

MONOGRAFIE DI GEOLOGIA AMBIENTALE

# Geologia Ambientale in Piemonte e Valle d'Aosta

A cura di

**Annalisa Bove, Luciano Masciocco, Paolo Sassone**



Edizioni SIGEA

Monografie di Geologia Ambientale



# Geologia Ambientale in Piemonte e Valle d'Aosta

A cura di

**Annalisa Bove, Luciano Masciocco, Paolo Sassone**



Edizioni SIGEA

## MONOGRAFIE DI GEOLOGIA AMBIENTALE

### *Comitato scientifico*

Stefano Albanese, Valeria Ancona, Anna Barra Caracciolo, Eleonora Beccaloni, Vincenzo Belgiorno, Piero Bellotti, Mario Bentivenga, Giovanni Beretta, Aldino Bondesan, Francesca Bozzano, Alessandro Bratti, Giovanni Bruno, Vito Bruno, Nicola Casagli, Sergio Castenetto, Rachele Castro, Giorgio Cesari, Vera Corbelli, Erasmo D'Angelis, Donatella De Rita, Rosa Maria Di Maggio, Massimiliano Fazzini, Dolores Fidelibus, Fabio Garbin, Francesco De Pascale, Giuseppe Gisotti, Fabrizio Gizzi, Maurizio Guerra, Massimiliano Lega, Fabio Luino, Sergio Madonna, Carlo Manzo, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni, Giuseppe Mastronuzzi, Federica Paglietti, Mario Parise, Fabio Pascarella, Cinzia Pasquale, Laura Passatore, Raffaele Persico, Marco Petitta, Marco Petrangeli Papini, Gianluca Pirani, Francesco Pirozzi, Sabina Porfido, Enzo Pranzini, Elisabetta Preziosi, Antonio Rusconi, Fabio Sabetta, Gabriele Scarascia Mugnozza, Andrea Sconocchia, Paolo Sconocchia, Gianluca Selicato, Silvia Serranti, Rajanandrea Sethi, Andrea Sonnino, Giuseppe Spilotro, Fabio Trincardi, Maria Cristina Tullio, Vito Felice Uricchio, Giuseppe Vadala, Gianluca Valensise, Igor Villani, Patrizio Zucca

### *Comitato editoriale*

Silvano Agostini, Gigliola Alessandrini, Daniele Baldi, Andro Barabesi, Francesco Cancellieri, Lella Checchi, Eugenio Di Loreto, Maria Di Nezza, Daria Durante, Iaria Falconi, Cesare Ferone, Adele Garzarella, Enrico Gennari, Giammarco Guidetti, Alessio Iacobini, Gianluca Lattanzi, Michele Macaluso, Carlo Malgarotto, Endro Martini, Fabio Oliva, Michele Orifici, Gaetano Osso, Vincent Ottaviani, Guido Pagliaga, Silvia Paparella, Aldo Papotto, Edoardo Robortella Stacul, Orietta Sala, Gaetano Sammartino, Paolo Sassone, Stefano Sorvino, Nino Tarantino, Salvatore Valletta, Pietro Zangheri

### *Direttore scientifico*

Vito Felice Uricchio

### *Direttore editoriale*

Antonello Fiore

### *Progetto grafico e impaginazione*

Pino Zarbo - Fralerighe Book Farm

[www.fralerighe.it](http://www.fralerighe.it)

ISBN 979-12-80811-01-1

© copyright 2022 Edizioni SIGEA

E-mail: [monografie@sigeaweb.it](mailto:monografie@sigeaweb.it)

Sito web: [www.sigeaweb.it](http://www.sigeaweb.it)

Finito di stampare nel mese di settembre 2022 dalla Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

*Il presente volume è stato realizzato con fondi del progetto "Percorsi sostenibili" - Università di Torino - bando 2019 per il finanziamento di progetti di Public Engagement e con fondi del progetto "Studio preliminare alla realizzazione di sbarramenti nella zona a monte di Ormea per la mitigazione del rischio geo-idrologico nell'Alta Val Tanaro", finanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo con bando della Sessione Erogrativa Generale 2021.*

*Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali.*

# Indice

<i>Prefazione</i>	
ALESSANDRO PAVESE .....	9
<i>Introduzione</i>	
ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOCO, PAOLO SASSONE .....	10
Caratterizzazione del materiale di copertura di una discarica di rifiuti solidi urbani dismessa mediante indagini geoelettriche e prove di permeabilità	
DIEGO BARBERO, ALESSANDRO ARATO, MARCO BACENETTI, MARIO NALDI .....	11
Le attività della struttura “Monitoraggio e Studi Geologici” di Arpa Piemonte	
SECONDO BARBERO, LUCA PARO, ILARIA PRINZI, DAVIDE TIRANTI .....	17
Il Parco del Marguareis: un laboratorio naturale per la didattica e la ricerca in un’area ad elevata geodiversità	
CARLO BERTOK, ANNA D’ATRI, LUCA BARALE, LUCA MARTIRE, FABRIZIO PIANA.....	25
“Percorsi sostenibili” - Percorsi di ricerca e di didattica dell’Università di Torino su ambiente idrico e salute umana, in accordo con gli obiettivi ONU di sviluppo sostenibile	
FRANCESCA BONA, STEFANO DE BERNARDI, ALBERTO DORETTO, ELISA FALASCO, STEFANO FENOGLIO, VALERIA FOSSA, FRANCO GIANOTTI, ANNALISA GIANSETTO, MARCO GIARDINO, MASSIMO GRISOLI, LAURA GUGLIELMONE, MANUELA LASAGNA, ANNA PAOLA MARINIELLO, LUCIANO MASCIOCO, VITO MICCOLIS, MAURICE MINGOZZI LOČ, LUCA MORINO, MAURO PALOMBA, GIORGIA PARMEGGIANI, LUIGI PEROTTI, MARIA CONSOLATA SINISCALCO, DIEGO TARGHETTA DUR, CRISTINA VARESE, ANDREA VICO.....	33
Approccio multidisciplinare per lo studio di frane di grandi dimensioni: il caso della frana di Quincinetto (TO)	
MAURO BONASERA, GIANDOMENICO FUBELLI, GIUSEPPE MANDRONE, DAMIANO VACHA .....	38
Proposta per la mitigazione del rischio geo-idrologico nell’Alta Val Tanaro (provincia di Cuneo - Italia nord-occidentale)	
MAURO BONASERA, ANNALISA BOVE, ANNA MARIA FERRERO, GIANDOMENICO FUBELLI, MICHELE LICATA, LUCIANO MASCIOCO, BATTISTA TABONI, GESSICA UMILI .....	45

