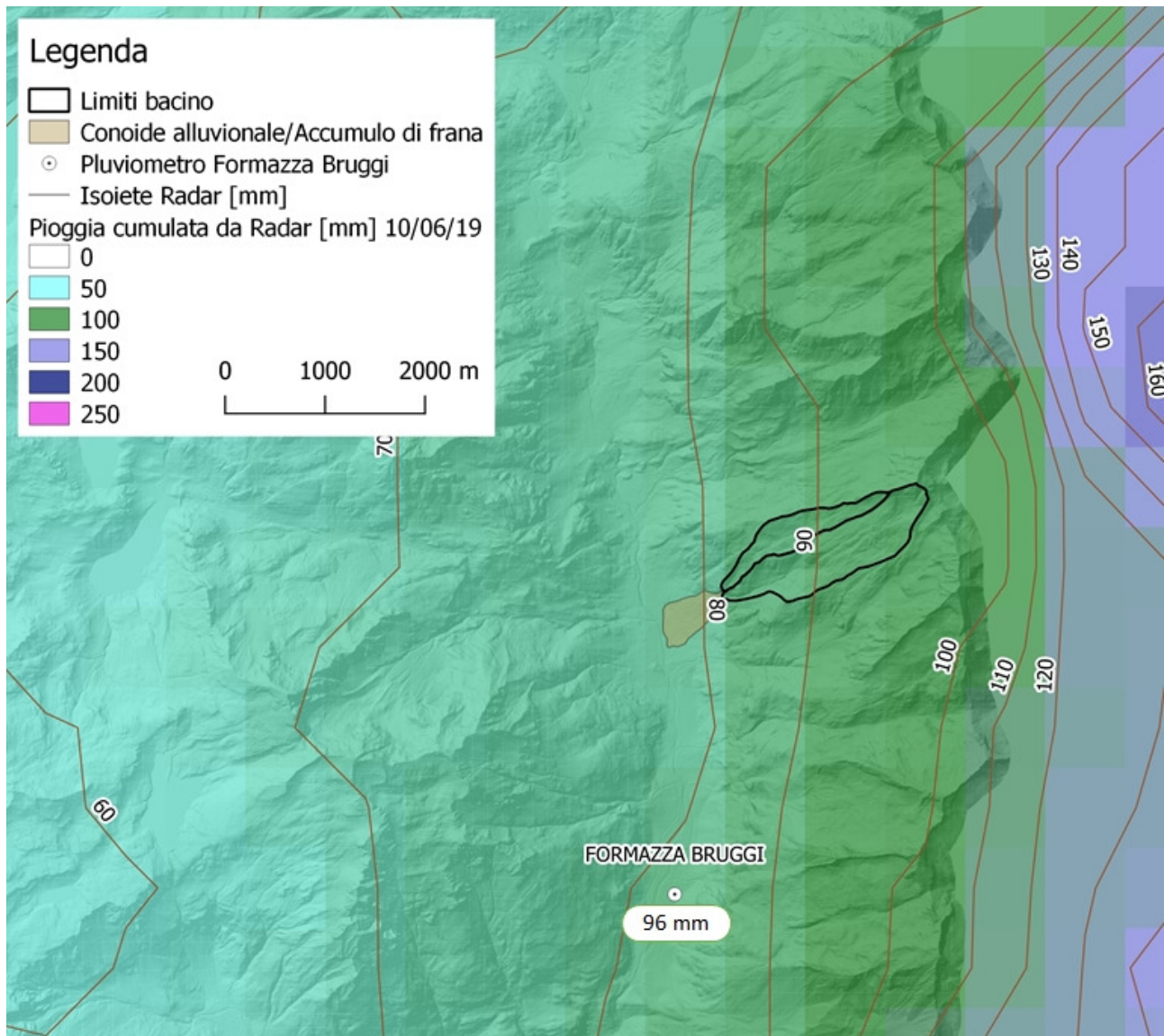


Figura 24. Mappa di pioggia cumulata stimata da sistemi radarmeteorologici nella giornata del 10/06/2019.

