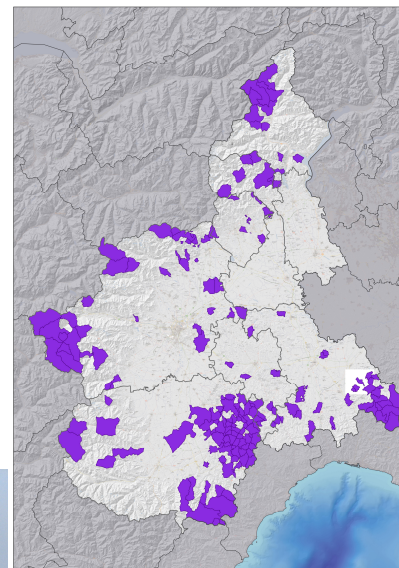


Disciplinare per lo sviluppo, la gestione e la diffusione dati di sistemi di monitoraggio su fenomeni franosi del territorio regionale con finalità di prevenzione territoriale e di protezione civile (DGR n. 18-3690 del 16/04/2012)



Indice

- Premessa
- Metodo
- Applicazione del metodo dei cinematismi alle diverse tipologie strumentali impiegate nella ReRCoMF
- Casi applicativi
- Conclusioni

Premessa

Il “Disciplinare per lo sviluppo, la gestione e la diffusione dati di sistemi di monitoraggio su fenomeni franosi del territorio regionale con finalità di prevenzione territoriale e di protezione civile” (approvato con DGR n. 18-3690 del 16/04/2012), prevede l’analisi dei dati derivanti dalle campagne di misura sulla strumentazione per la definizione del cinematismo, un indice numerico che descrive le variazioni di velocità del movimento del fenomeno franoso oggetto di monitoraggio. Durante il periodo di sperimentazione della procedura (previsto dalla DGR di approvazione) è nata l’esigenza di redigere un documento che illustri il metodo utilizzato per la definizione dei cinematismi, corredato dai casi applicativi e relativi limiti.

Tale documento è rivolto principalmente ai destinatari dei rapporti informativi, documenti di sintesi attraverso i quali l’Agenzia veicola i cinematismi elaborati per ciascun sito della ReRCoMF.

Metodo

I fenomeni franosi monitorati nell’ambito della ReRCoMF appartengono per lo più alle seguenti classi tipologiche (IFFI, 2004), riconducibili a frane a lenta evoluzione:

- scivolamento rotazionale/traslato;
- colamento lento;
- complesso;
- deformazione gravitativa profonda di versante.

La velocità di movimento di una frana è, al momento, il parametro che meglio sintetizza la variazione dello stato di attività e permette di confrontare tra loro, nell’ambito del medesimo fenomeno considerato, le informazioni ricavate dall’utilizzo di strumenti di misura diversi.

Infatti le tipologie strumentali utilizzate nell’ambito dei siti ReRCoMF controllano il comportamento del corpo franoso sia in profondità (rilevando le entità di spostamento alla profondità di sviluppo del movimento franoso, dell’ordine di millimetri) sia in superficie (rilevando gli effetti, spesso amplificati, che si verificano al piano campagna, dell’ordine dei centimetri).

L’indice numerico denominato “cinematismo” viene calcolato basandosi sul confronto fra le velocità di spostamento rilevate dagli strumenti di monitoraggio nel corso di successivi rilievi e sintetizza le informazioni quantitative ottenute dalle risultanze delle campagne di misura.

Nell’ambito dello stesso sito, lo strumento che rileva la variazione di velocità più significativa, e pertanto il cinematismo più elevato, determina, il cinematismo globale del sito stesso, risultando quindi, cautelativamente, rappresentativo dell’attività del fenomeno franoso, o della porzione di esso, oggetto del monitoraggio (figura 1).

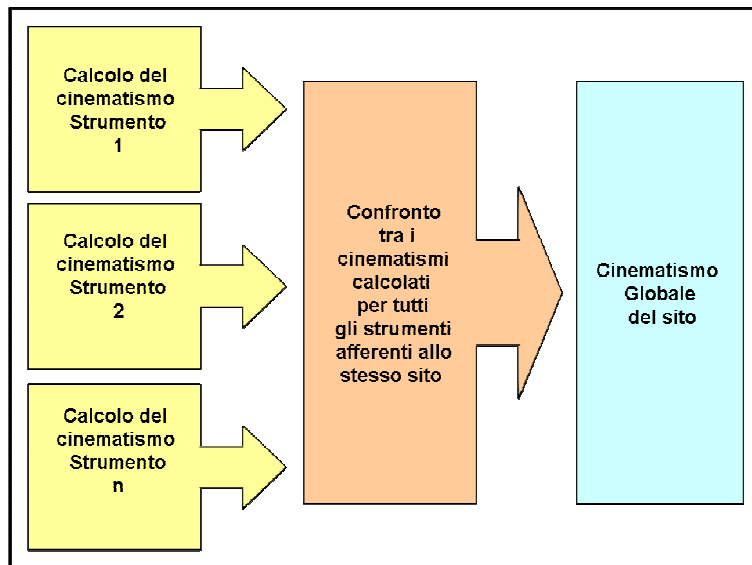


Figura 1 – fasi di definizione del cinematismo per un sito monitorato

Sono state definite quattro tipologie di cinematismo:

0. Assenza di movimenti: nessuno strumento del sito registra, dalla data della misura di origine, movimenti in atto.
1. Movimento ordinario (Figura 2): almeno uno strumento del sito registra un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è inferiore o uguale alla velocità media registrata dall'origine in occasione della lettura precedente.

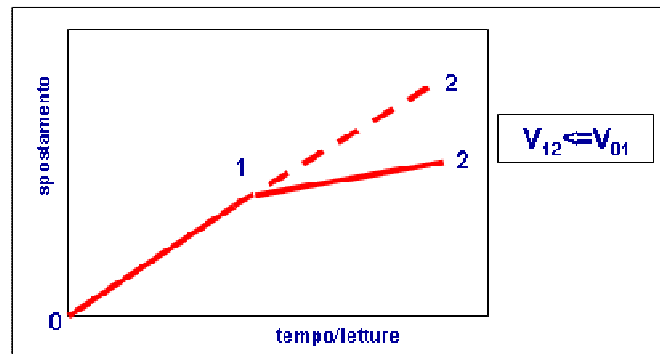


Figura 2 – schematizzazione di movimento ordinario (tipo 1)

2. Accelerazione del movimento (Figura 3): almeno uno strumento registra un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è maggiore alla velocità media registrata dall'origine in occasione della lettura precedente, ma inferiore alla velocità massima registrata dallo strumento dalla misura di origine in occasione della lettura precedente.

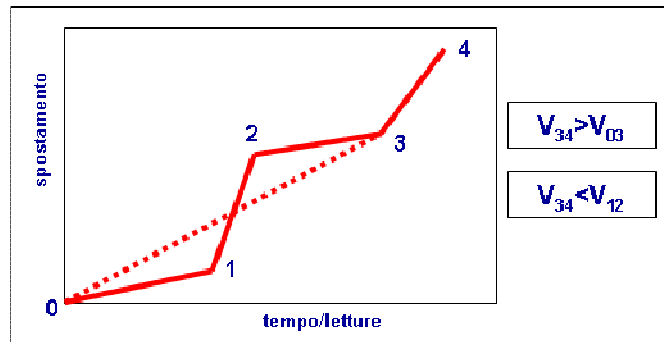


Figura 3 – schematizzazione di accelerazione del movimento (tipo 2)

3. Rilevante accelerazione del movimento (Figura 4): almeno uno strumento registra un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è maggiore o uguale alla velocità massima registrata dalla misura di origine in occasione della lettura precedente.

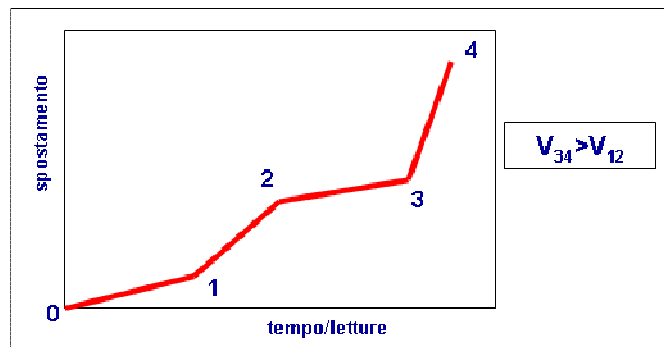


Figura 4 – schematizzazione di rilevante accelerazione del movimento (tipo 3)

Il cinematismo, quando diverso da “0 – assenza di movimento”, deve rappresentare, sia per i non addetti ai lavori sia per i tecnici dei vari enti coinvolti, un’indicazione della variazione dello stato di attività del fenomeno franoso.

