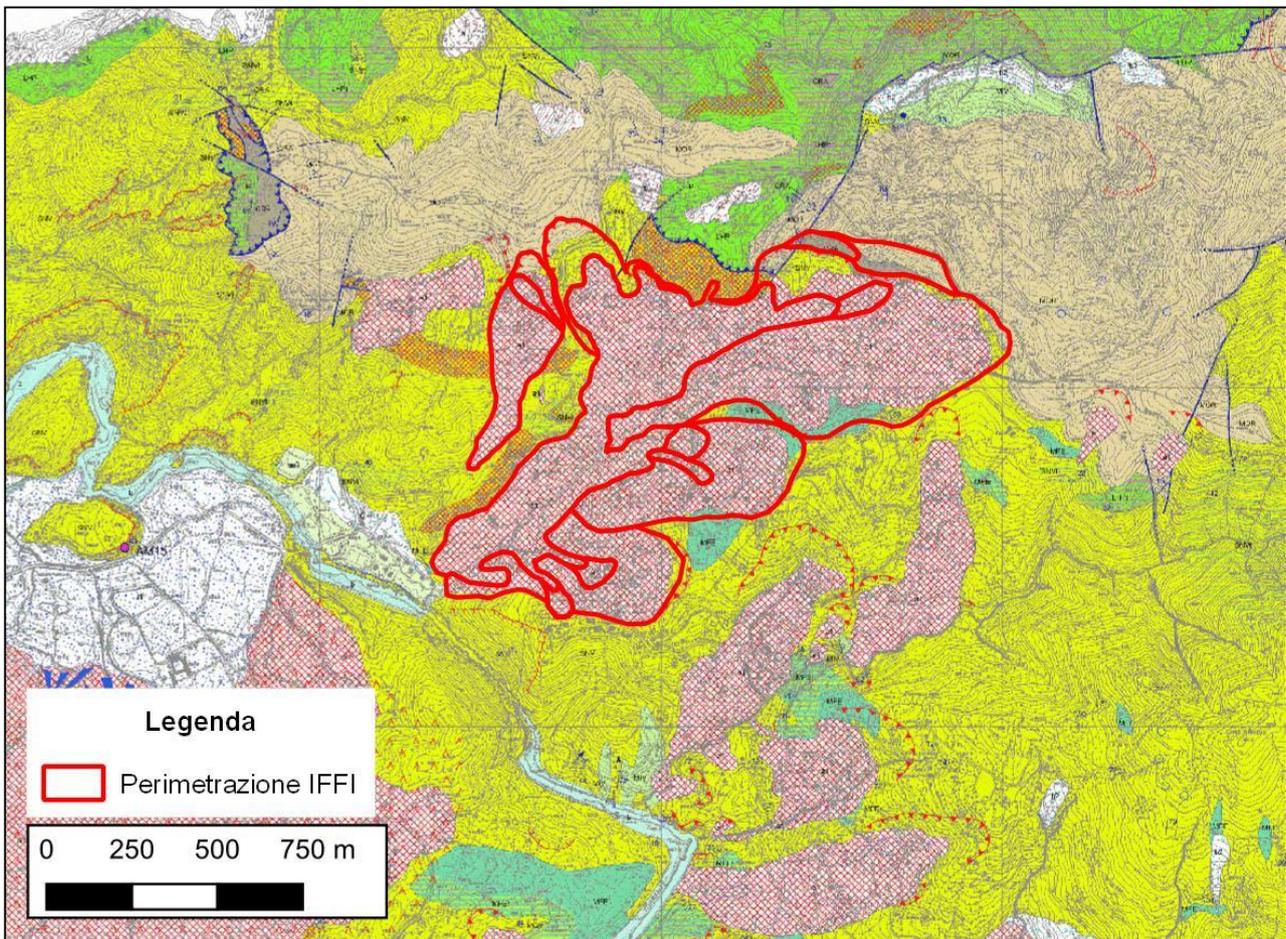


# GE009 – Mogliole - Tiglieto (GE)

## 1. Inquadramento del sito

Il dissesto di Mogliole interessa il versante che degrada in direzione SW verso il corso del Torrente Orba, nel territorio comunale di Tiglieto (Città Metropolitana di Genova). Tale fenomeno è strettamente connesso con la tettonica locale, il cui motivo dominante è dato dal sovrascorrimento NE-SW delle lherzoliti sulle serpentiniti dell'Unità tettonometamorfica Voltri. Il corso del Rio Mogliole segue la direzione del contatto tra i due litotipi che costituiscono il basamento roccioso, caratterizzato da una scistosità penetrativa immergente verso SW (Fig.1).



**Fig. 1** – Stralcio della Carta Geologica d'Italia (progetto CARG) – Foglio 212 “Spigno Monferrato” (scala originale 1:10.000). a: detriti di versante. a1: depositi di frana. b2: coltri eluvio-colluviali. b: depositi alluvionali. b<sub>n1-2</sub>: depositi alluvionali terrazzati. f1: depositi palustri. MOR: formazione di Molare. CRA: breccie della Costa di Cravara. MIV: metabasiti di Rossiglione. MFE: metagabbri eclogitici del Passo del Faiallo (MFE: litofacies con forte impronta metamorfica di retrocessione fino la facies Scisti Verdi). MGv: metagabbri eclogitici della Colma. SNV: serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente (SNV: litofacies a relitti strutturali delle oroginarie peridotiti). LHP: peridotiti del Monte Tobbio (LHP: litofacies a a tessitura tettonica). Per la legenda dei simboli e dei litotipi non riportati nel presente documento, far riferimento alla legenda della carta originale. Le aree interessate da instabilità ricadono all'interno del perimetro IFFI (linea rossa).

Come osservazione aggiuntiva sui caratteri geomorfologici, si segnala la profonda alterazione delle rocce del basamento metaofiolitico con zone profondamente laminate dagli effetti tettonici e l'evoluzione nel tempo di generazioni successive di frane impostate prevalentemente lungo gli impluvi e facilitate nello scorrimento dalla presenza di spesse coltri detritiche (*"Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria"* – CNR-Prov.Genova, 2004).

## 2. Indagini geognostiche 1996-2011

Negli anni 1996-1997 sul corpo di frana è stata realizzata, dallo Studio geoSARC su incarico della Comunità Montana Valli Stura ed Orba, un'estesa campagna di indagini geognostiche comprensiva di i) sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabili tra -20 e -43 m da p.c., in parte attrezzati con piezometro ed in parte attrezzati con inclinometro per il monitoraggio del dissesto, ii) indagini geofisiche, iii) prove in sito e iv) prove di laboratorio. Come anticipato, il dissesto presente nell'area si sovrappone ad una profonda debolezza strutturale dell'ammasso roccioso. A questo proposito, la campagna di sondaggi geognostici condotti nell'area ha messo in evidenza, nella parte centrale dell'impluvio del Rio Mogliole, il basamento roccioso la cui profondità di reperimento si attesta ad un massimo di -40 m da p.c.; tale substrato è caratterizzato dalla presenza di lherzoliti, localmente con caratteri milonitici, in contatto con i sedimenti della Formazione di Molare. Il basamento roccioso ultrafemico, affiorante lungo lo spaccato stradale nel tornante immediatamente a monte di S02M, è caratterizzato da lherzoliti localmente con caratteri tessiturali e strutturali di cataclasite/milonite, spesso disgregato con frammenti rocciosi immersi in una matrice fine.

