

Approccio multidisciplinare per lo studio di frane di grandi dimensioni: il caso della frana di Quincinetto (TO)

Multidisciplinary approach for the study of large landslides: the case of Quincinetto (TO)

MAURO BONASERA¹, GIANDOMENICO FUBELLI², GIUSEPPE MANDRONE³, DAMIANO VACHA²

¹ Servizio Geologico d'Italia - ISPRA

² Dipartimento di Scienze della Terra – Università degli Studi di Torino

³ Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del Territorio – Università degli Studi di Torino

E-mail: mauro.bonasera@isprambiente.it

Parole chiave: Frane, Pericolosità, Infrastrutture, Approccio multidisciplinare

Key words: Landslide, Hazard, Infrastructure, multidisciplinary approach

1. INTRODUZIONE

L'area oggetto della presente memoria è situata a Nord dell'abitato di Quincinetto (TO), sul versante idrografico destro del Fiume Dora Baltea, al confine fra la Regione Piemonte e la Valle d'Aosta. L'area di interesse si trova nel settore Nord-Orientale delle Alpi Graie (Alpi Occidentali), quasi allo sbocco in pianura della Dora Baltea.

Questa zona è conosciuta da tempo per i fenomeni di instabilità che affliggono tutti e due i versanti della valle (Bottino & Mandrone, 1991; Pirulli *et al.*, 2015, Filipello *et al.*, 2015), probabilmente in gran parte legati al detensio-namento degli stessi a causa dello scioglimento del ghiacciaio balteo che qui potrebbe aver raggiunto più di 1000 m di spessore (Forno *et al.*, 2010). Tali dinamiche caratteristiche delle fasi post-glaciali si inseriscono in un contesto di forte deformazione tettonica che si realizza attraverso discontinuità e zone di taglio di importanza regionale. L'attenzione si è concentrata su quest'area a causa di una caduta massi registratasi nel 2012 in cui alcuni blocchi di ridotte dimensioni hanno raggiunto l'autostrada. Questo fenomeno è classificato sul Sistema Informativo Fenomeni Franosi in Piemonte (SIFRaP a cura di Arpa Piemonte) con numero identificativo ID 001-76623-00. A seguito di questa caduta massi diversi enti si sono mobilitati nello studio della zona: dalle due Regioni, al comune alla SITAV (il gestore dell'autostrada TO-AO) ed i relativi consulenti, tra cui anche le università di Torino e Firenze (Casagli *et al.*, 2021).

Il versante interessato dallo studio è scarsamente antropizzato ma la valle è percorsa da una importante infrastruttura quale la A5 Torino – Aosta e da diverse altre infrastrutture strategiche. Il fondovalle si trova ad una quota di circa 290 metri s.l.m. mentre la parte sommitale del versante da cui parte la caduta massi raggiunge i 1250 metri s.l.m., mentre l'area a dubbia stabilità si estende fino a circa 2000 m di quota (Fig. 1). Il presente lavoro si configura come un report delle attività preliminari svolte con l'obiettivo di inquadrare l'area di studio dal punto di vista geologico, di valutare i processi in atto e di comprenderne l'effettiva magnitudo e di rilevare le caratteristiche dimensionali del fenomeno ai fini di supporto per le attività di monitoraggio e mitigazione del rischio.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La zona in studio ricade interamente all'interno della Zona Sesia Lanzo, una delle principali unità del Dominio Australpino, costituita da un basamento metamorfico policiclico sedimentario intruso da corpi basici e granitoidi tardo Varisici. Comprende tre sottounità: gli Gneiss Minuti, la II Zona Diorito-Kinzigitica e il Complesso dei Micascisti Eclogitici. È proprio dentro quest'ultima che ricade interamente la zona di versante interessata dalla frana. I Micascisti eclogitici consistono essenzialmente in paragneiss di alta pressione con minori corpi mafici, ortogneiss e marmi (Fig. 2).

L'analisi micro- e meso-strutturale ha permesso di riconoscere almeno 4 fasi deformative (Regis *et al.*, 2014 e



FIGURA 1. La zona in frana, indicata con il segnalino P3-P4, si inserisce in un contesto più ampio (linea gialla) a dubbia stabilità. Sono individuati anche i target strategici potenzialmente a rischio: l'autostrada, la ferrovia, il fiume e due centrali idroelettriche (Q1, Q2). Sono evidenziati anche i paesi di Quincinetto, Carema e di Pont Saint Martin (quest'ultimo in Valle d'Aosta) e l'area in cui sono stati posizionati la stazione totale ed il radar terrestre che monitorano il settore di frana più attivo (P3/P4).

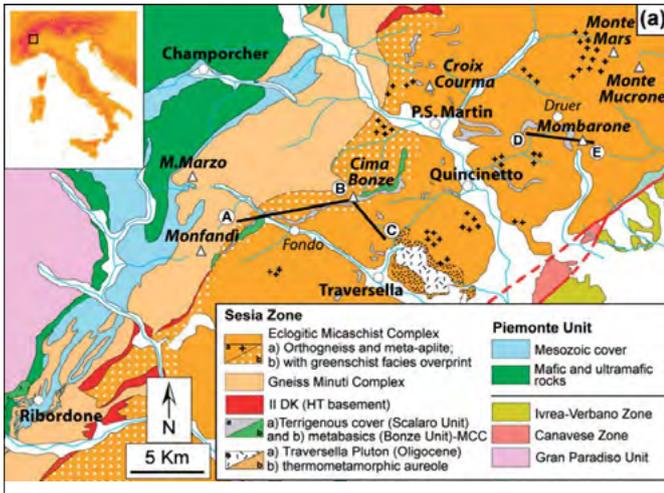


FIGURA 2. Schema geologico della zona del Sesia-Lanzo. Da: Regis *et al.* 2014.