Grazie alla reale distribuzione spaziale dei centri di scroscio derivata dalle osservazioni radar, è anche possibile determinare quale parte del bacino sia stato effettivamente interessato da questi. La Figura 24 mostra la stima di precipitazione derivata dai sistemi radarmeteorologici applicando una relazione di conversione riflettività in intensità di precipitazione specifica per eventi convettivi. Nonostante il buon accordo con le osservazioni a terra si osserva sul punto stazione una sottostima del 7,5% (83 mm stimati da radar contro i 96 mm registrati del pluviometro). Da ciò si deduce che il 10 giugno sul bacino sono caduti circa 100 mm di pioggia in testata e oltre 90 mm nella parte centrale e terminale.

In Figura 25 è riportata la mappa radar di pioggia oraria stimata da radar meteorologico nell'istante di massima intensità oraria, corretta con il fattore di confronto con il pluviometro.

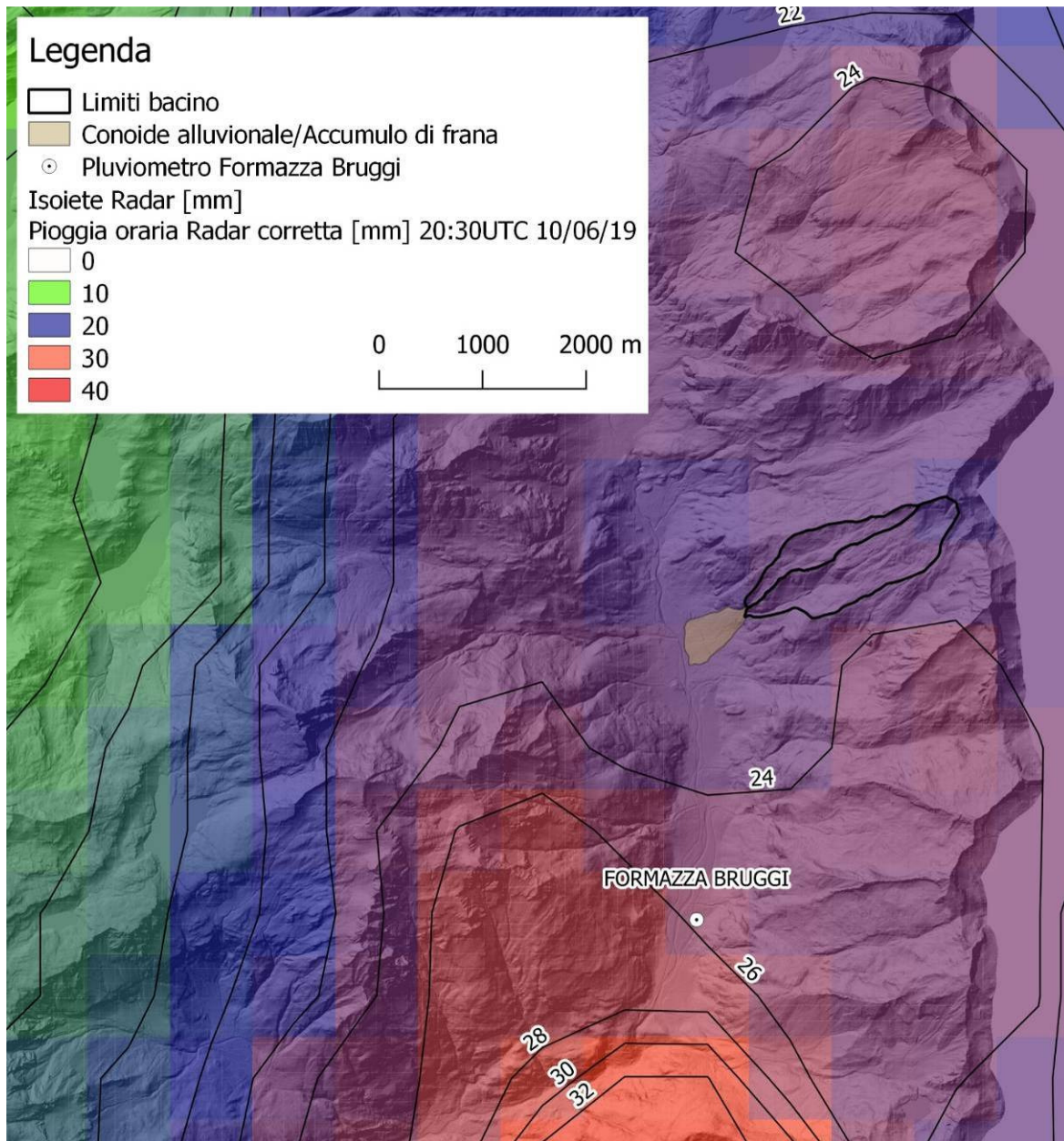


Figura 25. Mappa di pioggia cumulata oraria stimata da sistemi radarmeteorologici delle ore 20:30UTC del 10/06/2019 corretta per fattore di confronto orario con il pluviometro.