Le installazioni presenti ricadono all'interno del vasto corpo di frana censito nell'Inventario dei fenomeni franosi (Progetto IFFI) come segue:

Inclinometri: S1, S2, S010M, S02M (ex)

Tipo	Complesso
Stato	Attivo/riattivato/sospeso
Identificativo	0100111302
Area [mq]	302930.33

Nel 2009 il movimento del corpo di frana risultava attivo presso gli inclinometri S02M e S010M, situati rispettivamente nella parte alta e nella parte bassa dell'incisione valliva lungo la quale si è impostato lo scivolamento (Fig. 2). Nel corso del 2010 si è verificata la definitiva occlusione dell'inclinometro S02M; il suo conseguente inutilizzo ha determinato un'importante perdita di informazioni sulla parte alta del movimento gravitativo.

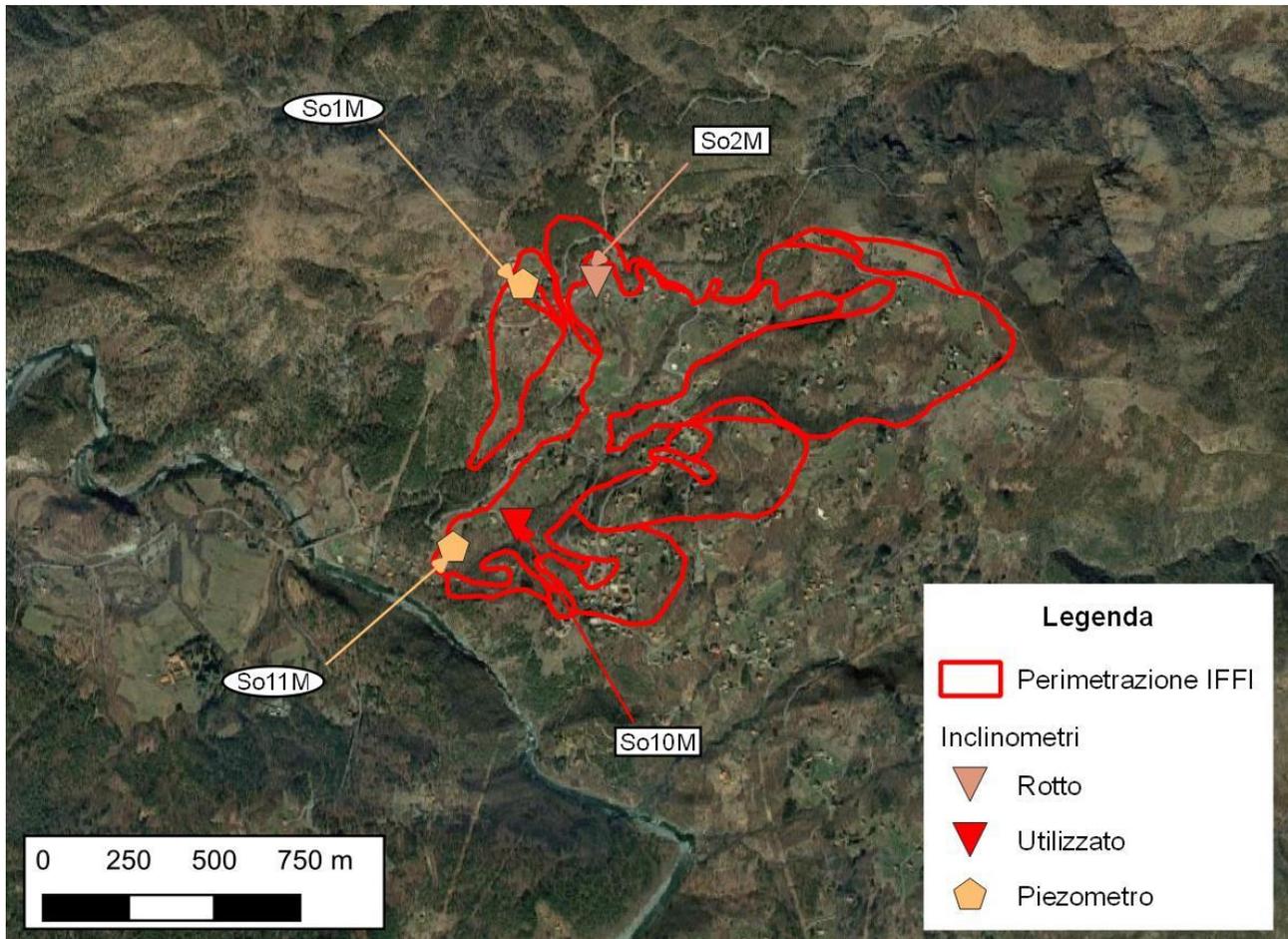


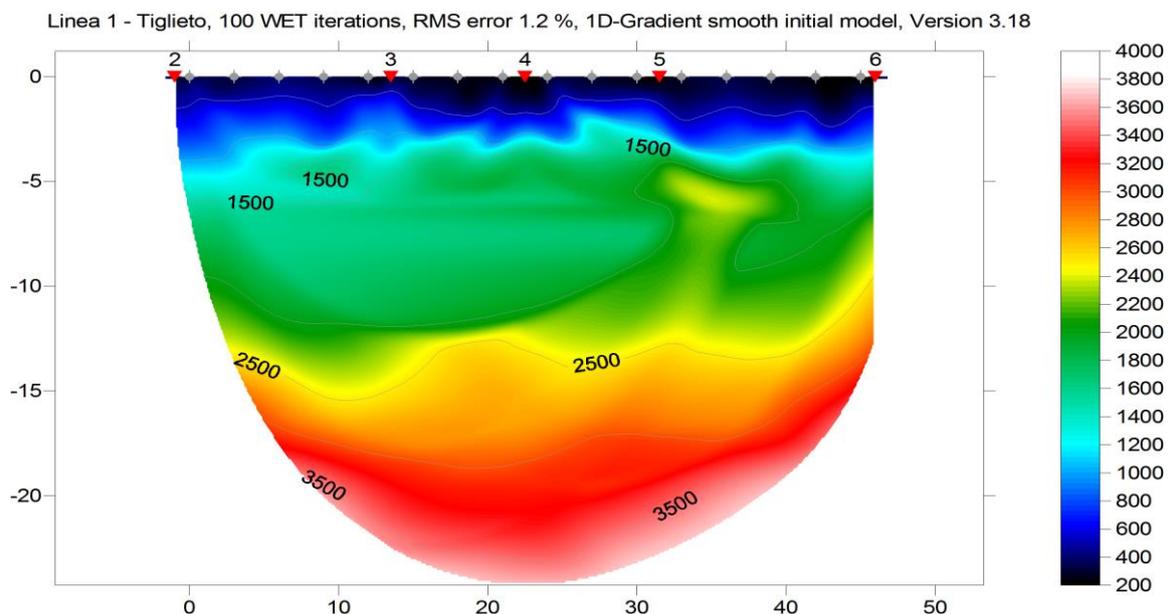
Fig. 2 - Posizione degli inclinometri S010M (e S02M) e piezometri S01M e S011M all'interno del corpo di frana.