Metodi geofisici per la riduzione del rischio geologico nelle cave di gesso del Monferrato SABRINA BONETTO, CHIARA CASELLE, CESARE COMINA .....	56
Pericolosità idrologica dell'alto bacino del Torrente Borbore (Provincia di Cuneo – Italia nordoccidentale) ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO.....	62
TOMAPS: Un progetto per la mappatura da satellite dell'inquinamento atmosferico in Piemonte ADELE CAMPUS, MARCO LAIOLO, FIORELLA ACQUAOTTA, DIEGO COPPOLA.....	76
Considerazioni preliminari sul fondo naturale dei metalli nei suoli in Valle d'Aosta PIETRO CAPODAGLIO, FULVIO SIMONETTO .....	82
Analisi degli elementi di pericolosità nel bacino idrografico del Rio Maggiore di Castiglione Torinese (TO) NICOLÒ CAPURSO, MAURO BONASERA, GIANDOMENICO FUBELLI.....	86
Lo stoccaggio di energia termica nel sottosuolo. Un esperimento a scala reale nella pianura torinese JESSICA MARIA CHICCO, CESARE COMINA, GIUSEPPE MANDRONE.....	94
Monitoraggio sismico passivo di ammassi rocciosi potenzialmente instabili: casi di studio nel territorio piemontese CHIARA COLOMBERO, CESARE COMINA, ALBERTO GODIO, SERGIO CARMELO VINCIGUERRA .....	101
Le miniere di Traversella, un sito di interesse per la storia mineraria del Piemonte EMANUELE COSTA, SABRINA BONETTO, GIOVANNA ANTONELLA DINO, ARIANNA PASCHETTO, PIERA BENNA.....	106
Le attività di educazione ambientale dell'ARPA Valle d'Aosta SARA FAVRE .....	115
Alcuni problemi aperti sull'analisi del rischio di caduta massi: il caso di Rovenaud (AO) ANNA MARIA FERRERO, MARIA RITA MIGLIAZZA, GESSICA UMILI .....	118
Il Verde Cesana: una storica pietra ornamentale delle Alpi Occidentali FRANCESCA GAMBINO, ALBERTO AGOSTONI, LUCA BARALE, SABRINA BONETTO, ALESSANDRO BORGHI, ALBERTO CORNO, PIETRO MOSCA.....	124
Il Campo Geo-sperimentale dell'Orto Botanico di Torino LUCIANO MASCIOTTO .....	129
Studio degli aspetti del microclima di grotta fondamentali nella qualità ambientale del S.I.C. Borna Maggiore di Pugnetto (Valli di Lanzo, Piemonte) MICHELE MOTTA, LUIGI MOTTA .....	135
Pericolosità geo-idrologica del T. Malone (provincia di Torino – Italia nordoccidentale) MARIKA NOVELLO, ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO .....	142
Studio geologico-petrografico delle pietre ornamentali della città di Ivrea (Piemonte) e loro valorizzazione in ambito culturale e divulgativo GIORGIA PARMEGGIANI, ELENA STORTA, ALESSANDRO BORGHI, LUIGI PEROTTI, ANNA D'ATRI, MAURO PALOMBA, ANGELA DEODATO .....	151
Cattura e stoccaggio del diossido di carbonio: casi studio in Piemonte LINDA PASTERO, ENRICO DESTEFANIS, CATERINA CAVIGLIA, DAVIDE BERNASCONI, ALESSANDRO PAVESE .....	158

Cambiamenti climatici e innesco di megafrane in area appenninica mediterranea. Il caso della grande frana di Gavi del 1° dicembre 2019 PAOLO SASSONE .....	162
Gli invasi di Rocchetta Tanaro e Castell'Alfero (AT) per la mitigazione del rischio geoidrologico MAURIZIO TOJA, LUCA DI MARTINO, LUCA ALCIATI, GIUSEPPE RICCA .....	170
Imparare a camminare, camminare per imparare: una nuova prospettiva educativa per riconnettersi con l'ambiente MARCO DAVIDE TONON, ANDREA CARETTO, ANDREA GERBAUDO .....	175
Uno streamer sismo-elettrico innovativo per misure geofisiche in movimento lungo argini fluviali FEDERICO VAGNON, CESARE COMINA, ALESSANDRO ARATO, MARIO NALDI .....	182
<b>INDICE DEGLI AUTORI</b> .....	189

## Prefazione

**I**l sistema Piemonte – Valle d’Aosta offre una varietà paesaggistica straordinaria, che richiede un’attenzione speciale ai fini di una gestione capace di preservare, valorizzare, tutelare e prevenire. In ciò, le conoscenze e competenze reperibili entro le Scienze della Terra in senso lato, hanno ruolo fondamentale, e andrebbero raccolte in volumi mirati a offrire panoramiche aggiornate, focalizzando l’interesse su declinazioni specifiche. In ciò, la *Geologia Ambientale* esprime un angolo visuale estremamente attuale e di straordinario impatto. Proprio nella sua capacità precipua di leggere il territorio, coglierne le potenzialità sia in negativo sia in positivo e sviluppare costrutti guida per condotte cautelative o azioni d’intervento, la *Geologia Ambientale* è uno dei punti di raccordo tra manifestazioni del nostro Pianeta e sfera antropica, e pone i termini di convivenza tra comunità che abitano un’area ed un’ampia classe di fenomenologie naturali.

L’attenzione e la cura del proprio territorio è un impegno della società che lo abita, non solo alla luce di una convenienza immediata, ma piuttosto nel quadro di una presa di coscienza della necessità d’una sinergia, da svilupparsi nella declinazione della *geo-sostenibilità* e nel contesto di una forte e continuativa interazione tra istituzioni pubbliche e soggetti privati.

Si tratta certo di una sfida quotidiana, complessa ma dal cui esito dipende oggi la possibilità di proiezione futura della nostra società, dei suoi assetti in aree sia urbane sia rurali, della sua integrazione con il territorio, quest’ultimo non già da sfruttare ma da considerare pariteticamente e preservare, in un quadro di scambio reciproco di attenzioni e risorse.

Si tratta di una sfida culturale, che ritengo trovi esplicitazione a diversi livelli. Un livello di *conoscenza*, intesa nella capacità di leggere la natura, comprenderne i fenomeni e saperne gestire in positivo quanto essi comportino. In tali termini, l’*interdisciplinarietà* e la *transdisciplinarietà* descrivono bene l’articolato del sapere che è declinato dalla *Geologia Ambientale*, punto di raccordo e sintesi del ma-

*croscopico* con il *microscopico*. Un livello di *percezione*, che impone con forza il paradigma della *geo-sostenibilità*, nelle scelte e pianificazioni di scala, nelle normative al riguardo e in ogni altro aspetto che regolamenti la condotta in relazione al territorio. Un livello di *pragmatismo*, che aiuti nel raccordo tra la sfera normativa e quella sostanziale dell’esistente, nei tempi e modi governati dalla fattibilità, sempre con lo sguardo alle comunità che vivono il territorio, e che amano il territorio.

È in una cornice come tracciato sopra, che scrivo con piacere questa *prefazione* al volume *Geologia Ambientale in Piemonte e Valle d’Aosta*, che soggettivamente leggo non solo come un punto di raccolta per riflessioni e analisi a carattere tecnico e scientifico, ma anche come una dichiarazione di sensibilità verso ed affetto per le nostre bellissime regioni, Piemonte – Val d’Aosta, e per le comunità che le vivono.

**Alessandro Pavese**

*Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra  
Università degli Studi di Torino*

## Introduzione

**I**l volume è stato realizzato in vista della prossima costituzione della nuova Sezione interregionale Piemonte – Valle d'Aosta della SIGEA – APS e pertanto è stato opportunamente intitolato *Geologia Ambientale in Piemonte e Valle d'Aosta*.

L'insieme delle due regioni mostra una composizione territoriale tale da potersi presentare come un sistema di paesaggi unici e molto differenziati tra loro, che devono essere preservati e gestiti attraverso la valutazione preventiva degli effetti sull'ambiente. La pianificazione e la gestione del territorio rappresentano quindi aspetti essenziali per il governo del territorio, una materia trasversale delle varie discipline ambientali. In questo contesto si vuole inserire l'apporto della *Geologia Ambientale*, materia che studia la coesistenza tra l'uomo e l'ambiente geologico, sotto due punti di vista. Da un lato, la *Geologia Ambientale* studia i *pericoli* ai quali l'uomo può essere sottoposto a causa di fenomeni geologici, al fine della salvaguardia delle vite umane e delle strutture antropiche. In questo caso i fenomeni geologici vengono studiati in una *prospettiva attiva* nei confronti dell'attività umana e lo studio geo-ambientale porta alla valutazione dei *rischi geologici* (le *sorgenti* di tali rischi in Piemonte e Valle d'Aosta includono principalmente *alluvioni, frane e terremoti*). Dall'altro lato, la *Geologia Ambientale* studia le modalità con le quali l'attività dell'uomo possa svolgersi col minore impatto sulle *risorse geologiche* che fanno parte della biosfera (*aria, suolo, acque sotterranee*). L'ambiente geologico, rappresentato dalle tali risorse, si pone stavolta in una *prospettiva passiva* rispetto all'attività dell'uomo e lo studio geo-ambientale porta alla valutazione dei *rischi ambientali*. In questo caso, il geologo ambientale interviene soprattutto nella valutazione della *vulnerabilità* e del *valore* delle matrici geologiche esposte, anche se per la definizione del rischio deve anche saper riconoscere la presenza dei *centri di pericolo* ed avere sufficienti nozioni sui *composti chimici pericolosi sia inorganici sia organici* che da questi possono incidentalmente fuoriuscire, andando a contaminare l'aria, il terreno e le acque sotterranee.