Al fine di una corretta interpretazione, l’indice cinematismo deve essere necessariamente integrato dalla lettura della reportistica relativa alle risultanze strumentali che il Dipartimento tematico Geologia e dissesto di Arpa Piemonte fornisce periodicamente agli Enti interessati nelle varie forme previste dal disciplinare.

Più in generale, il cinematismo emesso risulta maggiormente comprensibile quando interpretato alla luce della serie storica dei dati di monitoraggio, dei dati stratigrafici, delle analisi geomorfologiche e degli eventuali interventi di sistemazione del sito.

Il Disciplinare indica, oltre alle modalità e alle tempistiche per la diffusione dei cinematismi, anche le azioni di approfondimento che gli Enti e Soggetti destinatari delle comunicazioni sono chiamati a svolgere.

Si sottolinea che nel corso della sperimentazione del metodo (come da DGR del 16 aprile 2012, n. 18-3690) si è evidenziata la necessità di modificare le definizioni dei cinematismi.

In dettaglio, sono stati eliminati il riferimento al piano campagna, per presente in tutte le definizioni, e nel solo caso del cinematismo 1 anche la frase “Oppure, in occasione della prima lettura di esercizio si osserva un movimento in atto” (paragrafi 3.3.2 e 3.4.2).

Cinematismi	Descrizione
0 - Assenza di movimenti	Nessuno strumento registra, al livello del piano campagna e dalla data della misura di origine, movimenti in atto.
1 - Movimento ordinario	Almeno uno strumento registra, al livello del piano campagna, un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è inferiore o uguale alla velocità media registrata dall'origine in occasione della lettura precedente. Oppure, in occasione della prima lettura di esercizio si osserva un movimento in atto.
2 - Accelerazione del movimento	Almeno uno strumento registra, al livello del piano campagna, un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è maggiore alla velocità media registrata dall'origine in occasione della lettura precedente, ma inferiore alla velocità massima registrata dallo strumento dalla misura di origine in occasione della lettura precedente.
3 - Rilevante accelerazione del movimento	Almeno uno strumento registra, al livello del piano campagna, un movimento in atto, la cui velocità media registrata tra l'ultima lettura di esercizio e la precedente è maggiore o uguale alla velocità massima registrata dalla misura di origine in occasione della lettura precedente.

Tabella 1 – modifica delle definizioni dei cinematismi per le frane monitorate con strumentazione a lettura manuale (frane SLM)

L'eliminazione del riferimento "al livello del piano campagna" discende dalla decisione di utilizzare, nell'ambito delle misure inclinometriche, il diagramma Movimento per punti rispetto all'origine, rappresentativo dello spostamento incrementale riferito alla zona di taglio (in profondità), rispetto alla precedente scelta del diagramma Movimento per sommatoria (riferito al piano campagna), indicato nel testo del Disciplinare. Tale decisione si è resa necessaria in quanto la rappresentazione grafica per punti risente meno degli errori sistematici (sono presenti solo quelli riferiti alla quota corrispondente), che invece risultano sommati ed amplificati nella rappresentazione per sommatoria.

L'eliminazione della frase "Oppure, in occasione della prima lettura di esercizio si osserva un movimento in atto" (paragrafi 3.3.2 e 3.4.2) si è resa necessaria poiché per qualunque strumento, alla prima lettura di esercizio non esiste una serie storica di dati da cui desumere variazioni di velocità. Da questo riscontro Arpa ha proposto di non calcolare i cinematismi prima della seconda lettura d'esercizio.

Applicazione del metodo dei cinematismi alle diverse tipologie strumentali impiegate nella ReRCoMF

Le tipologie strumentali adottate nell'ambito della ReRCoMF sono le seguenti:

- tubi inclinometrici, su cui sono eseguite letture manuali periodiche;
- postazioni automatiche a sonde inclinometriche fisse con controllo remoto ed elaborazione periodica delle risultanze;
- tubi piezometrici, su cui sono eseguite letture manuali o automatiche con periodico scarico dei dati dalle memorie;
- caposalda topografici a lettura ottica o con tecnica satellitare GPS, su cui sono eseguite letture manuali periodiche;

- strumentazione distanziometrica di superficie, su cui sono eseguite letture manuali o in continuo con periodico scarico dei dati dalle memorie.

I criteri di definizione dei cinematismi sono applicati agli strumenti che forniscono misure dello spostamento del fenomeno franoso in profondità o in superficie, quindi a tutte le tipologie sopra elencate con l'eccezione dei tubi piezometrici.

Gli strumenti che forniscono indicazioni sullo spostamento del fenomeno franoso vengono suddivisi in:

- Strumentazione a Lettura Manuale (SLM) ovvero la lettura strumentale è eseguita periodicamente da tecnici specializzati;
- Strumentazione a Lettura da Remoto (SLR) ovvero postazioni strumentali automatiche che registrano in continuo misure di spostamento e consentono l'accesso ai dati da remoto.

Tubi inclinometrici a lettura manuale periodica (SLM)

Data la complessità dell'interpretazione delle risultanze delle misure inclinometriche, la cui affidabilità è condizionata da numerosi fattori (verticalità del tubo, errori accidentali e sistematici, ripetibilità delle misure a fronte delle deformazioni indotte dal fenomeno franoso), per la definizione dei cinematismi si applica la procedura descritta di seguito:

- i valori di spostamento considerati sono quelli dedotti dall'elaborazione differenziale degli spostamenti locali, in quanto risultano minimizzati gli errori sistematici propri della misura (sono presenti solo quelli riferiti alla quota corrispondente);
- l'incremento dello spostamento puntuale rilevato nel corso di successive misure, in linea di massima, deve prodursi alla medesima profondità; sono tuttavia accettabili e confrontabili fra loro, valori puntuali di spostamento rilevati a profondità con scostamenti fino a +1 m rispetto alla quota dal piano campagna alla quale si è inizialmente ascritto il movimento;
- in presenza di più spostamenti lungo la verticale, si analizzano tutti e si prende in considerazione la profondità cui corrisponde la definizione del cinematismo con valore maggiore;
- in presenza di spostamenti significativi nella stessa potenza di strati si procede al calcolo del cinematismo per lo spostamento con incremento puntuale maggiore;
- sono necessarie almeno due misure di esercizio, oltre alla misura di origine;
- l'incremento iniziale dello spostamento locale deve essere di almeno 2 mm e avere angolo orizzontale (azimut) compatibile con l'assetto geomorfologico del versante posto sotto osservazione;
- in assenza di un valore di spostamento locale, elaborato rispetto alla misura di origine, maggiore di 2 mm e di un angolo orizzontale (azimut), ad esso associato, compatibile con l'assetto geomorfologico del versante posto sotto osservazione, il cinematismo assegnato a quello strumento sarà "0 – assenza di movimento";
- solo l'incremento o la stazionarietà dello spostamento locale contribuiscono alla definizione del cinematismo; eventuali decrementi del valore di spostamento indotti dalle incertezze intrinseche del sistema di misura, sono considerati come assenze di variazione rispetto all'incremento precedente (*Figura 5*);
- se lungo il medesimo tubo vengono evidenziate più zone di taglio distinte fra loro (relative a movimenti differenziali che si manifestano a diverse profondità nello stesso corpo di frana), vengono definiti altrettanti cinematismi e quello più elevato è attribuito all'intero tubo;
- le deformazioni presenti nel primo metro di profondità sono frequentemente conseguenza di influenza antropica (urti o pressioni dovuti al passaggio di automezzi più o meno pesanti, presenza di terreno di riporto) e non sempre sono riconducibili ad un movimento franoso.