L'ora caratterizzata da intensità maggiore coincide con le 20:30UTC (22:30 ora locale) (Figura 25) con un valore di 25 mm registrato dalla stazione di Formazza Bruggi. Correggendo le stime di precipitazione da sistemi radarmeteorologici per i fattori di confronto sull'intero evento (7,5%) e sul dato orario (50%) si ottengono valori di precipitazione compresi tra 17 mm e 25 mm sul bacino interessato.

Va sottolineato che, né la stazione di Formazza Bruggi né il bacino del rio Enni sono stati interessati dai centri di scroscio maggiori, invece osservati a più di una decina di km a Sud del bacino in territorio piemontese e ad Est in territorio svizzero.

Sulla base dei risultati delle analisi pluviometriche, delle caratteristiche del bacino e dei processi che in questo possono avvenire, nonché della presenza del deposito di frana che occupava parte del canale principale del bacino stesso, si può ipotizzare che i circa 100 mm caduti in 15 ore sul bacino abbiano destabilizzato l'accumulo di frana, caratterizzato inoltre da una superficie di appoggio basale notevolmente inclinata su substrato roccioso, e che i picchi di precipitazione abbiano favorito la mobilitazione parziale del deposito di accumulo che si è propagato come colata detritica verso valle. È inoltre possibile che i blocchi di pezzatura maggiore con struttura *partially open-work* e/o *matrix supported* nell'accumulo di frana, possano aver costituito sbarramenti temporanei dando il tempo all'acqua di accumularsi in piccoli bacini nella porzione superficiale del deposito o in piccoli acquiferi temporanei all'interno del corpo di frana, per poi essere rilasciata in modo impulsivo qualche ora dopo il verificarsi dei picchi di precipitazione più intensi. Questo potrebbe ragionevolmente spiegare l'inerzia tra l'innescò del fenomeno di colata detritica e la distribuzione temporale dei valori massimi di precipitazione.