Fig. 3 - Affioramento di Iherzoliti tettonizzate (immagine di sinistra) e accumuli detritici nella zona di monte della frana (immagine di destra).

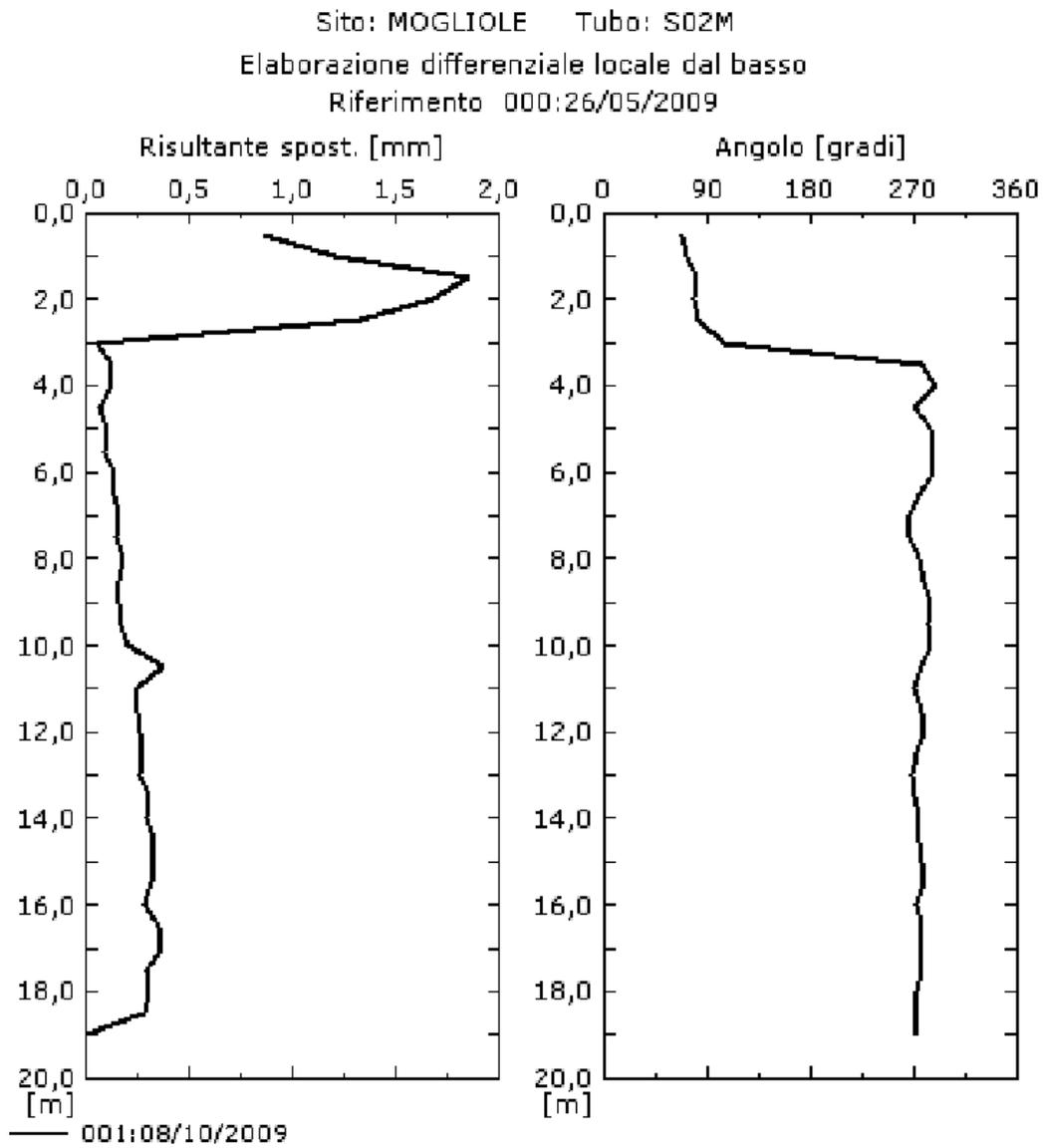
I cicli di lettura tra il 2009 e il 2013 riguardano quindi il solo inclinometro di valle nell'impiuvio del Rio Mogliole: in quattro anni si sono registrati valori complessivi di spostamento di circa 40 mm in direzione S, con il continuo scorrimento lungo un piano di taglio localizzato a -6 m di profondità. Nel mese di agosto 2011, nella parte centrale della frana presso l'inclinometro S010M, è stata eseguita un'indagine sismica a rifrazione, invertita con tecnica tomografica, con uno stendimento strumentato di 45 m con spaziatura intergeofonica pari a 3 m, n. 2 energizzazioni esterne per ciascuna estremità e n. 3 energizzazioni all'interno della linea. Con questa geometria si è raggiunta una profondità di indagine pari a circa -20 m da p.c.

La stratigrafia che si può ricavare dalla prova sismica vede la presenza di un primo rifratore che può corrispondere sia ad un terreno addensato saturo sia ad una roccia tenera, compreso tra le profondità di circa -3 e -5 m da p.c. Al di sotto di questo primo rifratore la tomografia mette in evidenza uno strato caratterizzato da inversione di velocità delle onde P attribuibile ad un materiale meno rigido. Alla profondità di circa -12 m viene evidenziato dalla tomografia un rifratore caratterizzato da  $V_p > 2000$  m/s attribuibile al substrato roccioso (Fig. 4). Il movimento rilevato dagli inclinometri intorno a -6 m di profondità sembra avvenire, quindi, in una zona di contatto tra la coltre detritica e un primo livello del basamento roccioso, ben al di sopra del contatto con il bedrock non alterato. La presenza dello "strato" di rocce alterate ma soprattutto tettonizzate, rilevato dall'indagine geofisica, può essere osservato per almeno 6 m di spessore e sembra, allo stato attuale, non partecipare al movimento gravitativo.



**Fig. 4** - Sezione sismica tomografica del pendio in frana: si osserva il basamento ofiolitico tettonizzato e alterato (aree verdi); la transizione verso il basamento non alterato avviene a partire da circa -12 m di profondità (aree giallo-rosse).





**Fig. 5b** - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali), dell'inclinometro S02M.

### **Inclinometro S010M (lunghezza=38.5 m) – parte inferiore della frana e valle dell'abitato**

La lettura effettuata nel 2013 ha registrato un incremento della deformazione di 11 mm raggiungendo un valore massimo di 39 mm con direzione azimutale S in 4 anni di monitoraggio, coerentemente con l'orientazione del versante. Viene confermata la presenza della superficie di taglio a -6 m da p.c., evidenziata dalla morfologia delle curve inclinometriche (elaborazione differenziale integrale) e confermata dall'elaborazione differenziale locale con un picco di quasi 16 mm (Figg. 6 e 7). Le letture dimostrano come si alternino spostamenti di entità differente ma che complessivamente definiscono, con una certa continuità, un trend del movimento costante.