2016). Alla scistosità primaria in facies eclogitica si sono sovrimate condizioni in facies scisti blu/scisti verdi. Queste strutture sovrimate sono rappresentate da un piegamento isoclinal, anche con la produzione di fasce milonitiche. I piani assiali delle pieghe sono orientati verso E-NE di 20-30°. Questa struttura è a sua volta deformata da altre pieghe isoclinali con piano suborizzontale anch'esso debolmente pendente verso E ed anch'esso pervasivo (è la scistosità prevalente nell'area di studio). Esiste un'ultima fase deformativa a larga scala che produce una modesta ondulazione delle strutture precedenti ad assi suborizzontali orientati circa N-S.

La deformazione fragile successiva all'impilamento delle unità tettoniche si è esplicata nel settore Austroalpino-Pennidico in due fasi distinte (D1: tardo Oligocene; D2: Miocene-Presente). Le principali strutture ascrivibili alla fase D1, tra le quali il semigraben Aosta-Ranzola e il sistema di faglie normali dell'Ospizio Sottile sono orientate in direzione E-W e NE-SW. Dal Miocene (fase D2) la deformazione si è realizzata mediante un set regolare di faglie con direzione NW, dalla Linea del Sempione al Massiccio del Gran paradiso; in questa fase il sistema dell'Ospizio Sottile ha subito la riattivazione come una faglia trascorrente sinistra per accomodare lo svincolo del blocco sudorientale delle alpi Pennine e Graie (Fig. 3) (Bistacchi *et al.* 2001).

3. OSSERVAZIONI SULL'ASSETTO MORFO-STRUTTURALE

L'intero tratto della vallata principale in cui si trova il versante in frana è visibilmente modellato dai fenomeni di esarazione glaciale avvenuti durante il Quaternario e precedenti all'erosione e sedimentazione fluviale attuali, operate da una ricca rete idrografica con notevoli capacità di incisione e trasporto. Questi processi hanno portato alla genesi di rotture di pendenza, formando superfici terrazzate interrotte da scarpate molto acclivi, che si rinvengono sia in destra che in sinistra idrografica della Dora Baltea (Fig. 4). Più nel dettaglio, il tratto di versante in esame è situato ai piedi di una paleovalle glaciale sospesa (Vallone di Scalero). In essa si rilevano diffusamente accumuli di dimensioni non cartografabili costituiti da blocchi eterometrici, prevalentemen-

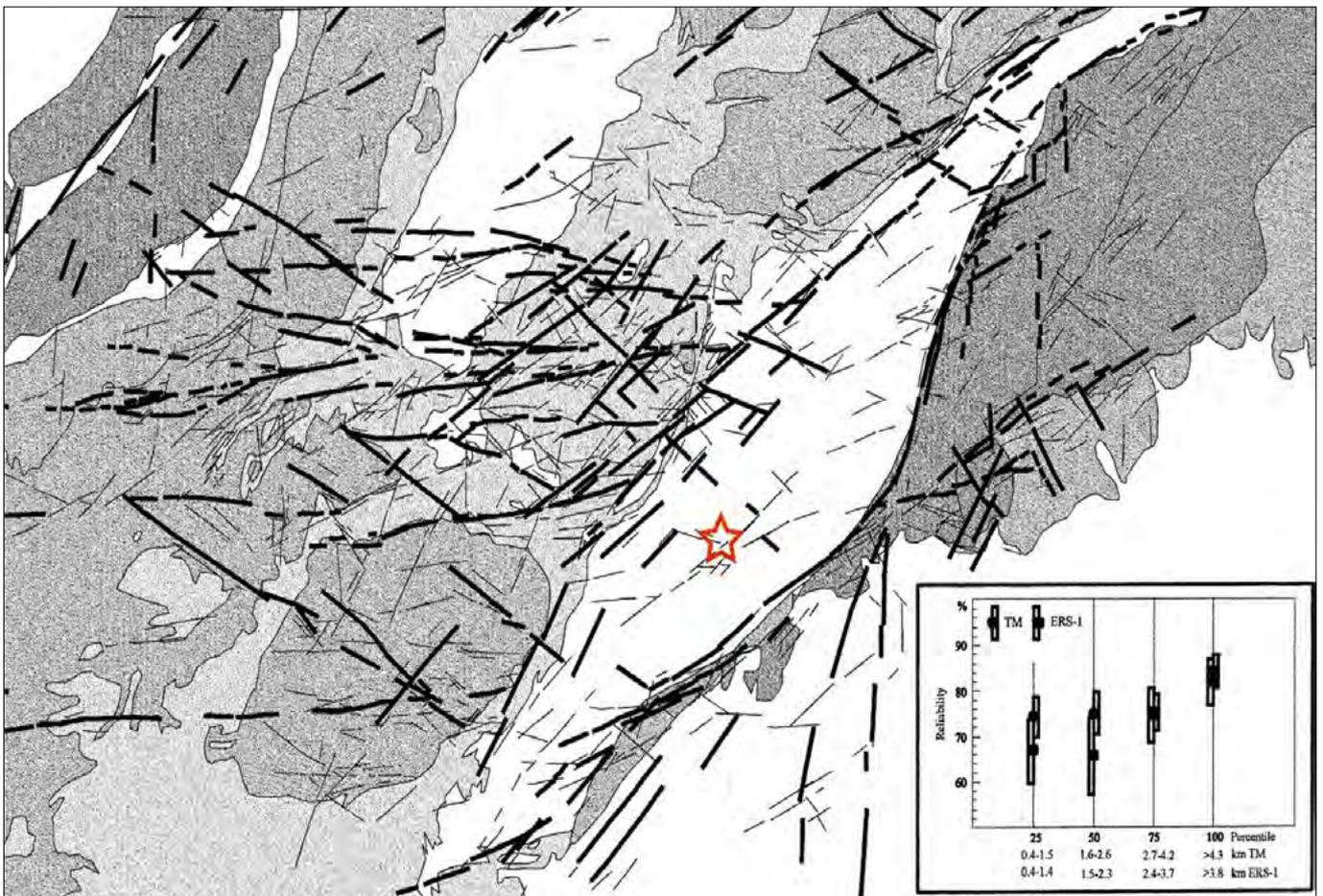


FIGURA 3. Principali lineamenti individuati nel settore in studio (Bistacchi *et al.* 2000). La stella indica la posizione dell'area di studio.