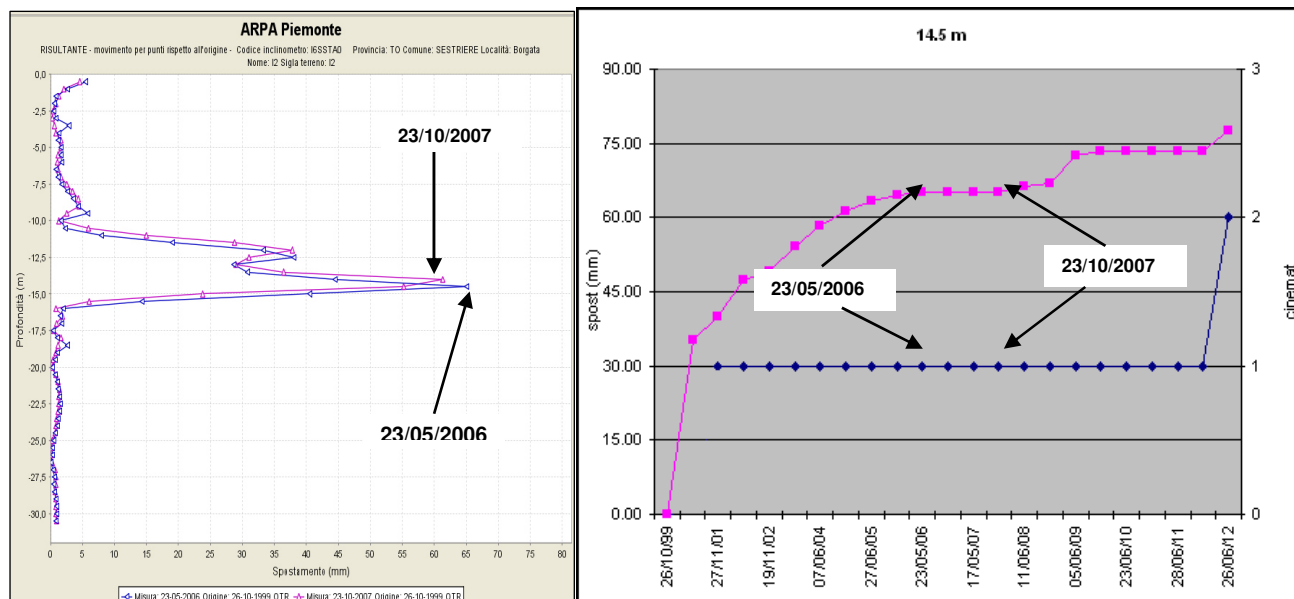


Figura 5 – esempio di variazione della profondità di spostamento puntuale e di decremento dello spostamento puntuale (apparenti) rispetto ad una misura precedente e di rappresentazione dell'andamento del movimento (in rosa) e dei relativi cinematismi (in blu)

Il continuo incremento dei movimenti franosi porta alla progressiva lesione dei tubi inclinometrici. La conseguenza è l'impossibilità di continuare il controllo del movimento che ha prodotto l'interruzione del tubo. Arpa Piemonte continua a misurare questi strumenti, seppur limitatamente alla profondità raggiungibile e con minor frequenza per verificare eventuali nuove deformazioni.

Postazioni automatiche a sonde inclinometriche fisse (SLR)

Per questo tipo di strumentazione è disponibile un servizio di scarico dati da postazione remota, eseguito tramite un'interfaccia web-user a cadenza mensile. I dati grezzi, acquisiti automaticamente e in continuo dalle sonde alle profondità di installazione, sono elaborati mensilmente in modalità differenziale rispetto alla misura di origine e convertiti in valori di risultante e azimut.

La presenza di una serie continua di dati, misurati nello stesso punto e nelle stesse condizioni, permette di definire il cinematismo in maniera più diretta.

La procedura utilizzata per il calcolo dei cinematismi, illustrata di seguito, consente inoltre di distinguere le evidenze di movimento dal rumore di fondo e dalle possibili derive della serie di dati:

- dopo l'installazione, è necessario un periodo variabile da alcune settimane ad alcuni mesi per collaudare il sistema; analogamente a seguito di interventi di manutenzione straordinaria o dell'estrazione e del riposizionamento delle sonde, occorre un periodo di assetamento per valutare gli esiti degli interventi stessi. In queste fasi di osservazione i cinematismi ottenuti non sono validati;
- dopo l'elaborazione, i valori di spostamento devono essere analizzati ed interpretati alla luce dei relativi azimut; generalmente, dal momento in cui si manifesta un indizio di movimento l'orientazione dello stesso si mantiene costante nel tempo e coerente con l'assetto geomorfologico del versante;
- la variabilità del cinematismo, nel caso di indice 2 e 3, è confermata in presenza di un incremento mensile dello spostamento di almeno 0.5 mm;

L'esecuzione di periodiche misure manuali verificano e confermano gli spostamenti rilevati dalle sonde fisse.

Caposaldi topografici a lettura ottica o con tecnica satellitare GPS (SLM)

Per questo tipo di strumenti le misure sono condotte in modalità manuale e a cadenza periodica, e dall'elaborazione dei dati di campagna si ottiene, per ciascun caposaldo, una coppia di valori che descrivono rispettivamente la risultante di spostamento e la sua orientazione angolare.

Considerando le differenze di precisione, proprie della strumentazione adottata, ottenibili sui tre assi X, Y, e Z, per la definizione dei cinematismi si fa riferimento alle risultanti determinate sul piano orizzontale X-Y; se tali risultanti presentano un azimut coerente con l'assetto geomorfologico del versante vengono utilizzati nell'elaborazione dei cinematismi.

In generale, quando quest'ultima condizione non viene soddisfatta, i relativi valori di risultante si mantengono su entità molto basse e comprese nell'ambito dell'accuratezza del sistema, e si può pertanto definire l'assenza di movimento per quel caposaldo.(figura 6).

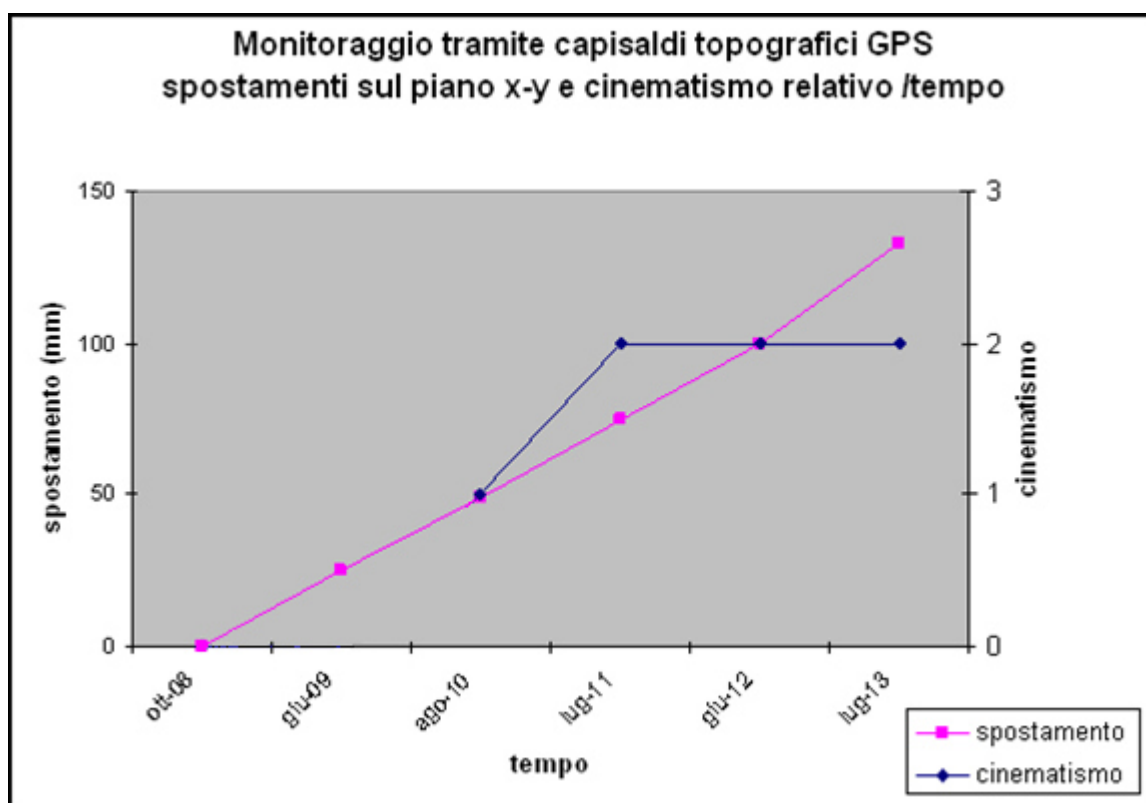


Figura 6 - diagramma di spostamenti sul piano xy/tempo di un caposaldo topografico GPS, con il relativo andamento del cinematismo

Strumentazione distanziometrica di superficie (SLM e SLR)

Ricadono in questa tipologia strumentale le basi distometriche, i fessurimetri e gli estensimetri a filo, che periodicamente vengono misurati per determinare, in modalità differenziale rispetto ad una lettura di zero, l'apertura o la chiusura di fratture/fessure in roccia o su manufatti, presso frane di media e alta montagna. I valori di spostamento individuati con tale tipologia strumentale non

sempre possono essere considerati rappresentativi del fenomeno franoso controllato ma solo di una localizzata evidenza evolutiva.