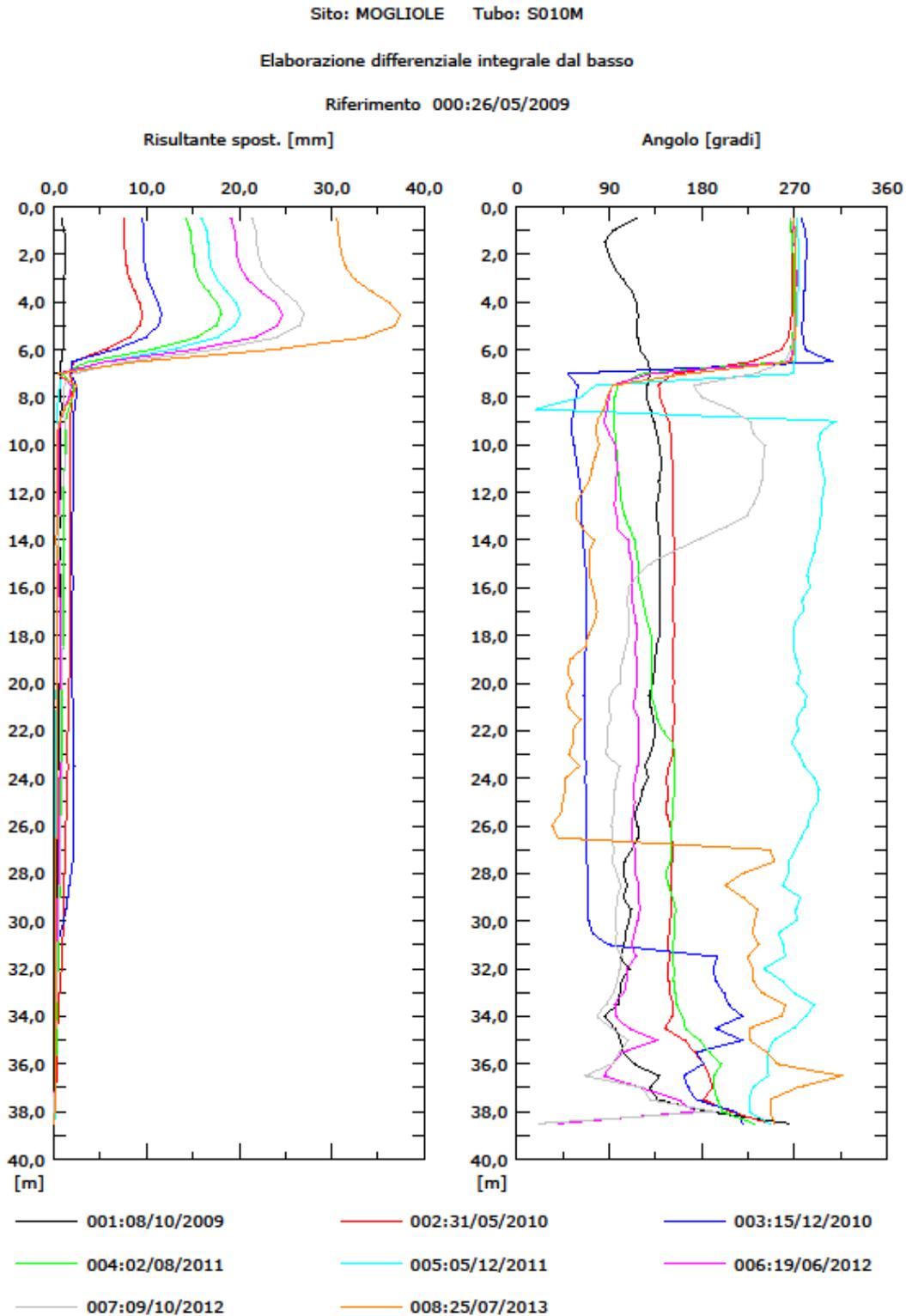


Fig. 6a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S010M.