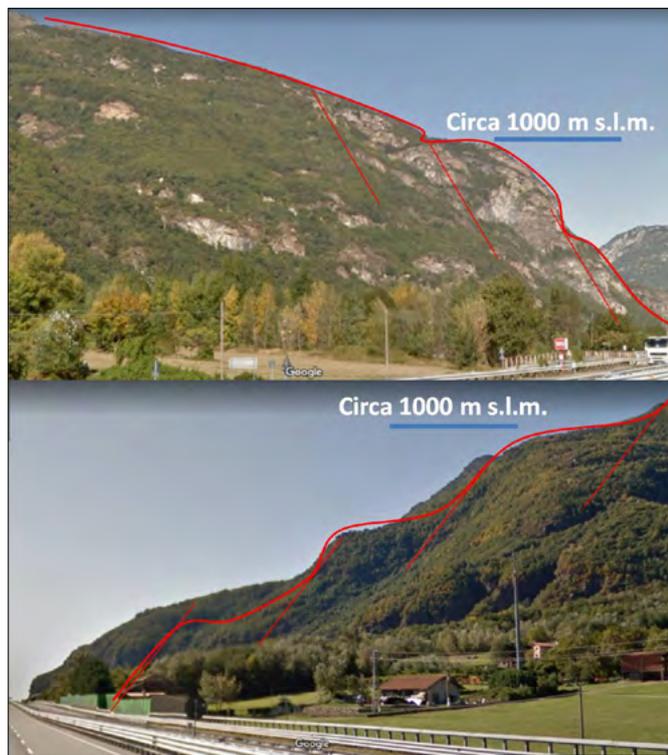


FIGURA 4. Vista, da sud verso nord (sopra) e da nord verso sud (sotto) all'incirca dal concentrico di Quincinetto: si possono osservare chiaramente i versanti dominati da strutture a gradoni degradanti verso valle, probabilmente di natura mista (tettonico/gravitativa e glaciale) visibili anche sul versante opposto della valle.

te sfaccettati con spigoli smussati, mescolati a una matrice siltoso-sabbiosa mediamente addensata, di colore bruno. Questi depositi costituiscono un insieme di rilievi allungati in direzione prevalente WSW-ENE e E-W, corrispondenti a cordoni morenici laterali. Tra i diversi cordoni si sviluppano depressioni allungate, interpretabili come relitti di scaricatori glaciali, in parte colmati da depositi fluvio-glaciali. In corrispondenza alle depressioni comprese tra i diversi accumuli si impostano venute d'acqua di modesta entità.

Le forme tipiche dell'ambiente glaciale sono però fortemente rimodellate da fenomeni gravitativi di grandi dimensioni dovuti probabilmente al rilascio tensionale subito dal substrato roccioso, soprattutto a carico delle spalle glaciali che limitano la valle principale. I fenomeni recenti rendono ancor più palese che la stabilità naturale del versante non sia stata ancora raggiunta (vedi foto di Fig. 5).

Gli ammassi rocciosi affioranti alle quote più elevate presentano una diffusa fratturazione, risultando disarticolati da sistemi di frattura notevolmente aperti e discontinuità per lo più parallele alla direzione del versante. Nella fascia altimetrica inferiore invece l'ammasso roccioso presenta una qualità maggiore, presentando un numero limitato di discontinuità, riempite da carbonati. La porzione sommitale del versante è interessata da numerose scarpate impostate nei micascisti eclogitici di altezza ed estensione di alcune decine di metri, corrispondenti a nicchie di distacco favorite dal sensibile stato di fratturazione della porzione più superficiale del substrato. La loro geometria cuneiforme è infatti governata dall'orientazione dei principali sistemi di discontinuità. A queste nicchie sono associati depositi gravitativi o discontinui depositi detritici.

Tra di esse e i relativi accumuli si osservano depressioni con profondità di alcuni metri.

I depositi di frana e di crollo, organizzati nella forma di conoidi coalescenti, mostrano spessore visibile di alcuni metri e sono costituiti da elementi angolosi eterometrici mescolati a una subordinata matrice fine e formati dai litotipi locali. Elementi distribuiti al margine inferiore degli accumuli, su cui è edificata la porzione occidentale dell'abitato di Quincinetto, mostrano dimensioni particolarmente rilevanti, fino ad alcune migliaia di m^3 , determinando una possibile confusione con affioramenti del substrato. I conoidi di deiezione, caratterizzati da notevole inclinazione, sono costituiti da materiali per lo più grossolani e la loro alimentazione è suggerita dalla costituzione locale degli elementi (micascisti eclogitici, eclogiti, prasiniti, marmi e quarziti). Alla base di questi sedimenti si osservano localmente materiali fini (till subglaciale) deposti da piene torrentizie. Le alluvioni della Dora risultano invece piuttosto grossolane con qualche sacca limoso-argillosa.

Le forme di questo tratto di valle sono evidentemente frutto di una serie di agenti che hanno agito contemporaneamente e/o in successione nell'arco degli ultimi migliaia di anni: ad un assetto tettonico fragile originario si è sovrapposta l'azione del ghiaccio che ha rimarcato le zone a minore resistenza meccanica. L'arretramento e poi la sparizione della lingua glaciale principale (qui il ghiacciaio Balteo si ritiene abbia raggiunto gli spessori maggiori, forse anche maggiori al km) ha di fatto contribuito al detensionamento delle spalle glaciali e le acque di fusione hanno contribuito alla formazione di canali periglaciali paralleli agli assi glaciali (principali e secondari). In questo contesto è chiaro che gli agenti gravitativi hanno avuto (ed hanno tutt'ora) buon gioco ad instabilizzare questi versanti con fenomenologie che vanno molto probabilmente dalle DGPV alle cadute massi, passando da scivolamenti, debris flow, crolli e ribaltamenti.