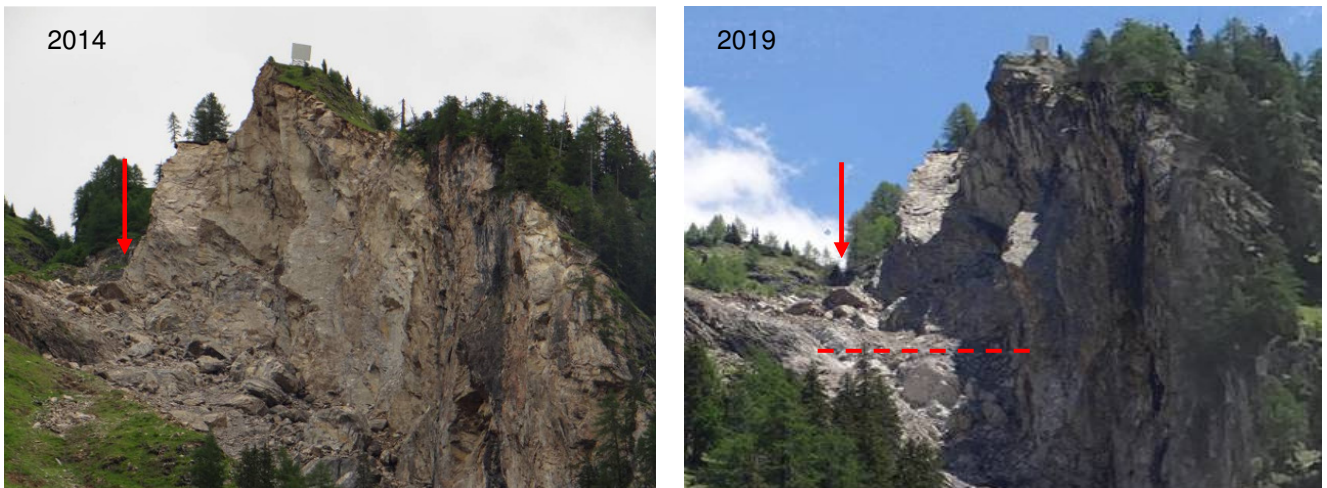


Figura 26. Il confronto delle due fotografie mostra la porzione di canale svuotato dal materiale detritico, la freccia indica blocchi non coinvolti nel trasporto. Il flusso superficiale incanalato nel rio ha determinato un'erosione di fondo alveo; l'acqua inglobando le particelle ha promosso la fluidificazione del materiale che, adagiato sul tratto di asta ad elevata pendenza (40°), è stato destabilizzato ed è sceso verso valle. Foto Arpa Piemonte.



Figura 27. Il canale ripulito a seguito dell'evento. *Foto Arpa Piemonte 13/06/2019.*

## EVENTI PREGRESSI

Vengono riportati qui di seguito gli eventi pregressi relativi all'area interessata dalla colata detritica, registrati nella banca dati Geologica di Arpa Piemonte.

### 1987, agosto 23-25

"Nel corso dell'evento alluvionale del 1987 si attivarono i canali del rio Rich e del rio Enni che alimentano la conoide di Ponte. A seguito di tale evento vennero realizzate sei briglie. Alcune abitazioni sono state costruite lungo i canali e in caso di trasporto torrentizio in massa potrebbero ESSERE INVESTITE" (Figura 26).