Sito: MOGLIOLE Tubo: S010M

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:26/05/2009

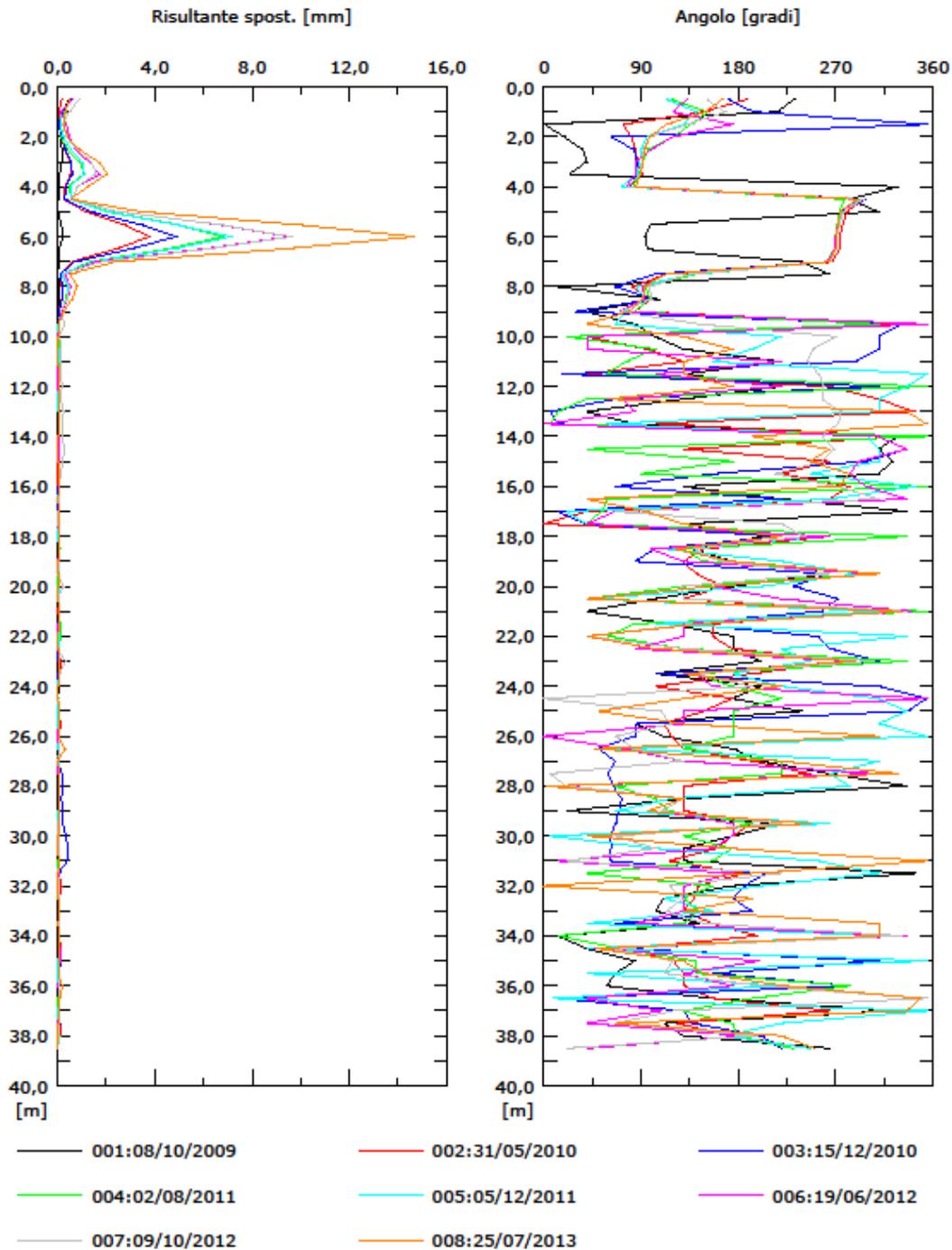


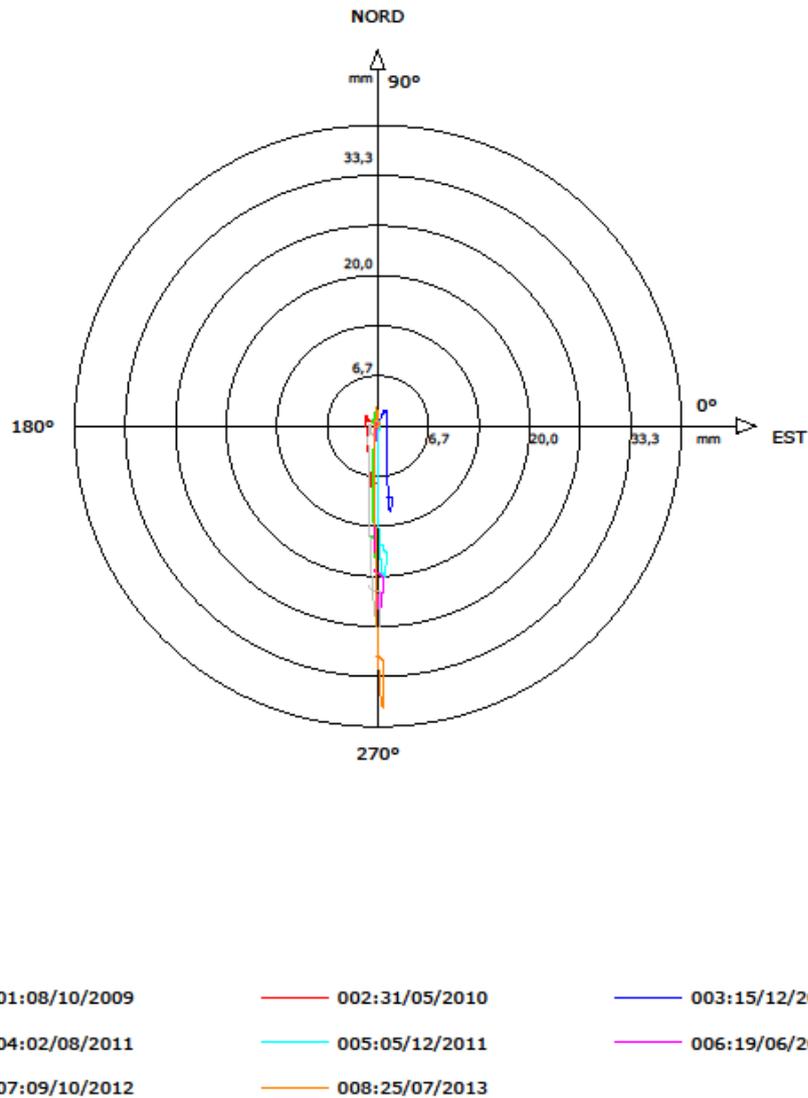
Fig. 6b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S010M.

Sito: MOGLIOLE Tubo: S010M

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/05/2009

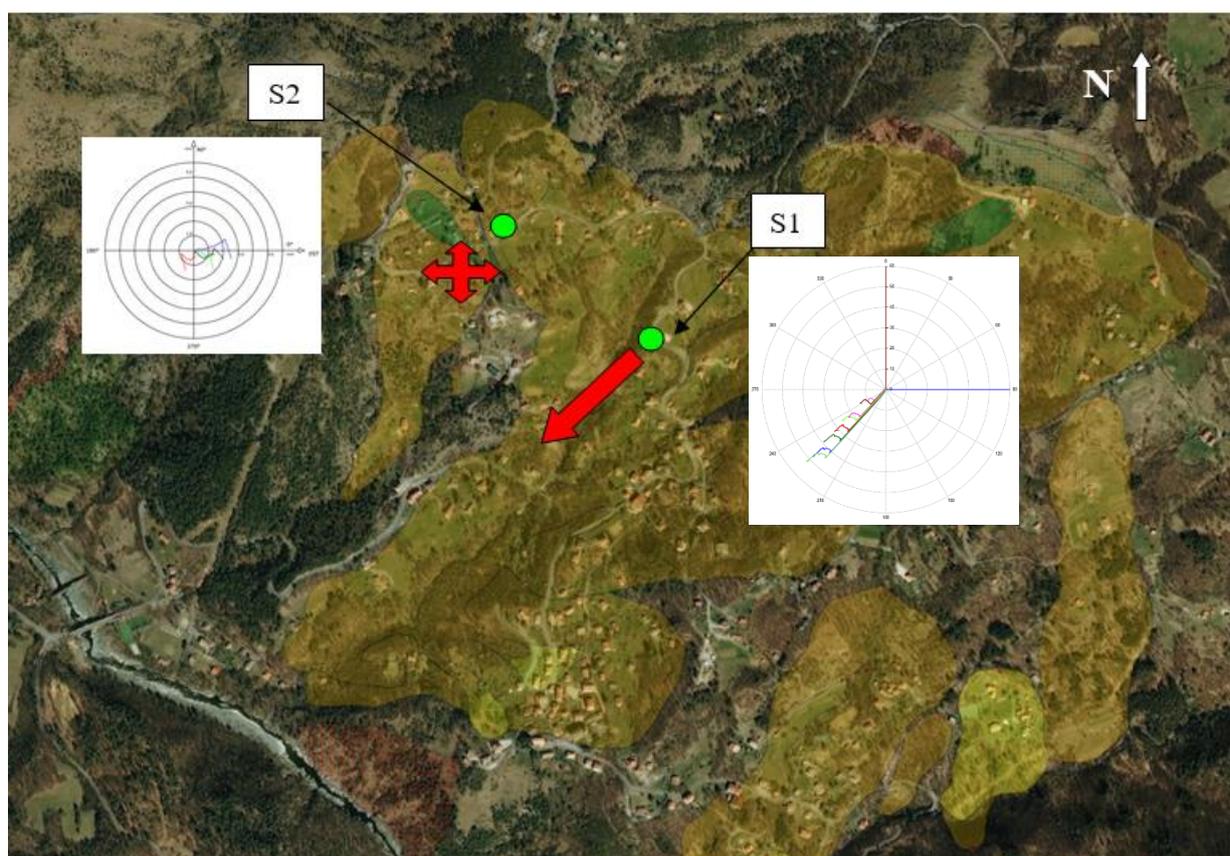
Diagramma polare della deviazione



**Fig. 7** - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S010M.

#### 4. Indagini geognostiche 2019

Nel 2019, sono stati realizzati due nuovi inclinometri (S1, lunghezza = 33.5 m; S2, lunghezza = 19 m) dal Comune di Tiglieto nell'ambito della D.G.R. n°271 del 20/04/2018 – Programma di sviluppo rurale 2014-2020, misura 5.1 “Azioni preventive per ridurre le conseguenze di probabili calamità naturali, avversità atmosferiche ed eventi catastrofici”; successivamente è stato richiesto ad ARPAL l’inserimento di tali inclinometri nella Rete REMOVER (Fig.8).