Nella sua complessità, è comunque riscontrabile una regolarità almeno delle principali lineazioni tettoniche: in Fig. 5 si può osservare come su un settore di qualche km^2 di ampiezza, la regolarità e ricorrenza delle strutture identificabili sia da foto aerea che sul terreno è chiaramente riconoscibile.

La Fig. 6 è una fotocomposizione ripresa dalla zona di coronamento dei crolli del 2013 verso il fianco sinistro (Nord) dell'ampio canalone da cui periodicamente si verificano episodi di caduta massi e debris flow. È abbastanza evidente che, oltre a problemi di singoli blocchi instabili per crollo, anche di grosse dimensioni (non di rado $>1000 m^3$), l'assetto delle discontinuità indica che cinematiche riconducibili a scivolamenti planari e ribaltamenti non sono da escludere.

4. DESCRIZIONE DEL FENOMENO

Il fenomeno del maggio 2012 che ha dato inizio agli studi di maggior dettaglio si è innescato a circa 850 m s.l.m. Si tratta di un crollo che si è originato da un accumulo di blocchi ciclopici per un totale di diverse migliaia di m^3 , con blocchi fino a $50 m^3$ che hanno raggiunto il fondovalle interessando l'autostrada e la frazione Chiappetti di Quincinetto.

Le principali scarpate presenti a monte del campo di blocchi sono costituite nella quasi totalità dei casi da pareti

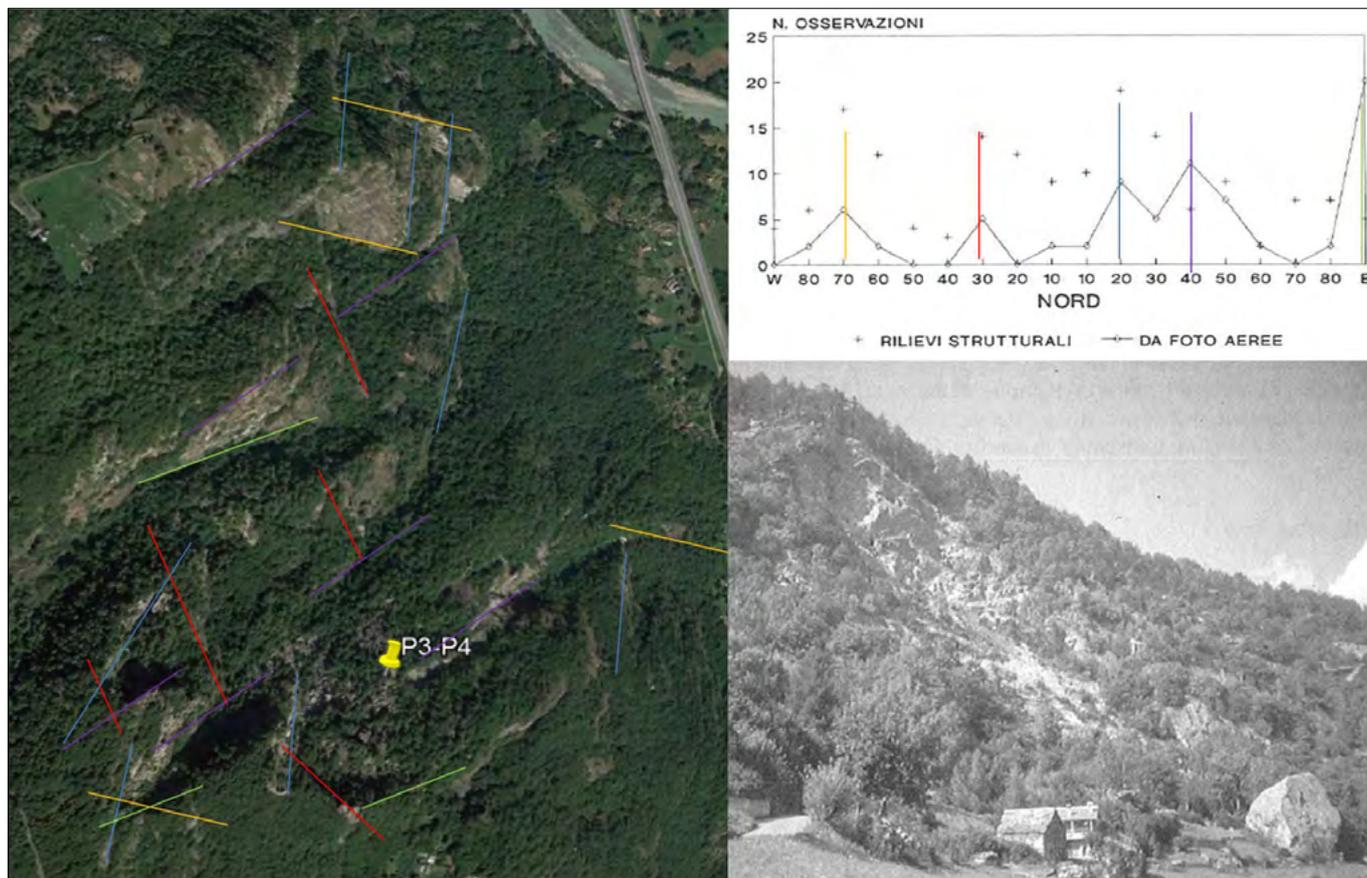


FIGURA 5. Lineazioni nell'area del distacco dei massi del 2013, confrontate con le osservazioni nella zona di Sapelle (poco a S) in cui in passato si era verificato un crollo di una grossa porzione rocciosa, tratte da Bottino & Mandrone (1991). I colori delle linee indicano le diverse famiglie di discontinuità, sia sull'ortofoto a sx, sia nel grafico a dx.