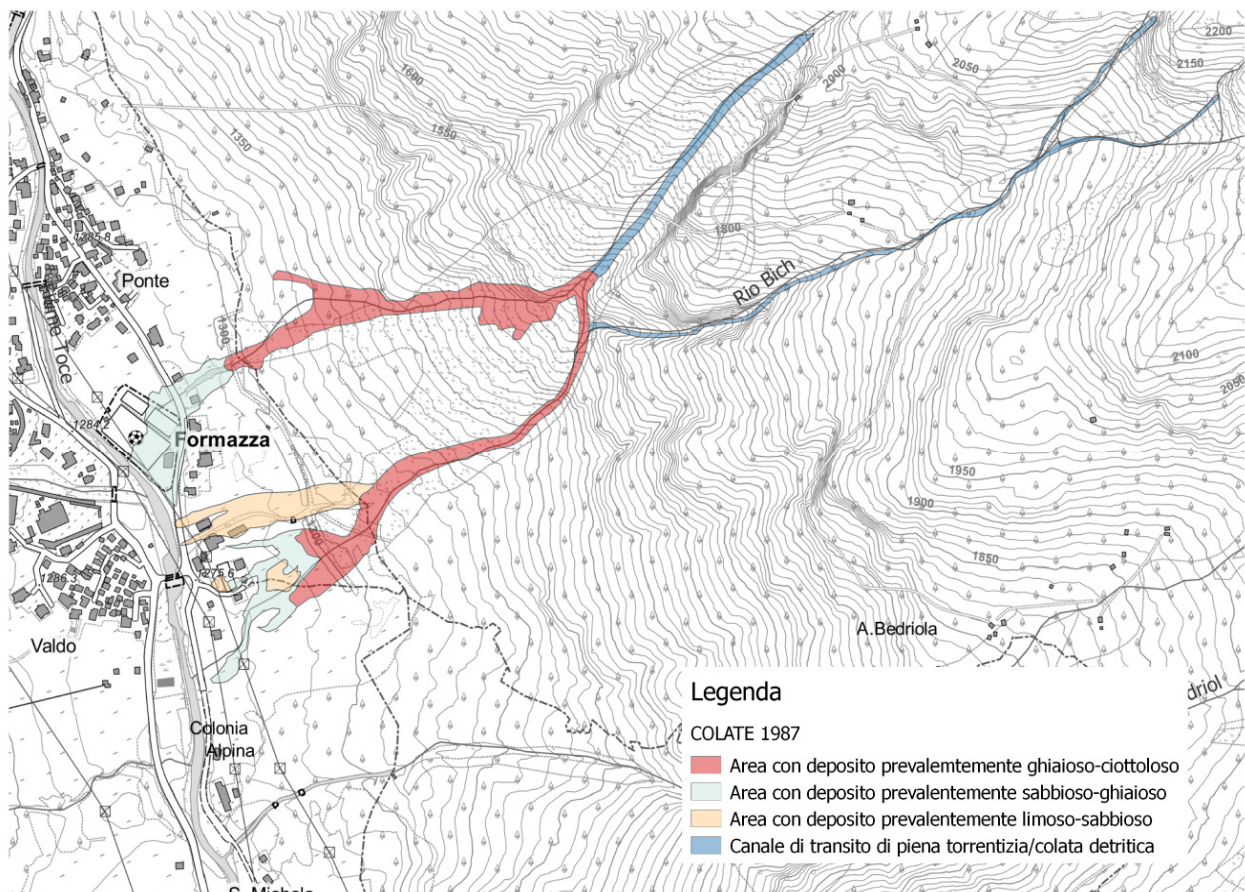


Figura 26. Fenomeni di dissesto dedotti dall'analisi delle fotografie aeree "Alluvione Ossola Valli Antigorio e Formazza 23-25/08/1987". La riattivazione dei due rii durante l'evento alluvionale del 1987, ha dato origine a colate detritiche che hanno interessato, anche se in modo lieve, le abitazioni poste sul fondovalle. La granulometria del materiale trasportato, differisce di molto rispetto a quello del 2019 poiché derivante dal materiale alluvionale depositato all'interno dei rii nella parte alta dei bacini.

### **1995, luglio 7**

A seguito di forti piogge un crollo in roccia si incanala lungo l'incisione di un tributario minore (Enni) in orografia sinistra del Toce presso Ponte. La quantità di materiale franato è modesta (volume di roccia crollato: 1000-1500 mc) ma il continuo apporto di materiale roccioso al canalone, per effetto di fenomeni di crollo quali quello segnalato, potrebbe dare vita a fenomeni di trasporto torrentizio in massa. Già segnalati crolli nei mesi precedenti.

### **2000, ottobre**

*“Nell'abitato di Ponte, frazione del Comune di Formazza, il Rio Rich ha invaso con modesti apporti di detriti la strada principale e la parte bassa di due abitazioni di recente costruzione”.* (da TROPEANO D., TURCONI L. 2000)

### **2009, aprile 19**

Nella mattinata di domenica 19 aprile 2009, alle ore 11 circa, si è verificato un crollo in massa di un'ingente porzione di parete rocciosa sovrastante, sulla sinistra idrografica, il ramo settentrionale del rio Rich, tributario del torrente Toce, all'altezza della frazione Valdo del Comune di Formazza. Un successivo distacco di materiale si è avuto dalla stessa parete 12 ore dopo il primo evento (alle ore 23 circa). Complessivamente sono stati stimati circa mezzo milione di metri cubi di ammasso roccioso mobilizzato (Figura 27).

Alcuni blocchi pluridecamentrici hanno raggiunto la parte medio-distale del conoide sottostante, arrestandosi in prossimità della zona urbanizzata

La quota massima del coronamento di distacco è individuabile a circa 1950 m s.l.m., in corrispondenza di una parete di faglia subverticale diretta NE-SO, immergente verso Nord Ovest. Immediatamente dopo i crolli, i volumi lapidei si sono incanalati e propagati per rotolamento nell'alveo inciso del rio Rich, sino alla soglia rocciosa in corrispondenza dell'apice del conoide di deiezione, a quota ca. 1570 m, dopo quasi 500 metri di percorso a valle del settore di distacco.

### **2009, aprile 26/28**

Locali riattivazioni sulla frana del 19 aprile.