Il volume tratta ampiamente questi due aspetti della *Geologia Ambientale*, con 12 articoli sui *rischi geologici* (BARBERO S. *et al.*, BONASERA *et al.* 1, BONASERA *et al.* 2, BONETTO *et al.*, BOVE & MASCIOCO, CAPURSO *et al.*, COLOMBERO *et al.*, FERRERO *et al.*, NOVELLO *et al.*, SASSONE, TOJA *et al.*, VAGNON *et al.*) e 4 articoli sui *rischi ambientali* (BARBERO D. *et al.*, CAMPUS *et al.*, CAPODAGLIO & SIMONETTO, PASTERO *et al.*), senza trascurarne altri, da sempre trattati dalla SIGEA – APS, come ad esempio l'*educazione ambientale* con 5 articoli (BONA *et al.*, FAVRE, MASCIOCO, PARMEGGIANI *et al.*, TONON *et al.*), i *geositi* con 4 articoli (BERTOK *et al.*, COSTA *et al.*, GAMBINO *et al.*, MOTTA M. & MOTTA L.) e l'*energia* con 1 articolo (CHICCO *et al.*).

Gran parte dei testi sono frutto del lavoro dei ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, ma nella realizzazione del volume sono stati proficuamente coinvolti anche i colleghi del Politecnico di Torino, il mondo professionale, le Amministrazioni Regionali del Piemonte e della Valle d'Aosta e le corrispettive Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale.

Il volume sarà presentato in un convegno che si vuole organizzare presso l'Università di Torino, in collaborazione con gli Ordini Regionali dei Geologi di Piemonte e Valle d'Aosta e in occasione del quale verrà ufficialmente costituita la Sezione interregionale Piemonte – Valle d'Aosta della SIGEA - APS.

**Annalisa Bove**  
Socia SIGEA - APS

**Luciano Masciocco**  
Consigliere Nazionale SIGEA - APS

**Paolo Sassone**  
Socio SIGEA - APS, referente Sezione interregionale  
Piemonte - Valle d'Aosta



# Cambiamenti climatici e innesco di megafrane in area appenninica mediterranea. Il caso della grande frana di Gavi del 1° dicembre 2019

Climate changes and related megalandslides in Mediterranean Apennine area. The case of the Gavi great landslide of December 1<sup>st</sup>, 2019

PAOLO SASSONE

Geologo, Studio Sassone Engineering Geology, Casalborgone (TO), socio SIGEA-APS

E-mail: [info@studiosassone.it](mailto:info@studiosassone.it)

**Parole chiave:** Cambiamenti climatici, megafrane, area appenninica mediterranea

**Key words:** Climate changes, megalandslides, Mediterranean Apennine area

## 1. PREMESSA

A seguito degli eventi alluvionali che hanno colpito il territorio di Gavi nei giorni 21-22/10/2019 e successivamente il 23-24/11/2019 si è osservato e attivato un importante movimento franoso in località Torrente Ardana - Cascina Sciotra, posta a sud del concentrico, in Comune di Gavi (AL), a carico dei terreni boschivi ed agricoli coltivati a vigneto di pregio. Il movimento, osservato come incipiente il 24/11 con la formazione di una prima fenditura a gradino di circa 40 cm e lunga alcune decine di metri, ha avuto la sua fase parossistica il giorno 1/12/2019 quando il fenomeno, già attivatosi dai giorni precedenti, ha interessato, con conseguenze disastrose, terreni per una estensione di poco inferiore a 11 ettari (Figg. 1 e 2). Il volume stimato di

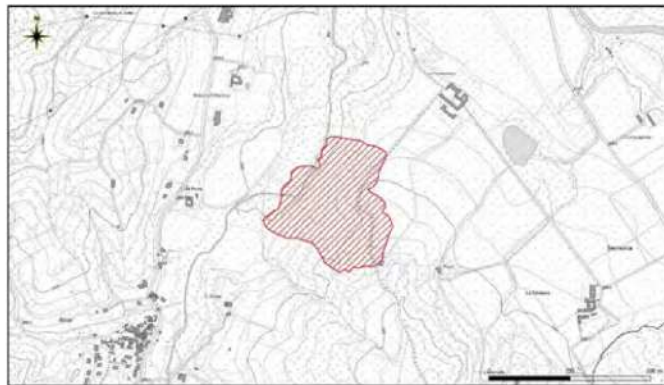


FIGURA 1. Area in dissesto per scivolamento planare (tratteggio rosso).



FIGURA 2. Situazione ante frana del 1° dicembre 2019; in rosso il perimetro della zona ante movimento. A sinistra il T. Ardana.

accumulo raggiunge il milione di metri cubi. La sequenza di eventi meteoroidrologici dell'autunno 2019, è stata la causa principale dei devastanti effetti al suolo registratisi nel bacino del T. Lemme e diffusamente in tutto il basso Alessandrino, come ben evidenziato nei rapporti di evento di Arpa Piemonte qui interamente richiamati ed ai quali si rimanda. Riferimenti si trovano in Arpa Piemonte, 2019 Parte 1; Arpa Piemonte, 2019 Parte 2; Arpa Piemonte (2019) – Eventi idrometeorologici dal 22 al 25 novembre 2019.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La frana ha un'estensione, dalle rilevazioni del DEM Ortofoto appositamente eseguito con drone, di 10,5 ettari circa. Il volume coinvolto è stimato attorno a 1 milione di mc.

La frana si protrae verso il fondovalle del Torrente Ardana, che scorre da Sud Ovest a Nord Est quale tributario sinistro del Torrente Lemme. Allo stato attuale, la nicchia di frana è posta a ridosso di Cascina Sciotra e coinvolge largamente i vigneti dell'Azienda agricola, per almeno due ettari. Il corpo del movimento franoso raggiunge l'alveo del fiume e risulta per alcune parti dell'accumulo frontale, in movimento stimato di 2/4 cm giorno. Tale valore è stato stimato in fase di rilievo con drone per il periodo non piovoso eseguito il giorno 31/1 e 3/2.

Sulla base degli elementi misurati grazie al contributo del sistema GPR l'avanzamento del fronte frana ha visto l'invasione dell'alveo, fortunatamente ampio oltre 120 m, per almeno 60 metri. Analogamente la distanza dalla posizione apicale della nicchia di distacco dalla parte sommitale della frana misura circa 60 metri.

Il fenomeno franoso, classificabile come scivolamento planare, si è attivato coinvolgendo le "Coperture detritiche ed eluvio colluviali prevalentemente limoso argillose alla base dei versanti e lungo i fondovalle secondari" e "Depositi alluvionali antichi prevalentemente ghiaioso sabbiosi argillosi fortemente alterati con prodotti di alterazione giallastri e rossastri, presenza di paleosuoli rosso arancio e bruno rossastri" che sarebbero scivolati, ed in parte anche coinvolgendo, sulla Formazione di Costa Arcasa (depositi di piana sottomarina costituiti da alternanze di marne,

marne argillose con livelli siltoso arenacei), afferente al bacino oligomiocenico ligure piemontese.

Dalle osservazioni di foto aeree è verosimile supporre che si tratti di una estesa mobilitazione che ha coinvolto anche precedenti accumuli di frana già messi in posto in tempi storici e rimodellati e rivegetati, ma ancora indivi-

duabili dagli archivi aerofotogrammetrici. Il Piano regolatore di Gavi (redatto nel 2010 dallo scrivente per quanto riguardava gli aspetti geologici) riconosceva la presenza, alla base del versante, di due accumuli franosi che potrebbero essere stati i dissesti precursori minori del più esteso dissesto 2019 in esame (Figg. 3 e 4).