FIGURA 6. Fotocomposizione della parete ad N del canale oggetto della caduta massi: sono evidenziate almeno 3 famiglie di discontinuità a elevata persistenza con una orientazione reciproca congrua alla formazione di grossi prismi di roccia cinematicamente instabili.

di micascisti che mostrano fratture con apertura e persistenza anche pluridecimetrica e apertura decimetrica. Si segnala la presenza di affioramenti di potenza plurimetrica di marmi impuri nei micascisti e chiaramente individuabili per il colore biancastro a strie verticali nerastre rispetto alle tonalità sul rosso dei micascisti alterati.

Al piede delle scarpate sembrerebbe essere presente una zona depressa, anche piuttosto profonda, in cui si è impostato un deposito di blocchi ciclopici "trattenuti" da uno sperone di roccia affiorante situato più a valle. Queste depressioni potrebbero essere una rielaborazione di antichi

scaricatori laterali del ghiacciaio, in quanto tracce di rocce montonate e di strie sono estremamente comuni.

I primi studi dell'Arpa Piemonte eseguiti sul campo di blocchi hanno messo in luce movimenti nell'ordine di 2-4 cm/anno. A seguito di queste evidenze sono stati finanziati dal Ministero dell'Ambiente attraverso la Regione ed il comune ingenti risorse per lo studio, il monitoraggio e la messa in sicurezza dell'area.

Da par suo, anche la SITAV, l'ente gestore dell'autostrada TO-AO, ha provveduto ad eseguire studi ed interventi tesi alla riduzione del rischio connesso a chi percorre questa importante via di comunicazione. Il monitoraggio che ne è seguito è molto complesso ed articolato e non è questa la sede per una sua trattazione: ricordiamo solo che oltre a tecniche tradizionali sono stati messi a punto sistemi interferometrici satellitari e terrestri.

Al fine di comprendere l'evoluzione del fenomeno è stata realizzata una carta geomorfologica, Fig. 7.

4.1 Ricostruzione dei blocchi P3 e P4 con tecniche "structure from motion"

La fotogrammetria è una la tecnica di rilievo il grado di ricostruire forma e dimensioni di un oggetto attraverso l'acquisizione d'immagini riprese da posizioni distinte. In fotogrammetria classica determinando nello spazio oggetto la posizione del punto immagine e del centro di proiezione d'ogni punto oggetto ripreso in due o più fotogrammi, se ne ricavano le coordinate per intersezione delle rette proiettanti.

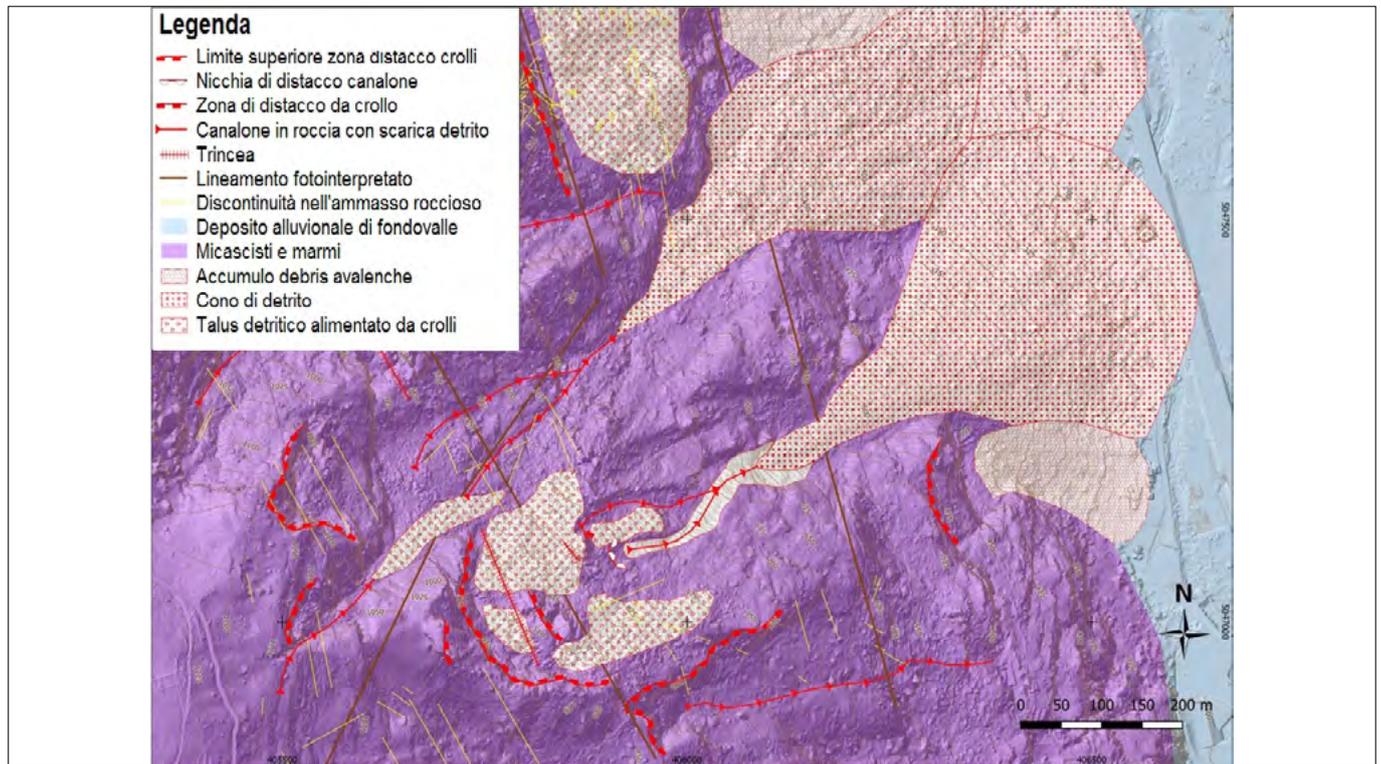


FIGURA 7. Carta geomorfologica dell'area.