Dopo alcune campagne di misura, necessarie per determinare l'accuratezza del sistema, le misure vengono normalmente condotte nello stesso periodo dell'anno al fine da ovviare alla normale tendenze di apertura o chiusura delle basi legata alle variazioni stagionali.

I cinematismi vengono definiti dal confronto delle velocità ottenute dalle variazioni occorse nelle successive campagne di misura (figura 7).

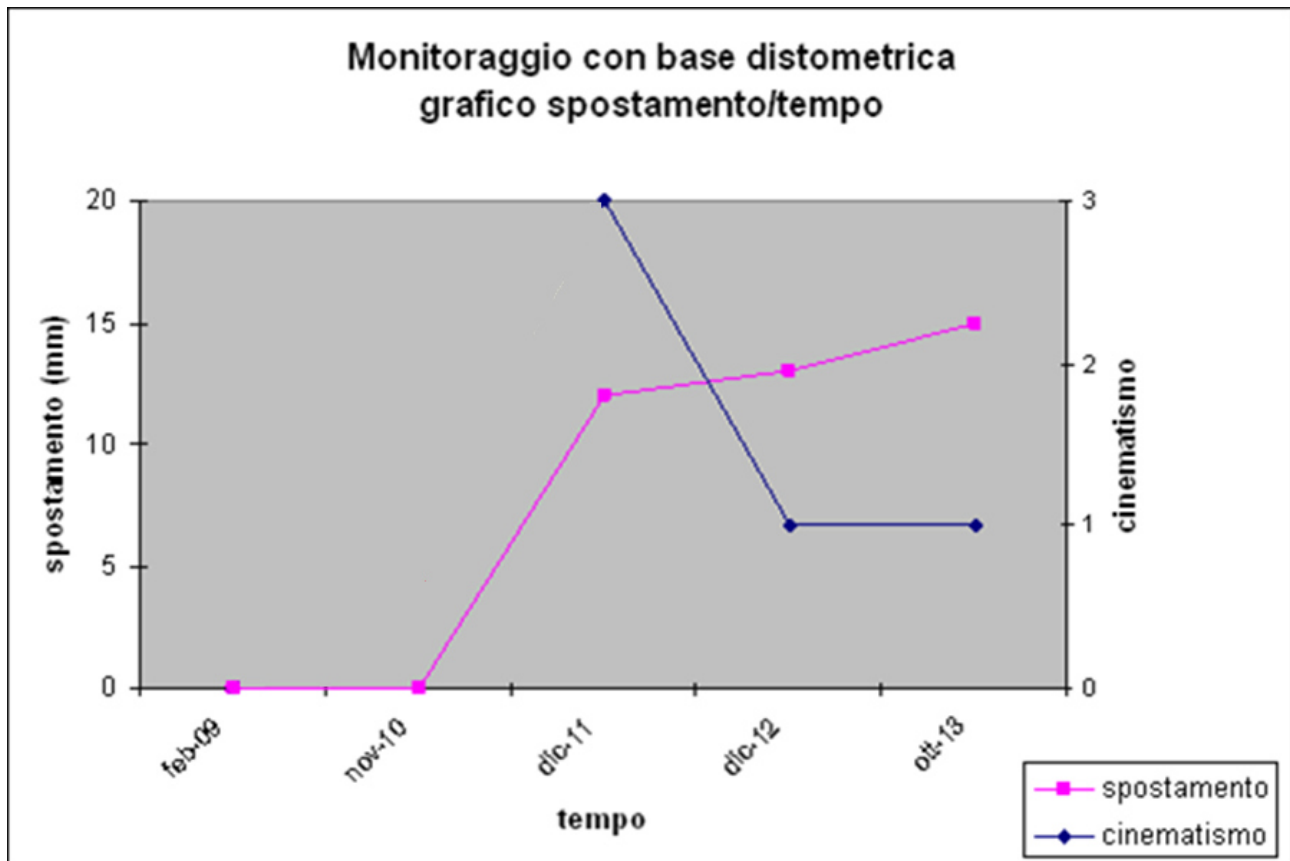


Figura 7 – diagramma dell'andamento del movimento della base distometrica A-B e del relativo andamento del cinematismo.

Casi applicativi

Sito con presenza sia di SLR che SLM

Per i siti che presentano sia strumenti a lettura manuale (misure a cadenza semestrale) che a lettura automatizzata in continuo il cinematismo viene calcolato sia mensilmente per la strumentazione automatizzata, sia in occasione delle misure manuali periodiche.

Poiché le sonde inclinometriche fisse a lettura automatizzata sono installate all'interno del tubo che presenta un andamento del movimento ritenuto significativo per la valutazione del fenomeno si assume in via cautelativa che il cinematismo calcolato per tale tubo sia rappresentativo del fenomeno indagato e quindi del sito.

I cinematismi calcolati per la strumentazione a controllo manuale periodico verificano l'evoluzione complessiva del fenomeno franoso, oltre a controllare l'evoluzione di eventuali ulteriori piani di scivolamento presenti a quote diverse. (figura 8).

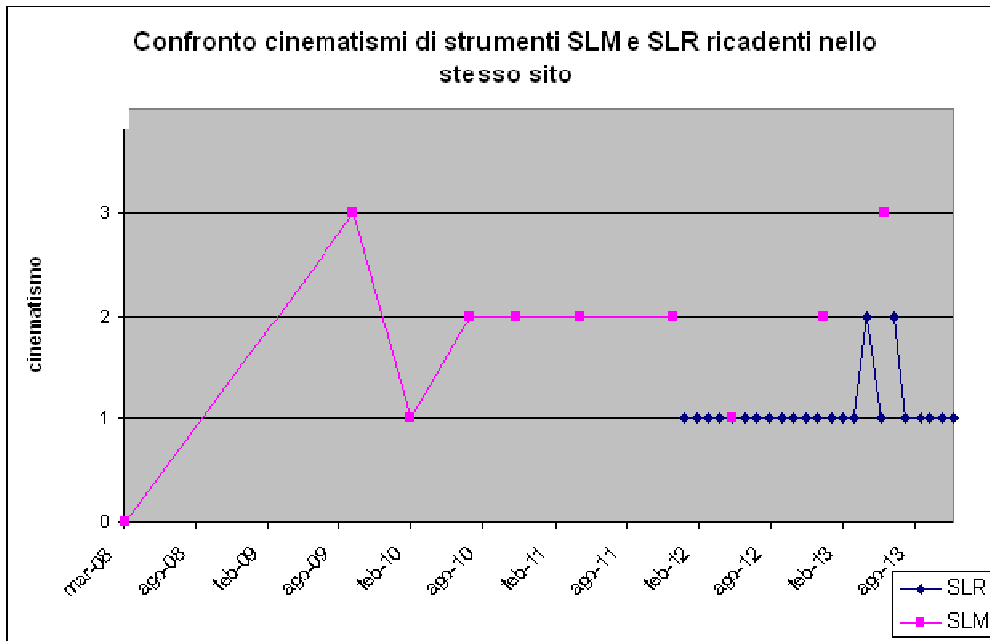


Figura 8 - confronto dei cinematismi calcolati su due differenti inclinometri di cui uno attrezzato con sonda fissa a lettura mensile (SLR) e l'altro letto manualmente con cadenza semestrale (SLM).

Sito con presenza di differenti tipi di SLM

I siti monitorati sia con strumentazione di superficie che con strumentazione di profondità possono presentare cinematismi diversi, dovuti alle peculiarità degli strumenti.

Al fine di evitare sovrastime o sottostime sull'evoluzione del fenomeno franoso si è stabilito di effettuare le campagne di misura dei diversi strumenti nello stesso periodo (con uno scostamento massimo di 2 settimane) in modo che i cinematismi siano temporalmente confrontabili e sia possibile valutarne l'eventuale gerarchia.