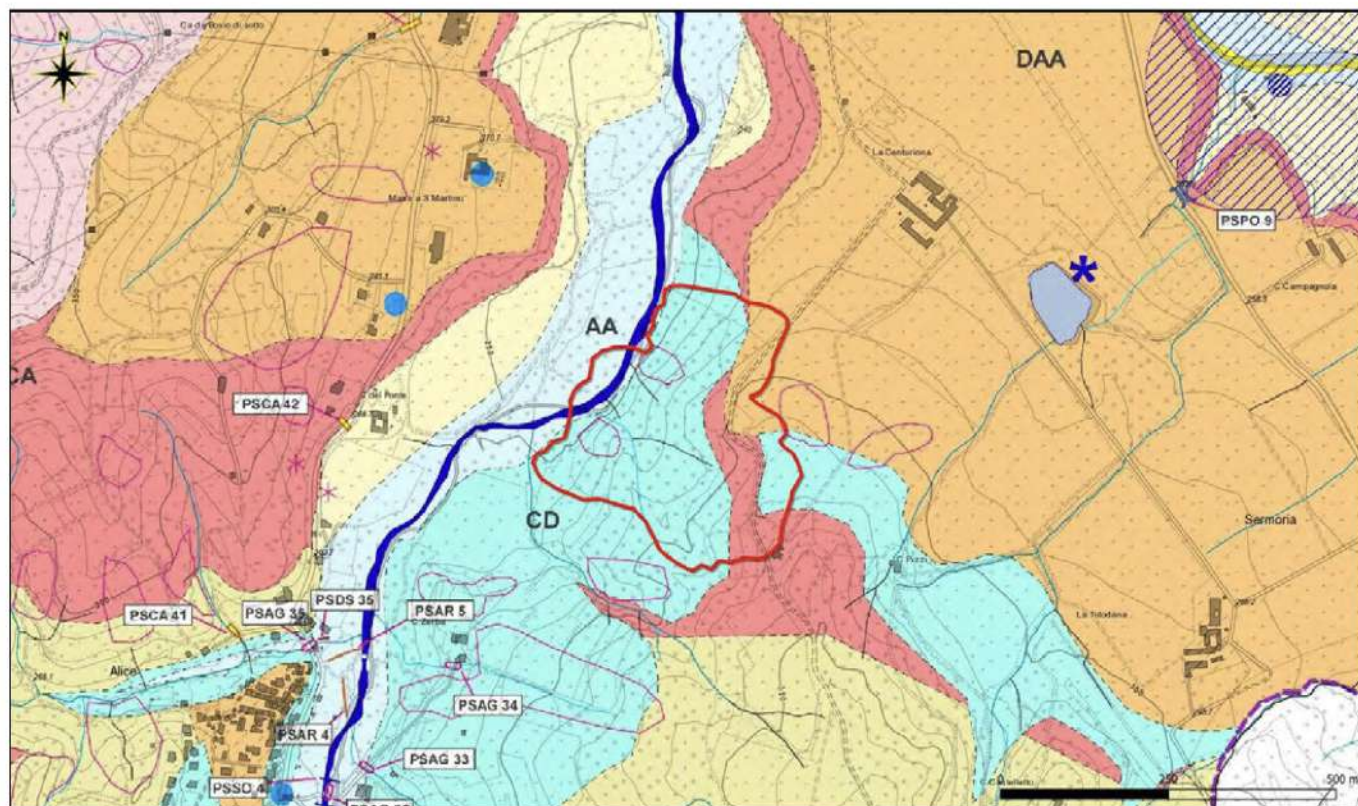


FIGURA 3. Stralcio della Carta geologico-strutturale, geoidrologica, della caratterizzazione litotecnica dei terreni e censimento S.I.C.O.D. In rosso il nuovo dissesto (PRGC di Gavi; Sassone, 2010).

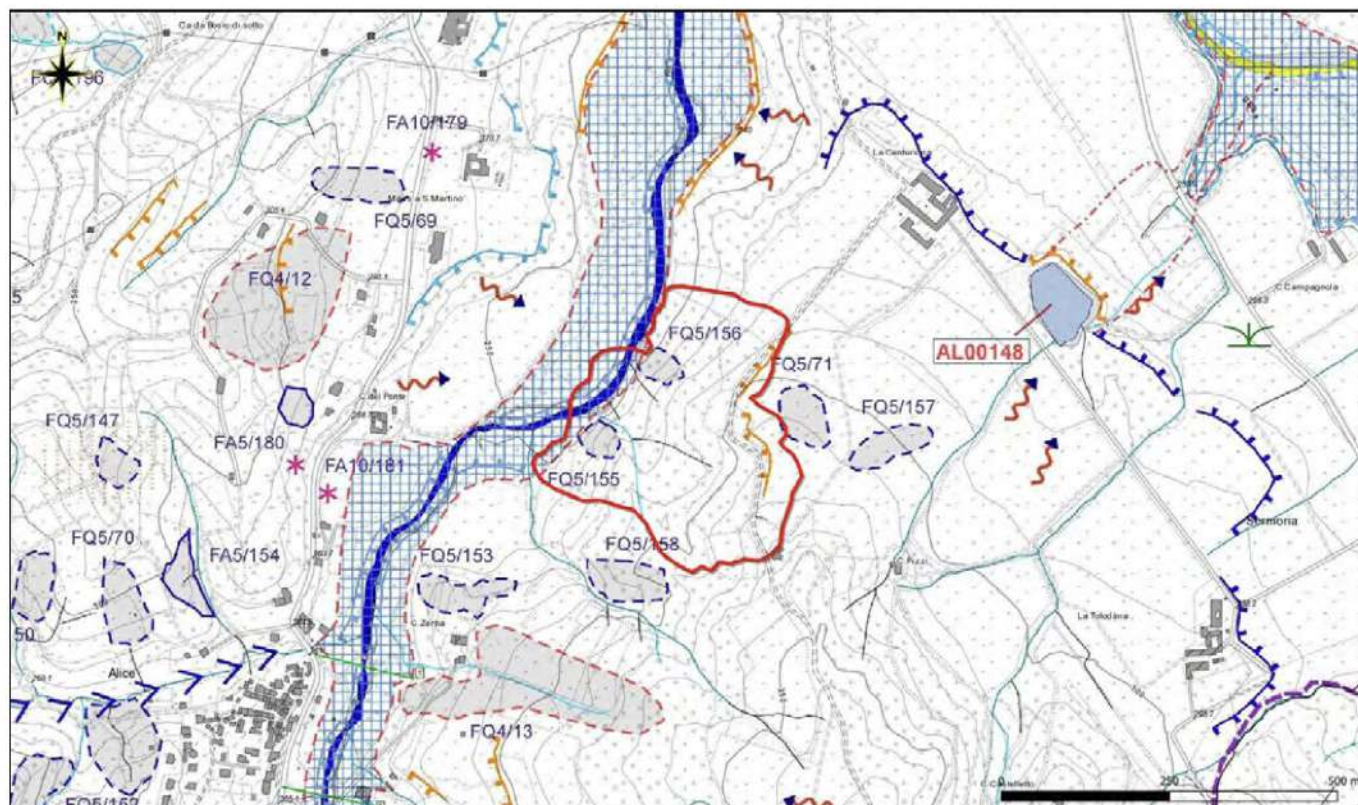


FIGURA 4. Stralcio della Carta geomorfologica dei dissesti, della dinamica fluviale e del reticolato idrografico minore. In rosso il nuovo dissesto (PRGC di Gavi; Sassone, 2010).

### 3. MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

#### 3.1 Descrizione del dissesto

In fase preliminare è stato eseguito un sopralluogo conoscitivo finalizzato ad una prima modellazione geologica e geomorfologica qualitativa quantitativa del fenomeno.

L'allegato fotografico mette in evidenza l'entità del fenomeno che eccede le "normali" ricadute al suolo di eventi alluvionali, oramai reiterati nel territorio Gaviense, sottolineando l'eccezionale dimensione della frana e la conseguente sua imprevedibilità a fronte dell'estrema difficoltà di una normale gestione emergenziale della stessa.