Negli ultimi anni si sono sviluppati software di restituzione fotogrammetrica che consentono di processare simultaneamente una gran quantità di immagini e risolvere le equazioni di collinearità per un gran numero di punti, il tutto senza compromettere la precisione dei risultati. Questi applicativi si basano sulla correlazione (*matching*) automatica di immagini differenti, mediante il confronto dei toni radiometrici di pixel omologhi riconoscibili su due o più fotogrammi (*tie points*). Mediante tale processo le immagini sono correttamente orientate entro un sistema di riferimento relativo e una volta inserite le coordinate spaziali di punti noti (*Ground Control Point*, GCP), riconosciuti

manualmente su ogni fotogramma, è possibile giungere all'orientamento assoluto del blocco fotogrammetrico. Una volta noti i parametri di orientamento esterno è possibile eseguire quello che è il processo più importante: il *dense matching* che consente di ricavare nuvole di punti tridimensionali dalle immagini utilizzate.

L'accuratezza del modello finale dipende dalla precisione nella misura dei GCP, e dalla ridondanza dei parametri risolvibili, ottenibile con sovrapposizioni elevate tra immagini successive (80%-90%). Per immagini digitali di superfici naturali la precisione finale del processo fotogrammetrico (quantificata dagli scarti ottenuti sui punti

Tabella 1. Codifica, composizione e caratteristiche salienti dei dataset fotografici utilizzati.

Piattaforma	Dataset	N. immagini	Gcp	Altezza volo (M)
elicottero	eli_1	60	no	-
	eli_2	11	no	-
Uav	Fer_1	212	si	50
Integrato	Fer_2 (Uav)	212	si	50
	Uni_1 (Terra)	179	si	5.6

Tabella 2. Parametri di accuratezza e numero di punti costituenti le singole nuvole di punti prodotte.

Dataset	Errore di riproiezione (Pix)	Accuratezza (Pix)	Accuratezza (M)	Gsd (Cm/pix)	N. punti
eli_1	0.350	-	-	-	1.51E+06
eli_2	0.460	-	-	-	3.22E+06
Fer_1	0.782	1.100	0.037	1.120	1.79E+07
Fer_2 (Uav)	0.782	1.440	0.027	1.120	1.66E+06
Uni_1 (Terra)	0.870	3.350	0.013	0.065	7.83E+07

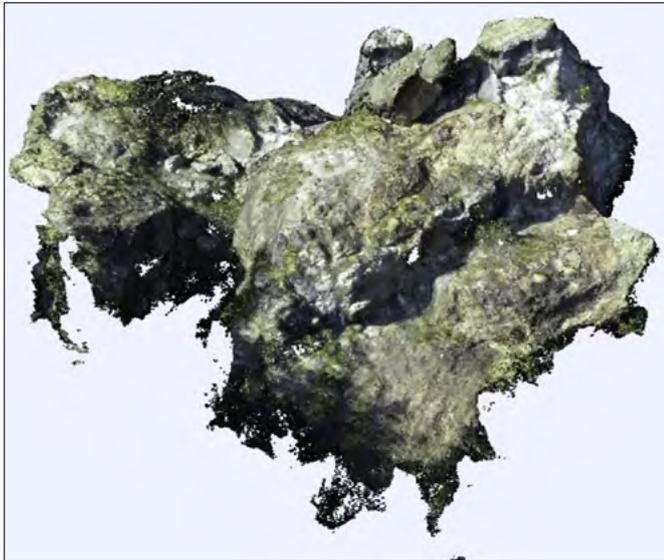
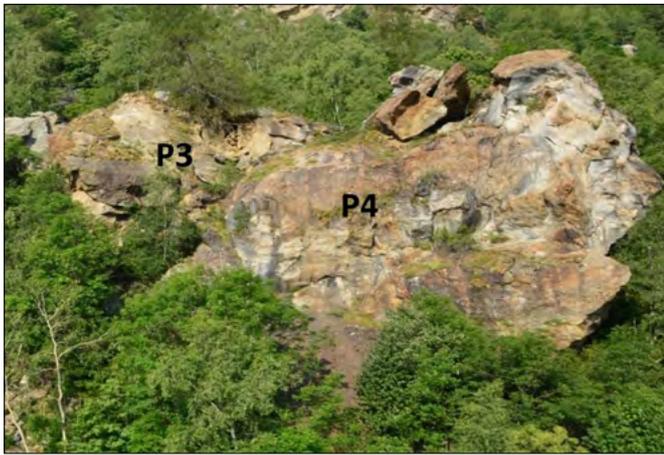


FIGURA 8. Dettaglio blocchi P3 e P4: in alto immagine ripresa da elicottero, in basso la *point cloud* da modello integrato.

di controllo, misurati in metri) corrisponde normalmente come ordine di grandezza alla dimensione del pixel sul terreno, o a una frazione di esso (0.2 - 1 pixel).