Un esempio è dato dalla località Viceno Molinetto, in comune di Crodo (VB) (figura 9). In questo sito i tubi inclinometrici per le loro caratteristiche costruttive non raggiungono la profondità di movimento effettiva, dando origine ad un cinematismo non rappresentativo del fenomeno, mentre le misure topografiche con tecnologia GPS registrano correttamente lo spostamento in superficie, generando un cinematismo pienamente descrittivo del fenomeno franoso oggetto di monitoraggio (figura 10).

In questo caso ed in situazioni simili il cinematismo non significativo non viene più trasmesso al comune. Tuttavia la relazione tecnica che accompagna i dati conterrà le indicazioni per la corretta interpretazione degli stessi.

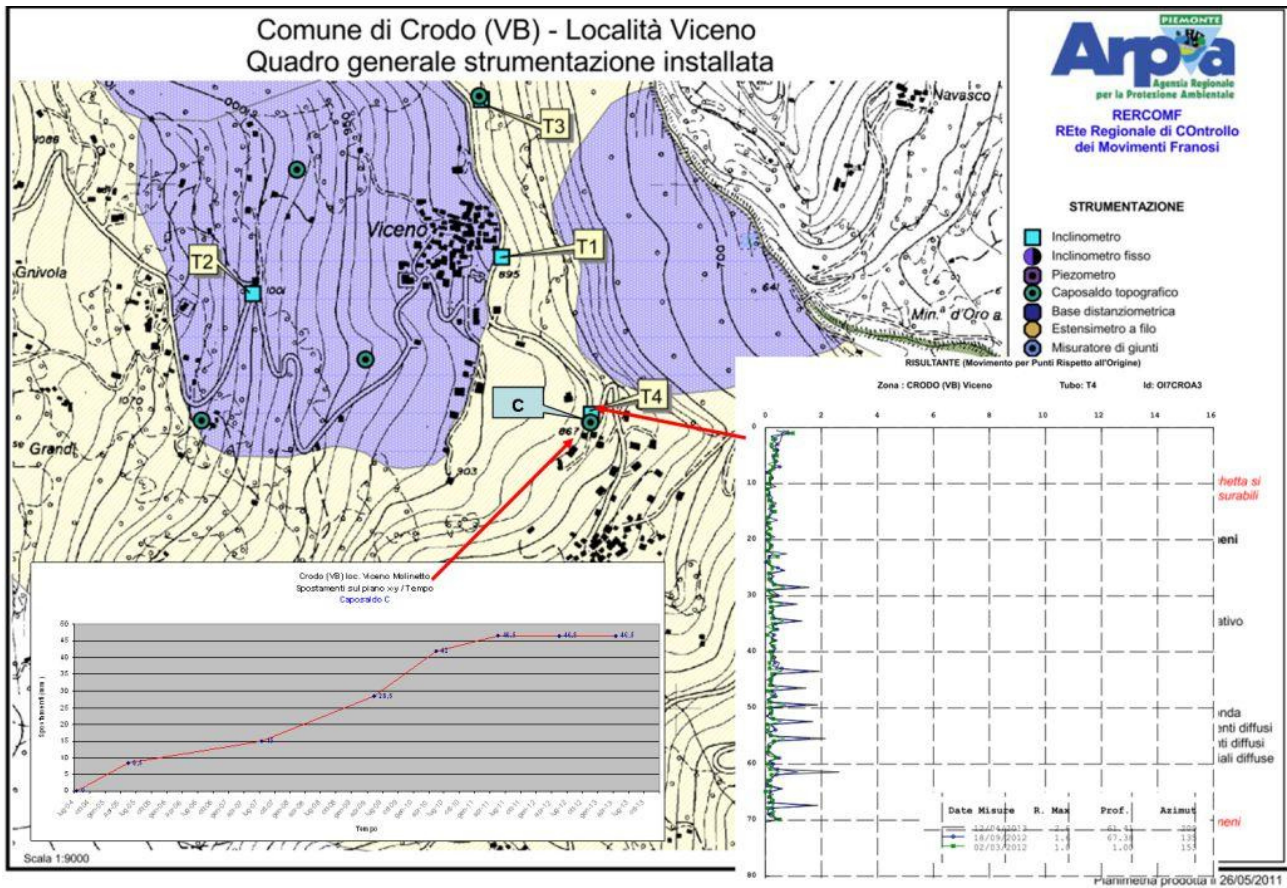


Figura 9 – planimetria del sito monitorato con associati i grafici dei movimenti per le due tipologie strumentali presenti. Dal confronto si evince un'evidenza di movimento superficiale per il caposaldo topografico C mentre non risulta nessuna evidenza sull'inclinometro T4.

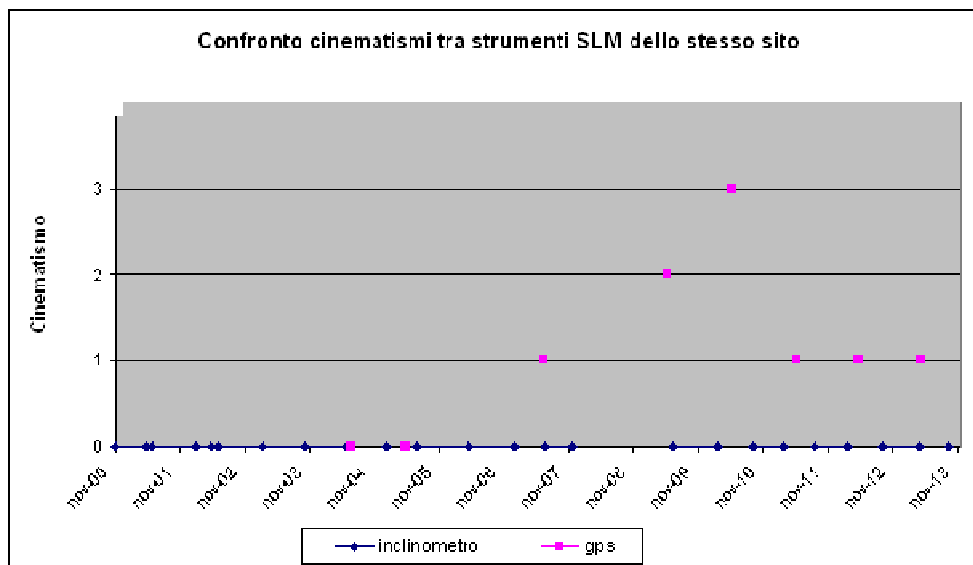


Figura 10 – confronto tra i cinematismi ottenuti con i dati inclinometrici (in blu) e quelli ottenuti con i dati GPS (in rosa).

Sito con presenza di strumentazione distanziometrica di superficie SLM

I valori di spostamento, individuati con la strumentazione distanziometrica di superficie a controllo di una puntuale evidenza evolutiva di un fenomeno franoso, possono essere in alcuni casi utilizzati nella definizione del cinematismo di un sito.

Nel sito presso il comune di Rassa, una base distometrica controlla gli spostamenti di un blocco roccioso disarticolato presso un'area soggetta a crolli e ribaltamenti diffusi; ai piedi di tale area franosa insiste l'area urbanizzata del Comune. A seguito di un'approfondita analisi del fenomeno franoso controllato, le risultanze strumentali della base distometrica installata sono state considerate rappresentative dell'evoluzione del fenomeno franoso e dalle stesse vengono calcolati, per ogni lettura, i cinematismi dello strumento che partecipano alla definizione del cinematismo del sito (Figure 11 e 12).