La nicchia ha un'altezza di svincolo di circa 6/8m e, planimetricamente, il movimento è stato misurato in circa

na stessa costituisce una criticità non di secondaria importanza per la sottostante Città' di Gavi. Inoltre il materiale arboreo schiantato a seguito del movimento franoso in corrispondenza del fronte e del Torrente Ardana rappresenta, anch'esso, una criticità non indifferente soprattutto nel caso in cui dovesse verificarsi una nuova piena, ancorché non eccezionale come le precedenti, che potrebbe trasportare a valle il materiale arboreo con conseguenze facilmente preventivabili a carico delle opere idrauliche presente lungo l'aveo dell'Ardana e poi del Lemme.

Da una prima valutazione puramente geometrico/qualitativa emergerebbe che gli spessori mobilizzabili (condizione pre-frana) e successivamente mobilizzati siano dell'ordine di grandezza variabile tra 6/8 m e 19 m, (Figg. 5, 6, 7, 8, 9, 10).



FIGURA 5. Cascina Sciotra porzione NordOvest della Nicchia di distacco.

60m in direzione NO. La nicchia ha un'estensione di circa 450m (due tratti paralleli a quote differenti collegati da un tratto ortogonale) e il fronte di circa 350m. La nicchia apicale di frana, in questo momento, è inoltre molto prossima all'edificio di Cascina Sciotra recentemente oggetto di interventi di mitigazione e consolidamento con opere speciali. Il corpo di frana risulta particolarmente complesso con porzioni che sono state movimentate in maniera solidale anche di parecchi metri, zone con evidenti rigonfiamenti ed altre con sensibili svuotamenti. Il fronte della frana si trova a ridosso del Torrente Ardana in un settore dove l'alveo è ampio e non parrebbe che, al momento, possa comportare un'ostruzione dello stesso, anche se il fatto stesso che il corso d'acqua scorre proprio alla base della fra-



FIGURA 6. Cascina Sciotra e la Nicchia di distacco, vista da valle



FIGURA 7. Particolare del margine occidentale della frana, nella parte basale ove sorge un capanno, con sollevamento verticale di almeno 7 metri del fronte frana, e avanzamento del fronte frana di circa 60 metri ad invadere il T. Ardana.

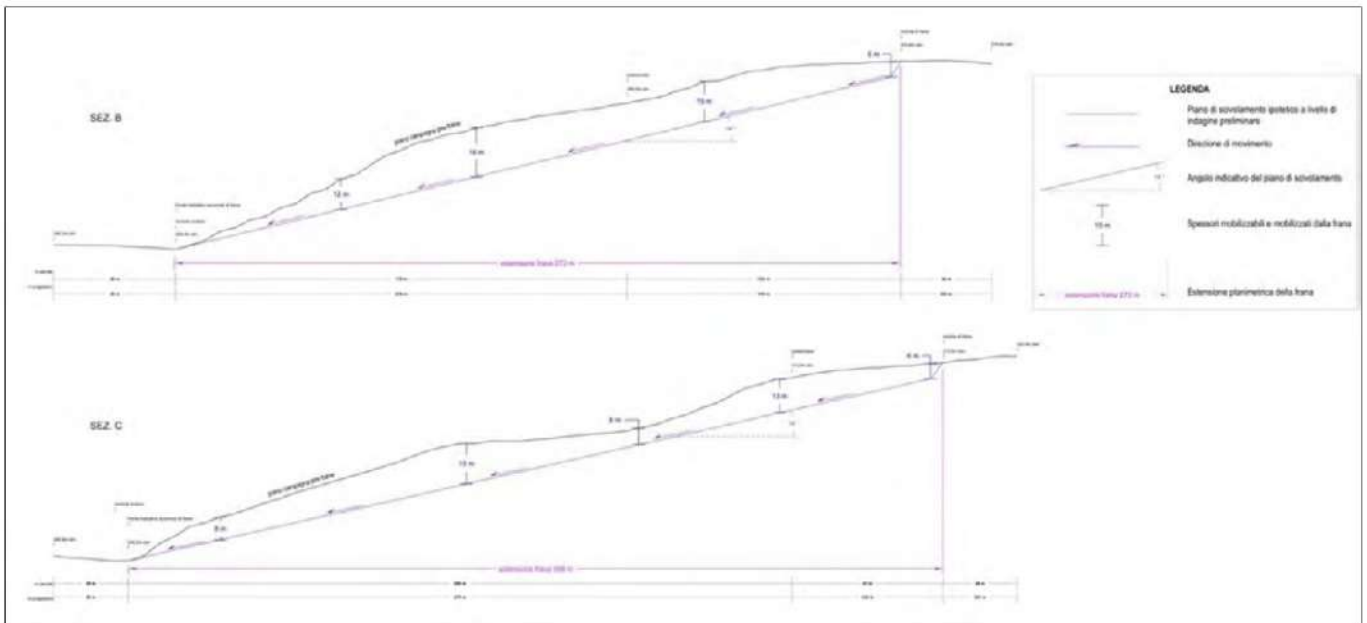


FIGURA 8. Ricostruzione delle geometrie e spessori coltri ante frana con spessori massimi stimati di 19 metri.

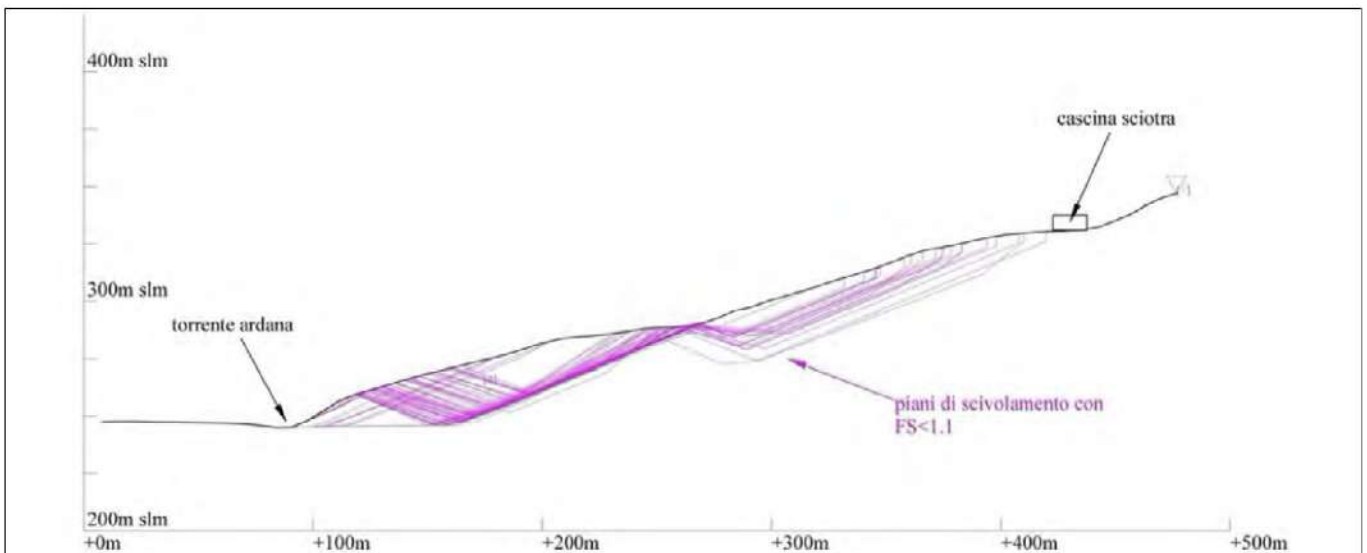


FIGURA 9. Analisi di stabilità del versante (back analysis). Metodo SSAP Slope Stability Analysis Program vers. 5/2020 del prof. Lorenzo Borselli.