**Fig.8** – Posizione degli inclinometri S1 e S2; la freccia indica la direzione di movimento della frana che interessa il sito di Mogliole.

#### 5. Analisi dei dati inclinometrici (monitoraggio attivo)

Di seguito si riassume l'attività di monitoraggio 2024:

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
20/06/2024	4° Lettura di esercizio ogni 0,5m sulle guide A1/A3	Inclinometri S1 - S2	Sonda servoaccelerometrica biax. S222643
21/11/2024	5° Lettura di esercizio ogni 0,5m sulle guide A1/A3	Inclinometri S1 - S2	Sonda servoaccelerometrica biax. S222643

**Tab. 1** - Misure effettuate nel 2024 nel sito di Mogliole.

### **Inclinometro S1 (33.5 m) – settore centro-orientale della frana**

Le letture effettuate nel 2024 hanno confermato la presenza di una superficie di taglio a una profondità compresa tra -22.5 m e -24.5 m da p.c., evidenziata dalla morfologia delle curve inclinometriche nell'elaborazione differenziale locale: il picco degli spostamenti si attesta a circa -23.5 m con valori di circa 22 mm nel giugno 2024 e di circa 24 mm nel novembre 2024, rivelando un movimento di circa 7 mm in poco più di un anno. Il valore totale della deformazione è arrivato a circa 48 mm nel giugno 2024 e 52 mm nel novembre dello stesso anno, con 13 mm di differenza rispetto alla lettura del 2023, con direzione azimutale SW, coerente con l'orientazione del versante (Figg.9 e 10).

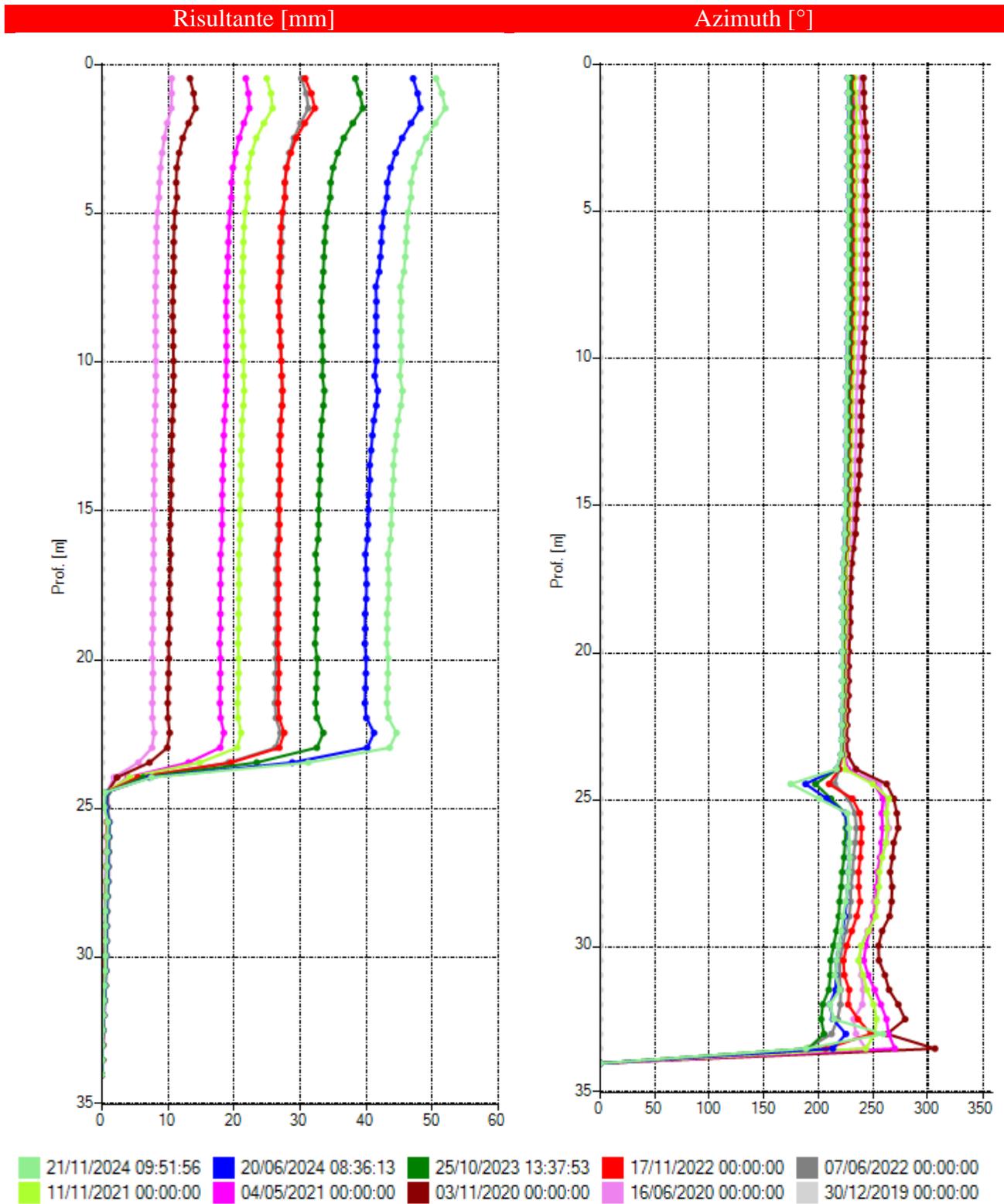
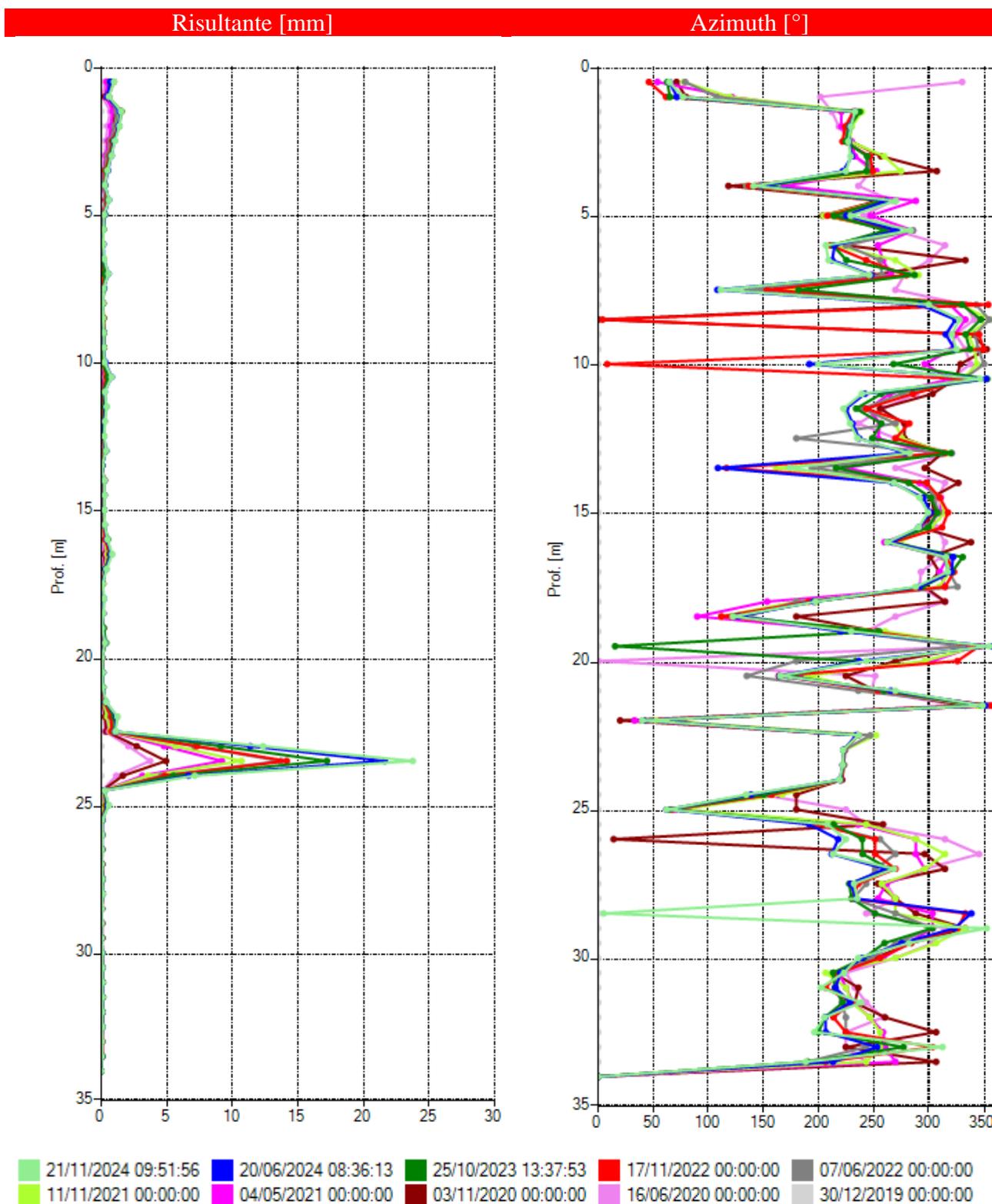