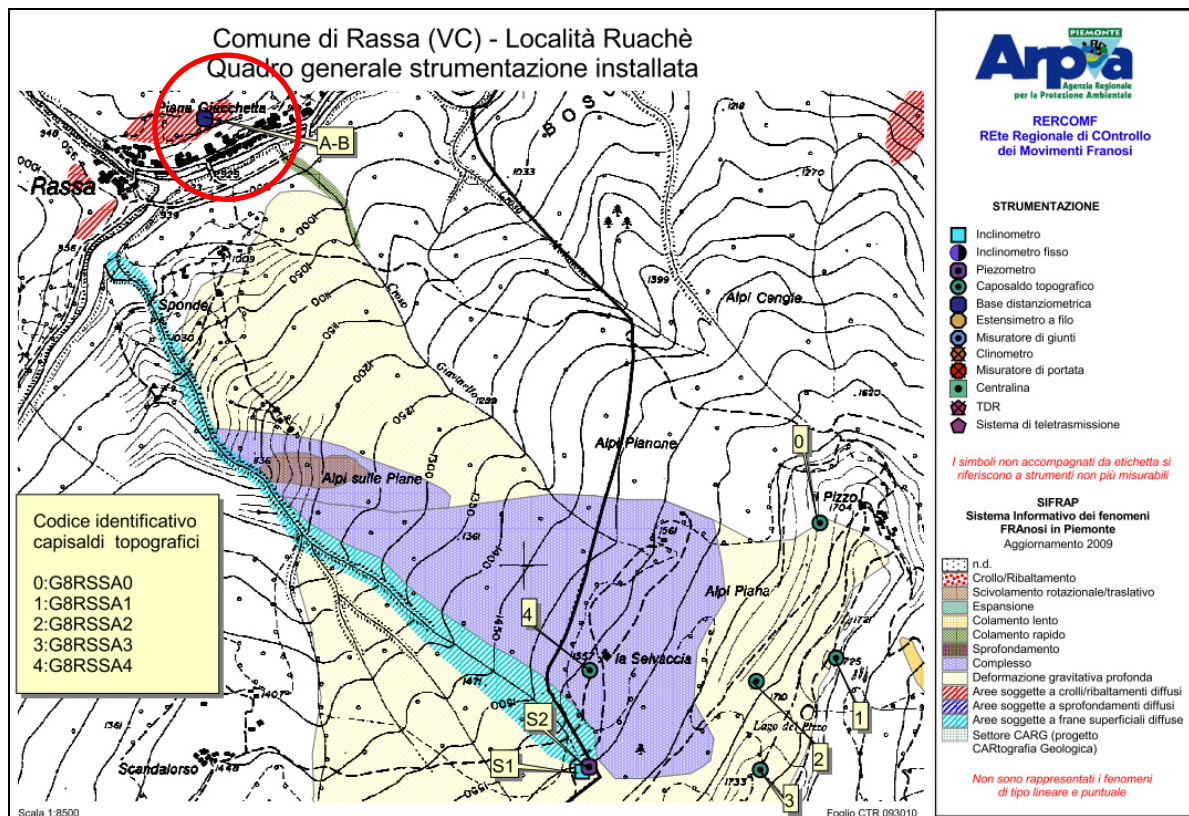


Figura 11 Ubicazione della base distometrica appena a monte dell'abitato principale

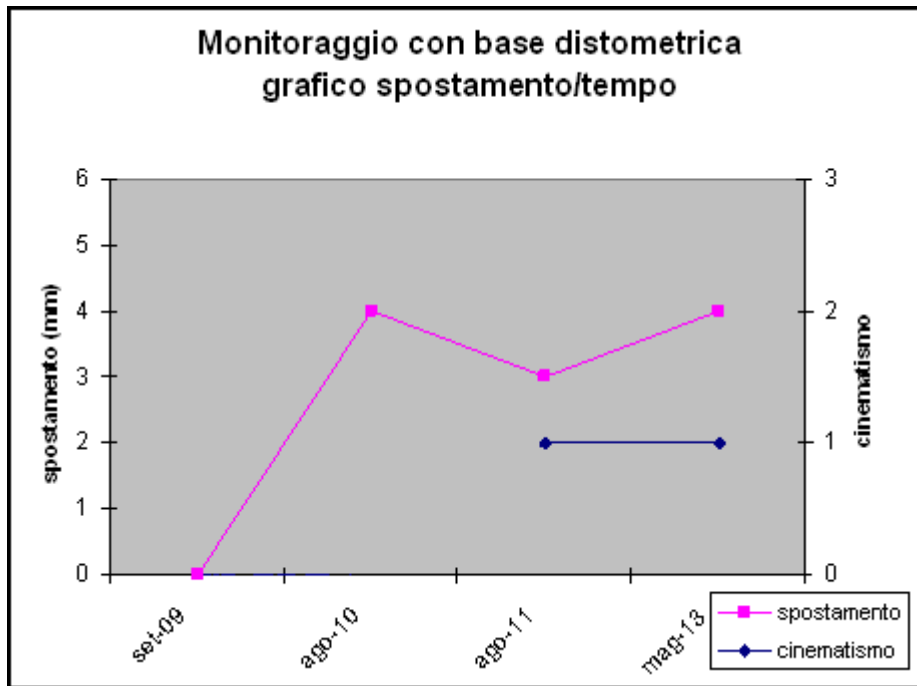


Figura 12– diagramma dell’andamento del movimento della base distometrica A-B e del relativo andamento del cinematismo.

Cinematismo per tubo inclinometrico con più deformazioni

Quando un tubo inclinometrico evidenzia più zone di deformazione distinte fra loro, relative a movimenti che si manifestano a diverse profondità nello stesso corpo di frana, per ciascuna viene definito il cinematismo e quello più elevato è attribuito cautelativamente all’intero tubo.

Le deformazioni più superficiali possono essere rappresentative di un fenomeno locale, che in taluni casi è disgiunto dal fenomeno franoso oggetto di monitoraggio.

Un esempio è dato dall’inclinometro installato a Boccioleto (VC): tale strumento registra un primo movimento a 5 m di profondità, con entità elevate, e un secondo movimento, di entità molto ridotta, a profondità di 45-50 m (Figura 13). Tuttavia il movimento a 5 m di profondità è verosimilmente circoscritto all’area in prossimità dello strumento e collegato al terrapieno su cui è costruita la strada. L’anomalia presente a profondità maggiore sembra invece ricondursi all’attività profonda del corpo franoso.

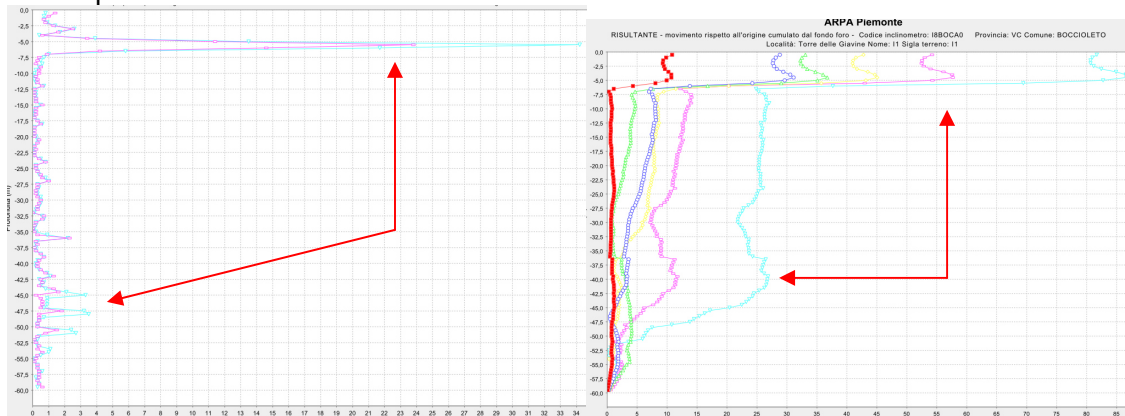


Figura 13 – grafici “risultante per punti” e di “risultante cumulata” del tubo inclinometrico installato a Boccioleto (VC).

Sito con presenza di inclinometri non significativi

Alcuni siti presentano strumenti attivi, ma non significativi per la determinazione del cinematisimo. Tale situazione si verifica in quelle località in cui il fenomeno franoso ha tagliato alcuni tubi inclinometrici, che hanno pertanto esaurito la loro funzione fornendo indicazioni sulle profondità del piano o dei piani di scivolamento, mentre i tubi inclinometrici ancora misurabili sono posti ai margini del fenomeno franoso o in zona di controllo e pertanto forniscono un dato di velocità non descrittivo dell'evoluzione del fenomeno.

Tali situazioni devono essere oggetto di analisi da parte degli Enti competenti per individuare le modalità adeguate per monitorare il fenomeno franoso.

Un esempio è il comune di Rorà (TO) (figura 14), che nel 2013 presentava la maggior parte degli strumenti non più misurabili, mentre l'unico strumento ancora ispezionabile era ubicato marginalmente all'estensione del fenomeno stesso. A seguito di valutazione congiunta, sono stati ripristinati due inclinometri in posizione significativa, assicurando così una corretta interpretazione del fenomeno oggetto di monitoraggio.