In questo caso sono stati utilizzati più dataset fotografici, acquisiti da elicottero (eli_1 e eli_2), UAV (Fer_1) e da terra (Uni_1) (i dettagli sono riportati nelle Tab. 1 e 2)

A partire da un video girato a bordo dell'elicottero sono stati estratti 60 fotogrammi per il dataset denominato Eli_1, mentre sono stati acquisiti 11 scatti fotografici ad opera dei tecnici del Soccorso Alpino che compongono il dataset denominato Eli_2. In questa fase non erano stati ancora materializzati sul terreno *Ground Control Points*, quindi non si possono stimare GSD e accuratezza di questi modelli. È stato poi processato il dataset acquisito dall'Arch. Ferraris per l'appoggio del quale sono stati materializzati 6 GCP. Infine, è stato ricostruito un modello integrato in cui sono stati rielaborati i fotogrammi acquisiti dall'Arch. Ferraris per migliorare contrasto ed esposizione delle immagini. Le immagini sono quindi state riallineate, e si è ricostruita la relativa *dense cloud*. Al dataset sono stati aggiunti 179 fotogrammi ripresi da terra a tergo del blocco P4, al fine di colmare una zona d'ombra riscontrata nel precedente modello e acquisiti durante l'attività di terreno eseguita da UniTo nel mese di ottobre 2019. Per vincolare queste immagini e per garantirne un coerente orientamento assoluto, sono state estratte dalla *dense cloud* le coordinate di 5 punti notevoli riconoscibili sullo sperone roccioso. Le immagini sono state così riallineate ed è stata prodotta la relativa nuvola densa correttamente georiferita. In ultima battuta l'allineamento delle due nuvole è stato incrementato tramite una procedura *point based*. Grazie a queste elaborazioni è stato possibile realizzare un modello tridimensionale di gran parte dell'area di studio.

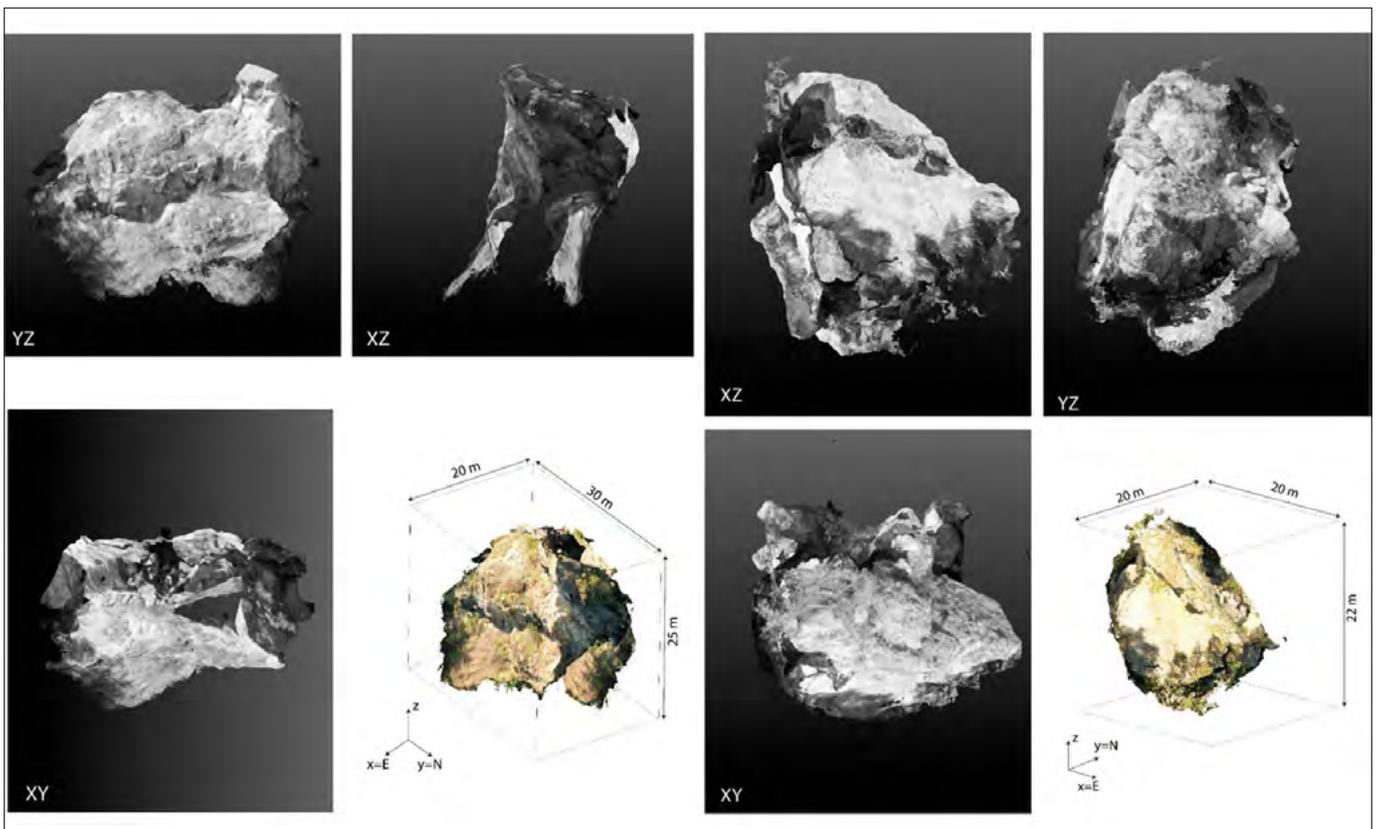


FIGURA 9. Ricostruzione in 3 dimensioni dei blocchi P3 e P4.

A titolo di esempio si riportano i risultati ottenuti per i due blocchi più pericolosi, codificati con le sigle P3 e P4 (Fig. 8). Va premesso che tutti i modelli consentono di apprezzare solo parzialmente l'estensione dei blocchi. La porzione ovest di tali oggetti risulta infatti coperta da altri blocchi, o immersa all'interno del versante. Quindi è possibile misurarne con ragionevole accuratezza solamente il volume minimo, ossia l'ingombro della superficie di inviluppo delle facce esposte, che ammonta per il blocco P4 a 3300 m³ ed a 1700 m³ per il blocco P3. Considerando che parte di essi sia coperta/non visibile, che non si estendano considerevolmente verso il basso, e presumendo una possibile forma dei blocchi in base ad osservazioni di campo, è ragionevole stimare il volume di P4 e P3 in 5000 m³ e 2000 m³ rispettivamente (Fig. 9).