Fig.9a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale dell'inclinometro S1.



**Fig.9b** - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale dell'inclinometro S1.

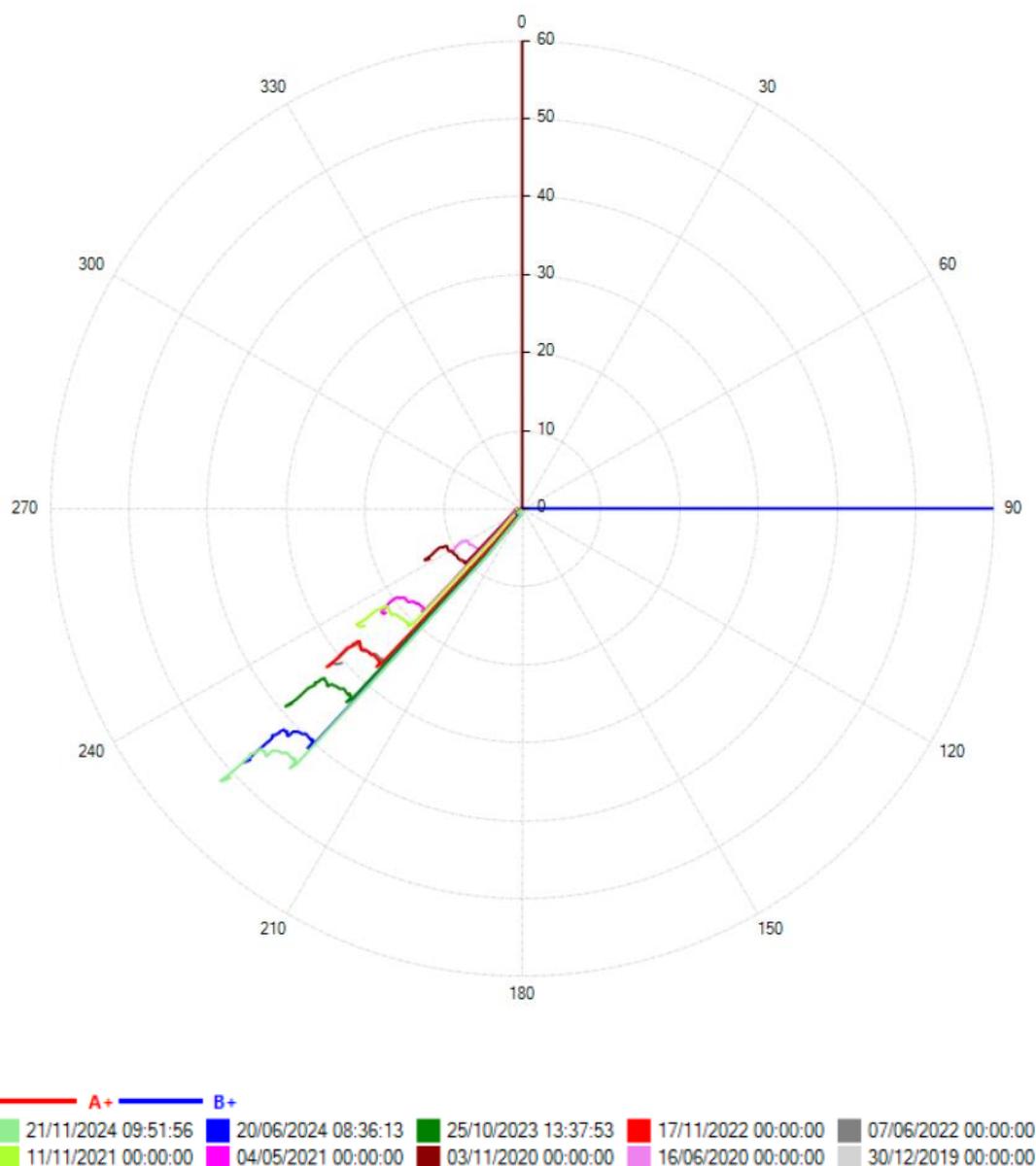


Fig. 10 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S1.

### Inclinometro S2 (19 m) – parte alta della frana (settore nord-occidentale)

Le letture effettuate nel 2024 non hanno evidenziato alcun movimento considerevole rispetto a quanto registrato nel 2023 (movimento cumulato a testa tubo inferiore a 4 mm). Il differenziale locale non mostra una profondità di variazione strumentale significativa lungo il foro, ricalcando sostanzialmente la precedente lettura (2023). Per comprendere l'eventuale relazione con le misure registrate presso l'inclinometro di valle sarà necessario compiere ulteriori letture. I valori registrati rientrano ampiamente nell'incertezza strumentale (Figg.11 e 12). In considerazione dell'entità degli spostamenti misurati, non è possibile indicare una direzione univoca del movimento, che in generale rientra nel quadrante SE.