Nei casi in cui la definizione del cinematisimo non renda ragione dell'interpretazione del movimento, tale indice non verrà più inviato all'Amministrazione comunale, che dovrà tuttavia tenere in considerazione quanto illustrato nella relazione tecnica di accompagnamento.

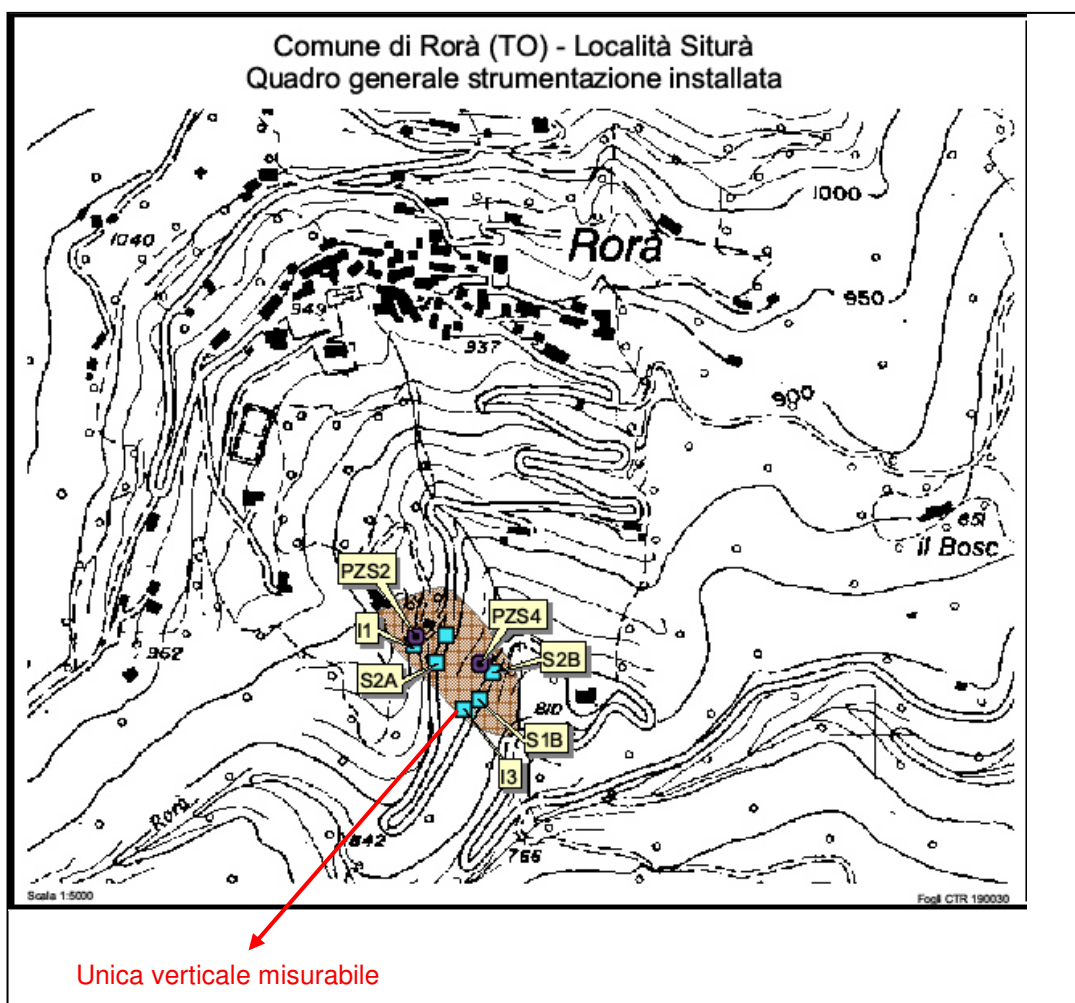


Figura 14.

Per ovviare a tale situazione è stato suggerito al Comune di ripristinare, ove possibile, gli strumenti non più ispezionabili e di valutare l'eventuale integrazione con nuovi strumenti.

Altro esempio è dato dal comune di Trasquera (VB)(figura 15), in cui gli inclinometri che segnalavano il movimento sono stati tutti stati lesionati mentre gli inclinometri ancora funzionanti si trovano in zone di blanda attività del fenomeno e quindi non rappresentativi.

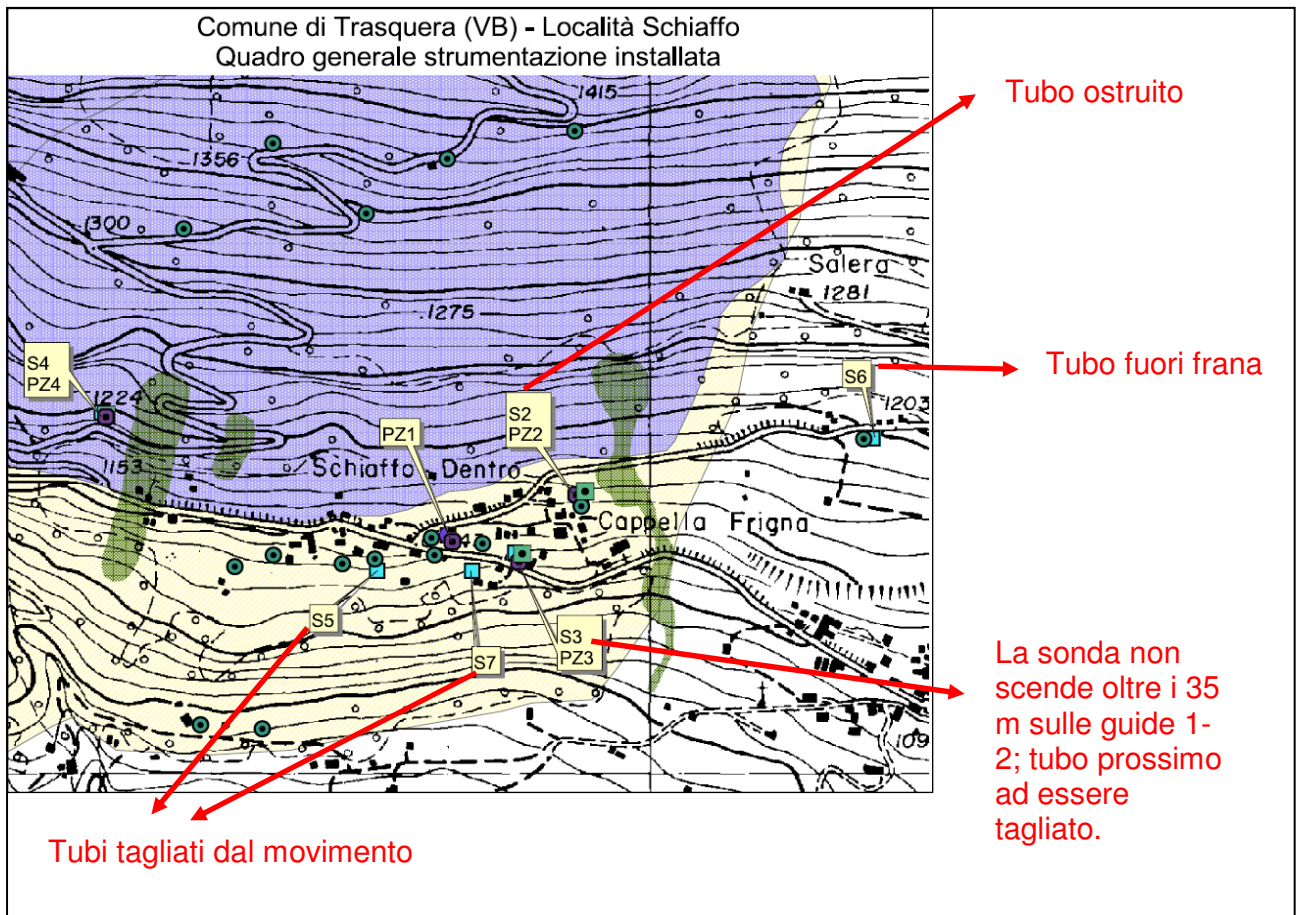


Figura 15

In questo caso il fenomeno viene controllato anche tramite una rete di caposaldi GPS misurati annualmente e su indicazione di Arpa Piemonte è stato riproforato un inclinometro in posizione strategica, poi attrezzato con sonde fisse.