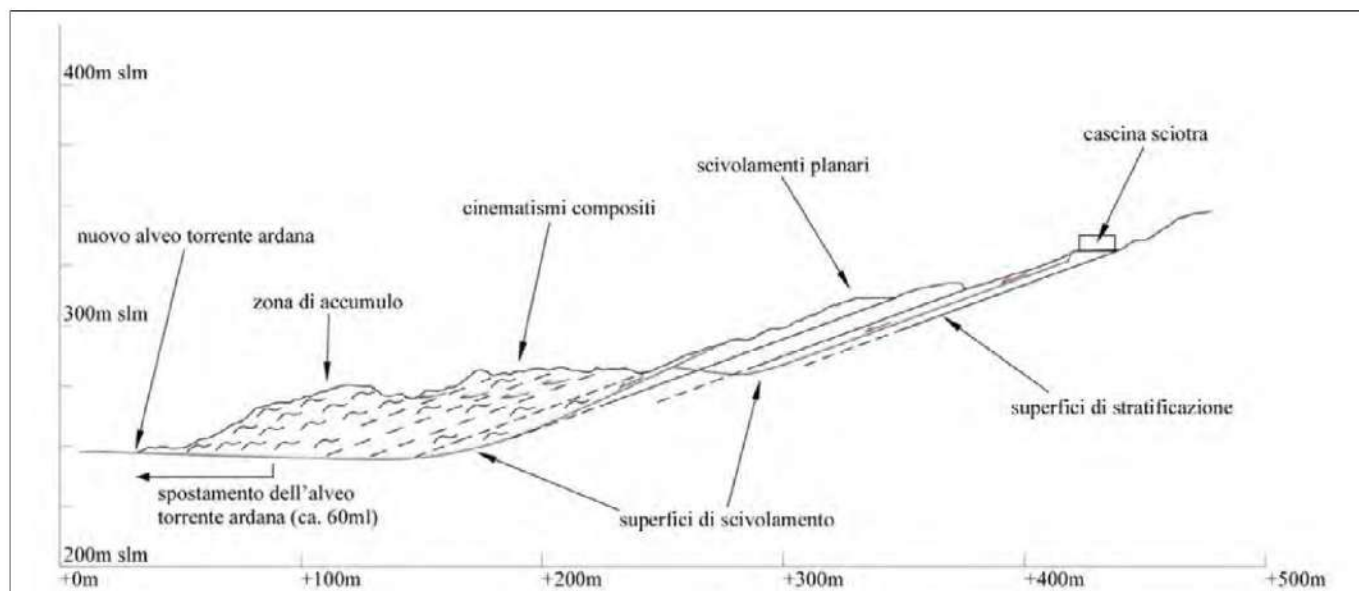


FIGURA 10. Sezione schematica degli effetti postcinematismo lungo la sezione principale di movimento.

La frana è classificabile con uno scivolamento planare evolutosi nel settore inferiore in un movimento composto rototraslativo con locale retroscorrimento, per via degli effetti di contrasto in avanzamento della parte basale.

Il dissesto è stato sottoposto a valutazioni di stabilità sia in condizioni ante scivolamento (simulando le condizioni potenzialmente presenti in precedenza all'evento), sia simulando le condizioni di stabilità residuali, con l'ausilio del Metodo SSAP (Borselli, 2020).

Attualmente, la porzione frontale dell'accumulo denuncia potenziali condizioni di instabilità geostatica con fattori di sicurezza inferiori a 1.

### 3.2 Analisi del dissesto su foto aerea

Le opere preliminari di studio del fenomeno hanno permesso di definire cartograficamente quale sia la situazione planoaltimetrica del dissesto, con superficie misurata pari a circa 10,5 ha. Il volo con drone eseguito con professionalità da Studio Verrua Drone Service Asti ha permesso di individuare in maniera precisa, il dissesto gravitativo quale scivolamento planare, facendo risaltare le caratteristiche geomorfologiche di dettaglio. Sfruttando i dati messi a disposizione dalla Regione Piemonte (Geoportale del Piemonte e Geoportale Arpa) è stato possibile procedere alla sovrapposizione catastale tra l'area in dissesto, foto aerea e rilievo preliminare con drone (Figg.11, 12, 13).



FIGURA 11. Vista da drone. Si noti il settore a meridione del perimetro rosso, interpretabile come area di progressa frana rimodellata, attualmente quiescente.

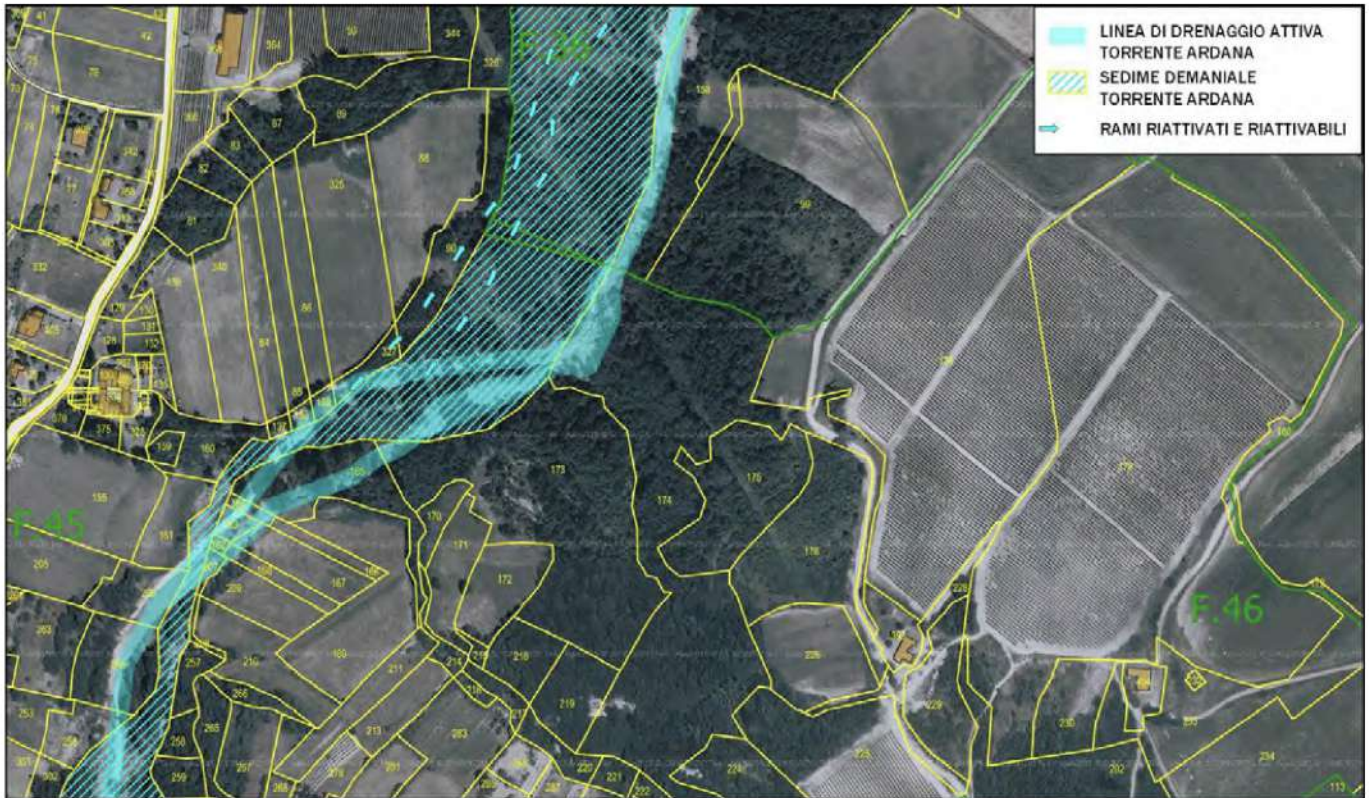


FIGURA 12. Sovrapposizione mappa catastale con foto aerea Aega 2015, con evidenza di erosione al piede del versante.