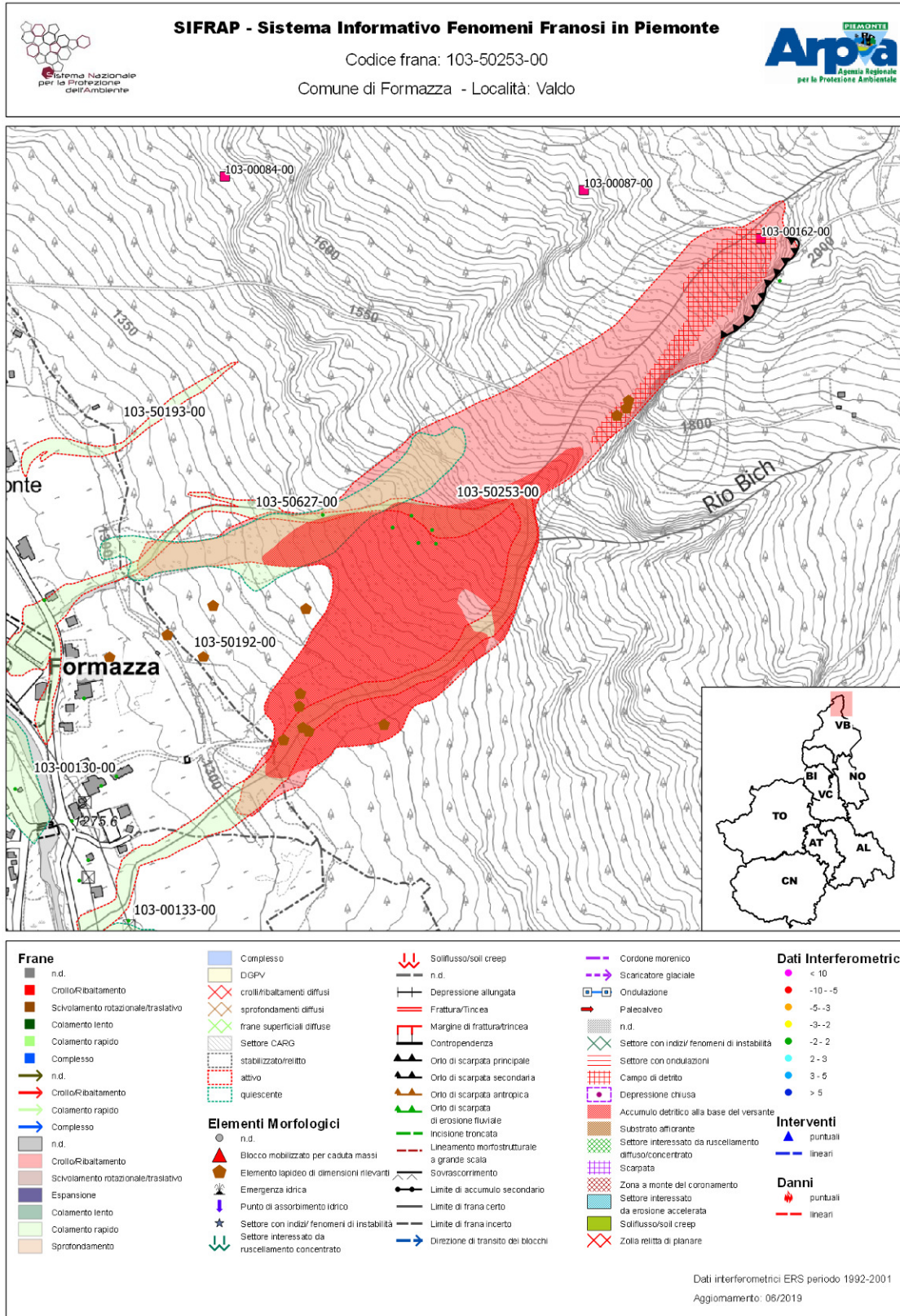


Figura 27. Il 19 aprile 2009, alle ore 11 circa, si è verificato un crollo crollo in massa di un'ingente porzione di parete rocciosa. Un successivo distacco di materiale si è avuto dalla stessa parete 12 ore dopo il primo evento (alle ore 23 circa). Perimetrazione del fenomeno riportata nella scheda SIFRAP di Il livello (Fonte:Arpa Piemonte).

## BIBLIOGRAFIA

Tiranti D., Cremonini R., Marco F., Gaeta A.R., Barbero S. (2014) The DEFENSE (DEbris Flows triggEred by storms - Nowcasting SystEm): an early warning system for torrential processes by radar storm tracking using a Geographic Information System (GIS). Computers & Geosciences 70: 96-109. doi:10.1016/j.cageo.2014.05.004

Tropeano D., Turconi L. (2000) Evento alluvionale del 14-15 ottobre nell'Italia nordoccidentale. C.N.R. I.R.P.I. di Torino.