Siti con strumenti significativi tagliati

Sui tubi inclinometrici lesionati da movimenti franosi profondi, vengono svolte, a cadenza ridotta, delle letture sulle porzioni ancora integre. Tali letture effettuate al fine di ricavare indicazioni qualitative sull'evoluzione del movimento che ha lesionato il tubo ed evidenziare l'eventuale attivazione di fenomeni franosi più superficiali. Se dal proseguo delle letture emergono nuove deformazioni sui tratti misurati, sulle stesse verranno calcolati i cinematismi degli strumenti.

Nel sito di Montecastello (AL) (figura 16) il tubo inclinometrico S1 non risulta più misurabile nella sua interezza dal novembre 2011 a causa di un movimento a circa 20 m di profondità; dall'analisi delle letture si era riscontrata anche una deformazione più superficiale (13 m di profondità). Essendo gli spostamenti registrati su quest'anomalia coerenti con l'assetto geomorfologico del versante, viene calcolato il cinematismo dello strumento anche se lesionato sulla deformazione più superficiale.

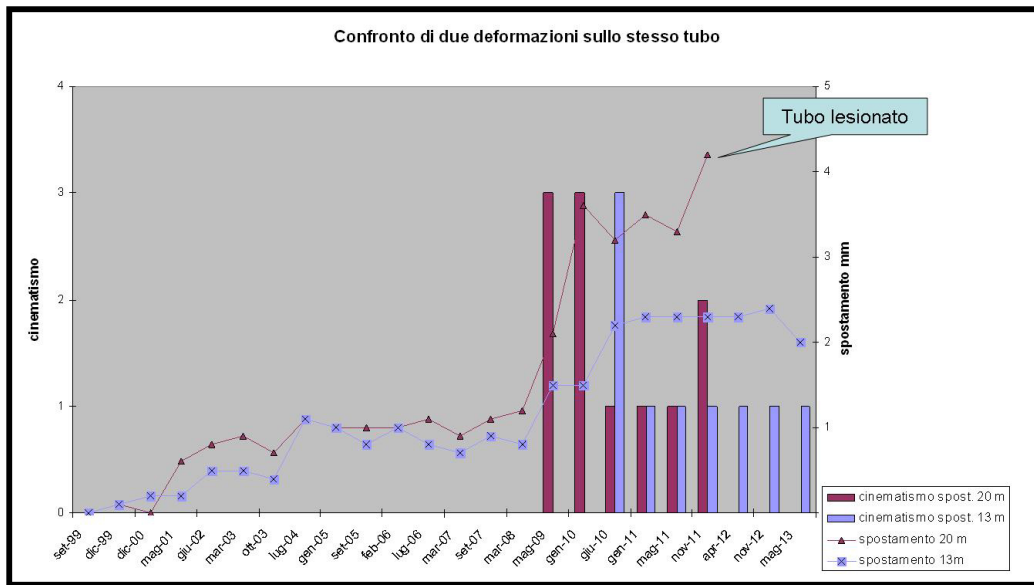


Figura 16 – confronto tra deformazioni occorse sullo stesso tubo inclinometrico

Interpretazione dati misurati con sonda fissa

Nell'immagine riportata (figura 17) è rappresentato il grafico relativo ad una sonda fissa installata nell'agosto del 2011. Durante i primi mesi si sono evidenziate difficoltà di interpretazione, dovute al malfunzionamento della sonda, che è stata quindi estratta per essere riparata, come si vede dall'assenza di dati per un periodo di circa due mesi.

Le misure manuali condotte nel medesimo periodo sul tubo ospitante confermano l'incremento di circa 2 mm registrato, seppur senza continuità, dalla sonda. L'incertezza circa l'evoluzione successiva non ha consentito di validare il cinematismo derivante da tale incremento (verosimilmente di tipo 3). Nel corso dei mesi successivi la strumentazione non ha manifestato problemi tecnici ed è stato possibile calcolare i cinematismi confermando l'ipotesi iniziale di cinematismo 3.

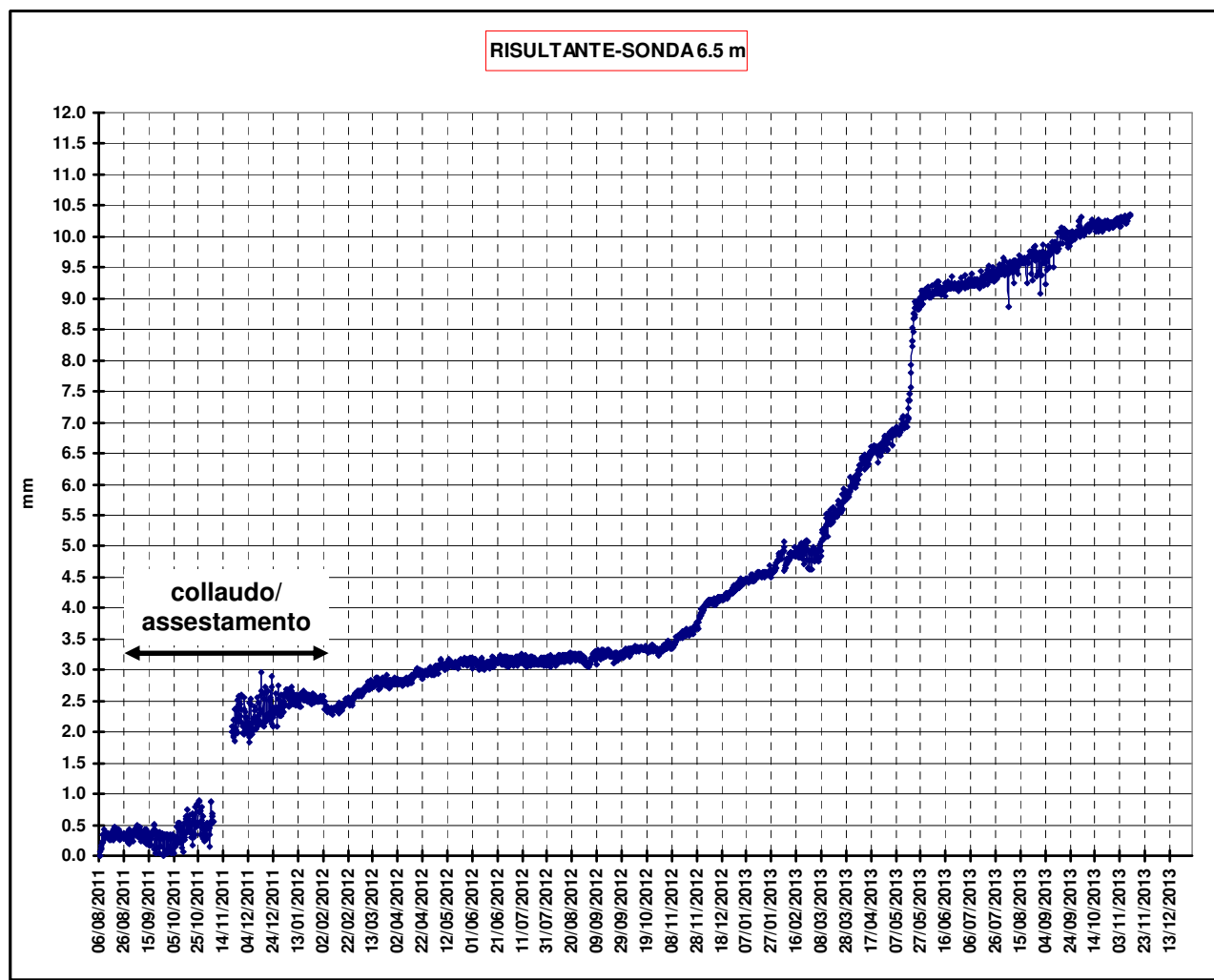


Figura 17 – diagramma dell’andamento di un movimento franoso rilevato con una sonda inclinometrica fissa

Conclusioni

La verifica del metodo con l’applicazione sperimentale ai siti della ReRCoMF ne ha dimostrato la validità.

L’esperienza maturata in questo breve periodo ha confermato quanto affermato nei paragrafi 3.3.2 e 3.4.2 del Disciplinare relativamente alla suscettibilità dei criteri di definizione dei cinematismo di affinamento a seguito di sperimentazione. Sono state infatti effettuate delle implementazioni, scaturite da una maggior conoscenza delle caratteristiche degli strumenti di monitoraggio utilizzati e dall’ottimizzazione della Rete e delle campagne di misura.

L’applicazione continua delle procedure previste dal Disciplinare in sinergia con i Soggetti destinatari, potrà in futuro apportare ulteriori sviluppi al metodo.