Interrogando il modello prodotto è stato stimato il volume complessivo del campo blocchi posto a tergo del P3 e P4: considerando solo i blocchi visibili sulla superficie si raggiungono circa i 200 mila m³.

Di fatto il vero problema di questa frana è comprendere cosa si nasconde sotto il campo di blocchi. I principali dubbi sono: a) la natura del campo di blocchi, b) lo spessore del campo di blocchi, c) le condizioni del substrato su cui poggia, d) come agenti esterni (sisma, pioggia) influenzino i movimenti (considerando che una correlazione fra spostamenti e piogge è già stata evidenziata).

5. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Sulla base dei dati preliminari è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- 1) il versante in studio è interessato da fenomeni di frana diffusi e di diversa tipologia e gli studi condotti finora non sono esaustivi al fine della comprensione della sua evoluzione;
- 2) il volume complessivo del campo blocchi posto a tergo dei blocchi P3 e P4, considerando solo i blocchi visibili sulla superficie, è di circa 200.000 m³;
- 3) tutti i modelli ottenuti consentono di apprezzare solo parzialmente l'estensione dei blocchi P3 e P4.

Permane però la possibilità che questi blocchi abbiano un volume ancora maggiore, o che rappresentino solamente la porzione sommitale, svincolata cinematicamente, non di un accumulo di crollo ma di materiale ribassato da scorrimento planare o di uno sperone roccioso in ribaltamento. In ogni caso analizzando il rapporto tra le dimensioni principali di tali blocchi è evidente come essi siano in una situazione geometricamente metastabile.

In conclusione, quello che inizialmente era stato classificato come un crollo di massi così come se ne registrano molti in zona si è dimostrato qualcosa di molto più complesso e di difficile schematizzazione. I crolli sono ben noti, ma innanzitutto essi non si sono verificati da una parete rocciosa ma bensì da un campo di blocchi in movimento che, quasi con un effetto tapis roulant, spinge i blocchi più avanzati verso il cambio di pendenza fino a quando questi perdono l'equilibrio e si muovono verso valle. L'alimentazione del campo di blocchi avviene per un progressivo processo di evoluzione delle falie presenti a monte, essenzialmente a causa di

crolli e ribaltamenti. L'acqua, in tutte e due questi processi, gioca un ruolo chiave, sia predisponente che scatenante. Tutta l'area mostra una evoluzione gravitativa imponente e eterogenea tanto che ipotizzare che tutti i processi si possano inquadrare organicamente in una grossa deformazione di versante non è assolutamente da escludere.

Di fatto, trattare il caso semplicemente come una caduta massi potrebbe essere semplicistico e potrebbe portare ad una soluzione temporanea o parziale. A maggior ragione, la complessità dei fenomeni osservati consiglia di intervenire con estrema cautela valutando complessivamente l'effetto di eventuali opere messe in atto per la minimizzazione del rischio.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- BISTACCHI ANDREA, EVA ELENA, MASSIRONI MATTEO & SOLARINO STEFANO (2000). Miocene to Present kinematics of the NW-Alps: evidences from remote sensing, structural analysis, seismotectonics and thermochronology. *Journal of Geodynamics* 30 (2000) 205±228
- BISTACCHI A., DAL PIAZ G.V., MASSIRONI M., ZATTIN M. & BALESTRIERI M.L. (2001). The Aosta-Ranzola extensional fault system and Oligocene-Present evolution of the Austroalpine-Penninic wedge in the north-western Alps. *Int j earth Sciences (Geol Rundsch)* 90:654-667.
- BOTTINO G., MANDRONE G. (1991). "Studio delle condizioni di stabilità dei versanti rocciosi del comune di Quincinetto (V. Dora Baltea)". *Boll. Ass. Min. Sub., Torino. Anno XXVIII, v. 4, pp. 601-624.*
- CASAGLI N., INTRIERI E., CARLÀ T., DI TRAGLIA F., FRODELLA W., GIGLI G., LOMBARDI L., NOCENTINI M., RASPINI F., TOFANI V. (2021). *Monitoring and Early Warning Systems: Applications and Perspectives*. In: CASAGLI N., TOFANI V., SASSA K., BOBROWSKY P.T., TAKARA K. (eds), *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. WLF 2020. ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction.
- FILIPPELLO A., MANDRONE G., BORNAZ L. (2015). *Structural data treatment to define rockfall susceptibility using long range laser scanner*. In: G. LOLLINO et al. (eds), *Engineering Geology for Society and Territory – Volume 6*, 721-724.
- FORNO M.G., GIANOTTI F., RACCA G. (2010). *Significato paleoclimatico dei rapporti tra il glacialismo principale e quello tributario nella bassa Valle della Dora Baltea*. *Il Quaternario*, 23 (1), pp. 105-124.
- PIRULLI M., SCAVIA C., TARARBRA M. (2015). *On the Use of Numerical Models for Flow-like Landslide Simulation*. In: LOLLINO G. et al. (eds), *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 2*. Springer, Cham.
- REGIS D., RUBATTO D., DARLING J., CENKI-TOK B., ZUCALI M., ENGI M. (2014). *Multiple Metamorphic Stages within an Eclogite-facies Terrane (Sesia Zone, Western Alps) Revealed by Th-U-Pb Petrochronology*. *Jour. of petrology*, 55, 1429-2556.
- REGIS D., VENTURINI G., ENGI M. (2016). *Geology of the Scalaro valley – Sesia Zone (Italian Western Alps)*, *Journal of Maps*, 12:4, 621-629.