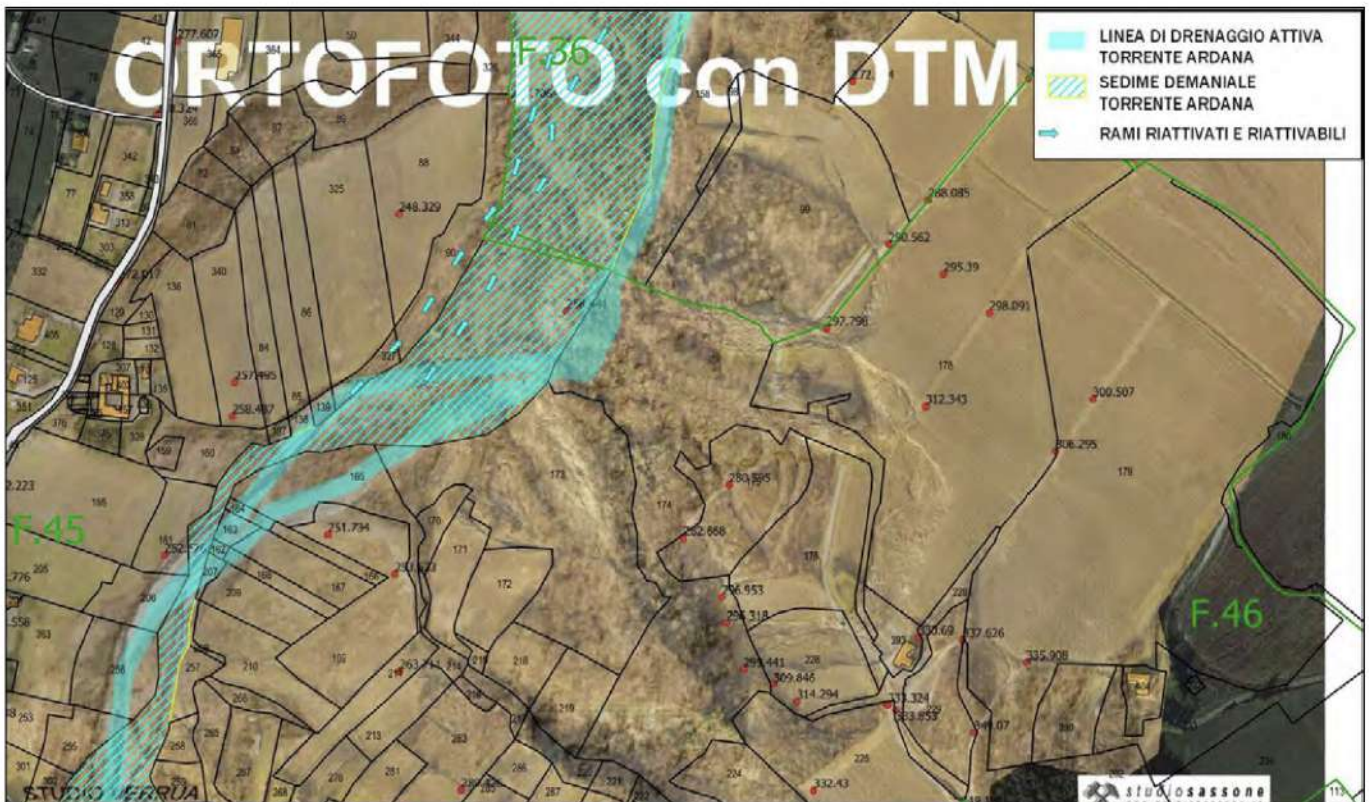


FIGURA 13. Sovrapposizione mappa catastale con foto aerea preliminare drone 2020.

### 3.3 Definizione dei fattori predisponenti e delle cause scatenanti

In via preliminare si ritiene che siano individuabili i seguenti fattori:

#### Fattori Predisponenti

- presenza di materiali dalle caratteristiche geotecniche da scarse a mediocri (Accumuli di frana di epoca stori-

ca, Coperture detritiche ed eluvio colluviali prevalentemente limoso argillose alla base dei versanti e lungo i fondovalle secondari” e “Depositi alluvionali antichi prevalentemente ghiaioso sabbiosi argillosi fortemente alterati con prodotti di alterazione giallastri e rossastri, presenza di paleosuoli rosso arancio e bruno rossastri”), in parte già coinvolti da fenomeni franosi (Fq5/155 e Fq5/156);

- giacitura a franapoggio del substrato terziario (Formazione di Costa Aresia) sui quali poggiano le suddette coperture, inclinazione media del piano di scivolamento circa 12/14° con orientamento a NO (circa 320/330°); non si escludono preesistenti venute sorgentizie lungo gli impluvi pregressi o interstrati ospitanti falde.
- azione di battuta di sponda ed erosione al piede del versante operata dal Torrente Ardana come peraltro evidenziato dall'analisi aerofotogrammetrica storica e cartografica riportata nel capitolo precedente.

*Cause scatenanti*

- eventi meteorologici intensi dell'ottobre e novembre 2019 (poco meno di 500mm di pioggia in 24h), con cumulate su base mensile che si attestano attorno a 1400 mm
- contemporanea, ed inevitabile, piena del Torrente Ardana che opera un'accentuata azione al piede in fase di piena.

Gli aspetti legati all'eccezionalità dell'evento meteoropluviometrico mettono in evidenza come, a fronte di precipitazioni sinora contenute al di sotto di 300 mm in 24 ore, la situazione geomorfologica locale fosse occasionalmente sollecitata ma con limitati eventi gravitativi areali, limitati a una diffusa prevalenza di colamenti e soil slip, che hanno pervaso da sempre i versanti più acclivi (ad. Esempio il versante sud del Forte di Gavi che ha periodicamente visto

fenomeni di colata rapida, molto pericolosi per l'abitato sottostante).

Nel settore di Gavi le grandi frane non sono state osservate su areali così estesi e soprattutto verosimilmente, erano proprio gli accumuni al piede del versante, riconosciuti solo dopo l'evento, a costituire gli esempi più estesi di depositi gravitativi.

Il reiterarsi in futuro di eventi meteoropluviometrici intensi e prolungati, superiori a 400 mm/giorno come nel ottobre 2014, nel Novembre 2016 e soprattutto negli eventi di ottobre e novembre 2019 può aprire una importante nuova fase di attività geomorfologica su tutto il settore appenninico della Valle Lemme e settori limitrofi del basso alessandrino, particolarmente esposti all'azione delle perturbazioni mediterranee autorigeneranti che trovano i loro massimi nell'autunno, generandosi sul Golfo di Genova, ove da alcuni anni il mare presenta valori di temperatura e evapotraspirazione ben superiori alle medie e predispone ad abbondanti rovesci sull'arco appenninico ligure (Fig. 14).

L'effetto al suolo è funzione dei punti di maggiore precipitazione che si possono localizzare a sud o a nord dello spartiacque influenzando rapidamente, come nel caso dell'ultimo evento recentissimo del 29/ agosto 2020 che ha visto la registrazione di ben 250 mm in meno di un'ora alla stazione di Franconalto, a fronte di circa 6 mm caduti alla stazione di Gavi, con effetti di piena istantanea del T. Lemme.

**4. INTERVENTI DI SOMMA URGENZA**

Innanzitutto è bene evidenziare che data l'estensione e le dimensioni del fenomeno franoso gli interventi prevedibili e programmabili non possono essere attuati con normali mezzi e metodi a carico di privati; si sottolinea inoltre che l'estensione ed il volume, oltre che la tipologia di dissesto con scivolamento planare non possono essere minimizzate solo con interventi superficiali di regimazione, ma richiedono un'articolata e complessa serie di azioni congiunte sia per gli aspetti di indagine geognostica, di monitoraggio che di stabilizzazione; soprattutto richiedono un'urgente valutazione e miglioramento delle condizioni al piede, ove il Torrente Ardana sta operando con la formazione di aree di ristagno.

È possibile definire quali possano essere le primarie attività di indagine e studio da eseguirsi (ancorchè già eseguite, programmate e attuate per parte privata), quali i primi interventi da eseguirsi in somma urgenza e tentare, con il supporto di un accurato studio geologico e geomorfologico, di attuare gli interventi di minimizzazione del rischio.

*Primarie attività di indagine e studio già effettuati*

- Sopralluogo conoscitivo sull'area
- Raccolta dati bibliografici
- Rilievo topografico di dettaglio georeferenziato mediante drone con restituzione DSM
- Rilievo di terreno geologico e geomorfologico di dettaglio
- Indagini geognostiche strumentali con eventuale installazione di sistema di monitoraggio

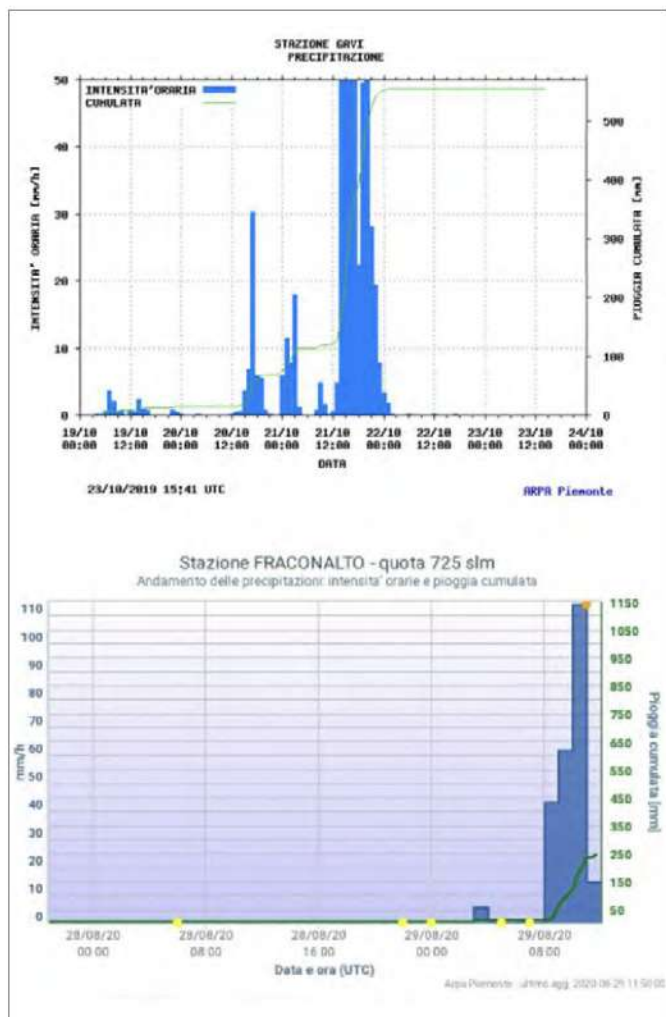


FIGURA 14. a) Dati pluviometrici del 21/10/2019 a Gavi e b) del 28/8/2020 a Franconalto - Fonte Arpa Piemonte.

*Primi interventi in somma urgenza:*

- *posizionamento sistema di osservazione e monitoraggio speditivi (picchettazioni) e delimitazione viabilità di accesso*
- Ripristino/realizzazione ex novo di viabilità alternativa verso Cascina Sciotra
- E' stato progettato ed eseguito di un sistema di contenimento strutturale (muro/cordolo su micropali tirantato) di consolidamento di Cascina Sciotra; sono state effettuate indagini geognostiche apposite a tale fine.
- protezione della nicchia di frana in corrispondenza di Cascina Sciotra (eseguite regimazione e manutenzione dei fossi esistenti)
- realizzazione di un provvisorio sistema di drenaggio delle acque meteoriche superficiali al fine di allontanarle dalla zona di nicchia

Tali opere sono state eseguite dai soggetti privati.

*Ulteriori interventi urgenti necessari, di carattere pubblico, per minimizzazione del rischio geomorfologico e geoidrologico:*

- Revisione dell'andamento dell'alveo attivo del Torrente Ardana al fine di allontanarne il corso dal piede corpo di frana; a tal fine si suggerisce in via d'urgenza di eseguire savanelle che orientino il deflusso verso i rami secondari posti a ovest dell'alveo, allontanando il deflusso attuale dal piede frana (per tale aspetto sono in fase di attuazione appositi interventi con finanziamento pubblico); contestualmente e' utile eseguire dei tagli della vegetazione ribaltata e schiantata per evitare future fluitazioni di tronchi. Particolare importanza ha l'operazione di rimozione del materiale schiantato presente sul fronte della frana e che interessa il Torrente Ardana, al fine di evitare la persistente erosione al piede ed imbibizione del corpo di frana da parte del corso d'acqua. L'alveo demaniale, come riportato nella allegate planimetrie catastali, comporta il rispetto del RD523/1904 e il Dlgs 42/2004 che vincolano l'area sotto il profilo idraulico e paesaggistico. Non risultano eseguibili movimenti terra con mezzi di scavo per la formazione di piste e savanelle; tali opere urgenti, programmate ed autorizzate dagli Enti competenti, risultano indispensabili per la tutela della sottostante Città di Gavi.

- a) Sistemazioni morfologiche e forestali preliminari della nicchia di distacco e a carico dei settori in frana immediatamente sottostanti al fine di agevolare il drenaggio superficiale delle acque di pioggia (tali interventi devono essere eseguiti conoscendo le direttrici di drenaggio ripristinabili in sicurezza al fine di evitare di indirizzare ulteriori acque meteoriche al fronte frana, si ritiene che prima occorra intervenire sul punto e) precedente)
- b) Realizzazione di una efficace rete di drenaggio superficiale *complessiva* sul corpo di frana e aree contermini eventualmente coinvolgibili da una futura evoluzione del dissesto, preferendo soluzioni che evitino l'infiltrazione profonda delle meteoriche regimate e favoriscano il loro scorrimento secondo direttrici predefinite lungo gli impluvi morfologici formati nel postfrana.
- c) Realizzazione di drenaggi profondi al fine di drenare il corpo di frana

- d) Esecuzione di inerbimenti e piantumazioni di settori della nicchia potenzialmente soggetti ad erosione per limitare il trasporto solido e l'asportazione di suolo durante i futuri eventi meteorici, limitando il piu' possibile la possibilità di colate

Occorre evidenziare che studi/interventi inerenti la regimazione del Torrente Ardana ai fini di evitare l'erosione al piede e consentire sui terreni demaniali l'accessibilità in sicurezza per l'esbosco, dovrebbero essere presi urgentemente in carico dall'Autorità competente con procedura d'urgenza, trattandosi di situazione di dissesto di eccezionali dimensioni e portata che è stata oggetto di dichiarazione di Stato di calamità naturale.

**5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

La presente nota tecnica ha lo scopo di mettere in evidenza come, nel corso di oltre un decennio di studi ed osservazioni personalmente condotte sul territorio del Comune di Gavi e del bacino del T. Lemme si siano venute ad attuare progressive variazioni in aumento del regime pluviometrico, con successivi ripetuti record di eventi che hanno raggiunto piu' volte valori progressivamente in aumento con anche 500mm/giorno e circa 1500 mm/mese nel corso dell'autunno 2019.

La situazione oroidrografica del territorio, lo vede sottoposto a fenomeni meteorologici influenzati dal crescente apporto di precipitazioni per perturbazioni a circolazione retrograda che si originano dal Golfo di Genova, in condizioni di temperature anomale del mare. I fenomeni meteorici autorigeneranti prolungati che riescono a superare il crinale appenninico, andando ad impegnare pesantemente le testate dei bacini del T. Erro, Lemme, le due Bormide, il T. Stura di Ovada, sono stati in grado di generare onde di piena anomale, oltre che condizioni di sempre maggiore predisposizione al dissesto geoidrologico specie sui terreni geologicamente piu' vulnerabili, segnatamente ascrivibili al bacino terziario ligure piemontese dell'Alto Monferrato.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia l'Azienda Agricola La Centuriona Scarl di Gavi per la gentile concessione all'uso dei dati; Elaborazioni grafiche Dr. Geol. Roberto Gamba.

**BIBLIOGRAFIA**

ARPA PIEMONTE (2019). *Eventi idrometeorologici dal 19 al 24 ottobre 2019 – Parte 1*. Dip. Rischi naturali e ambientali, Novembre 2019.

ARPA PIEMONTE (2019). *Eventi idrometeorologici dal 19 al 24 ottobre 2019 – Parte 2*. Dip. Rischi naturali e ambientali, Novembre 2019.

ARPA PIEMONTE (2019). *Eventi idrometeorologici dal 22 al 25 novembre 2019*. Dip. Rischi naturali e ambientali, Novembre 2019.

LORENZO BORSELLI (2020). Metodo SSAP - Slope Stability Analysis Program vers. 5/2020.

PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI GAVI (2010). *Elaborati geologici geomorfologici e sismici*, a cura dr. geol. Paolo Sassone, ined.