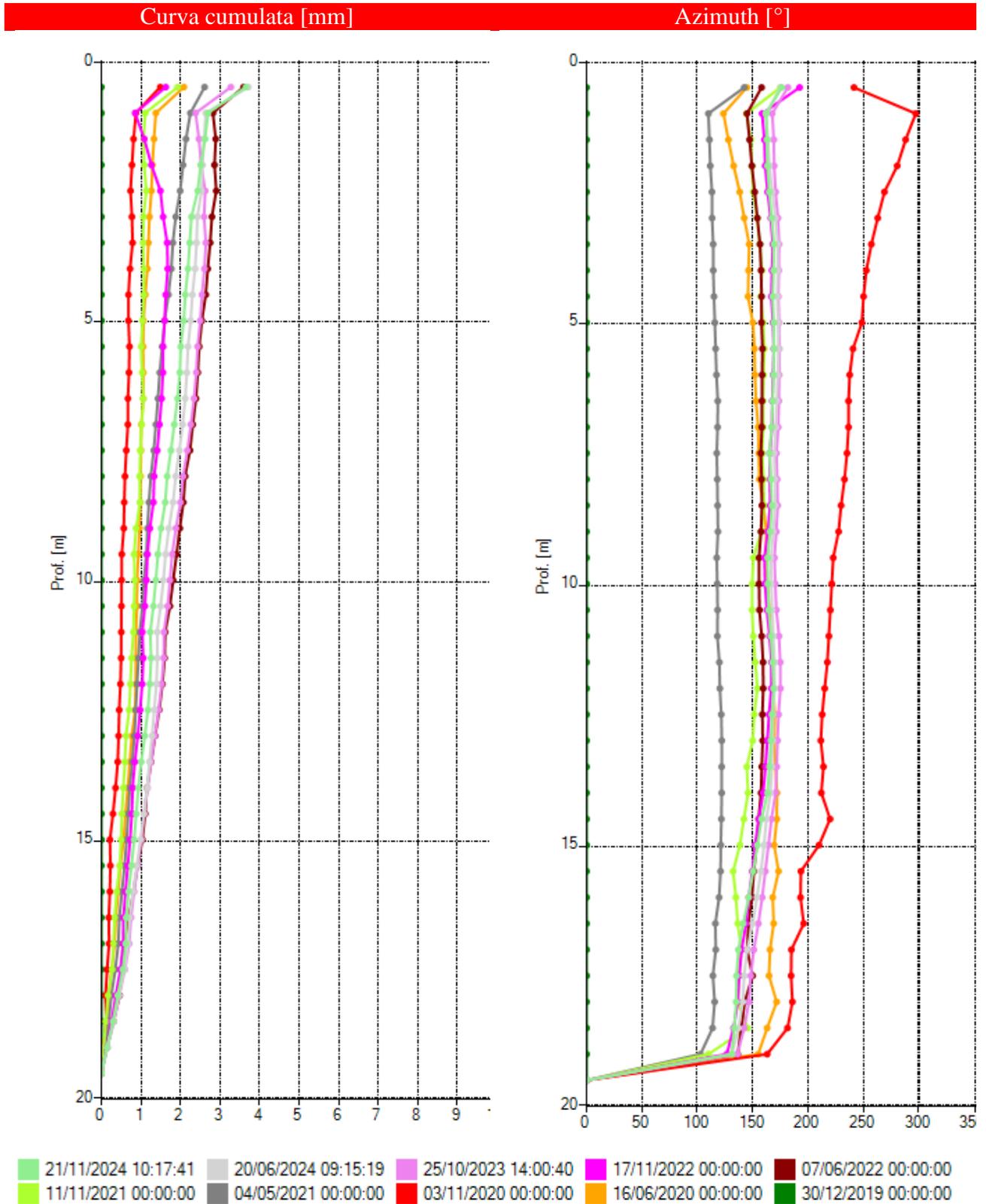


Fig. 11a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale dell'inclinometro S2.

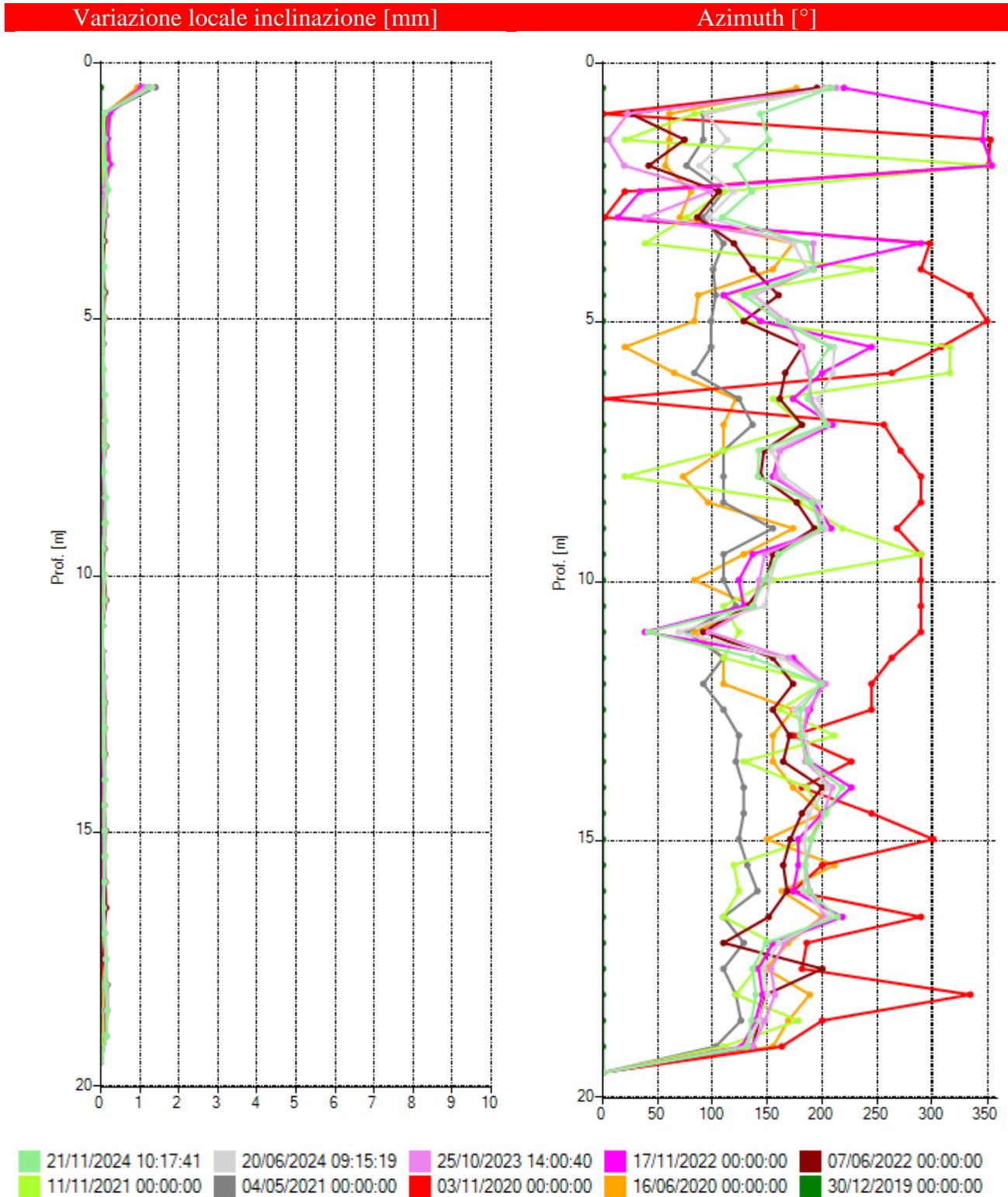


Fig. 11b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (a destra) dell'inclinometro S2.

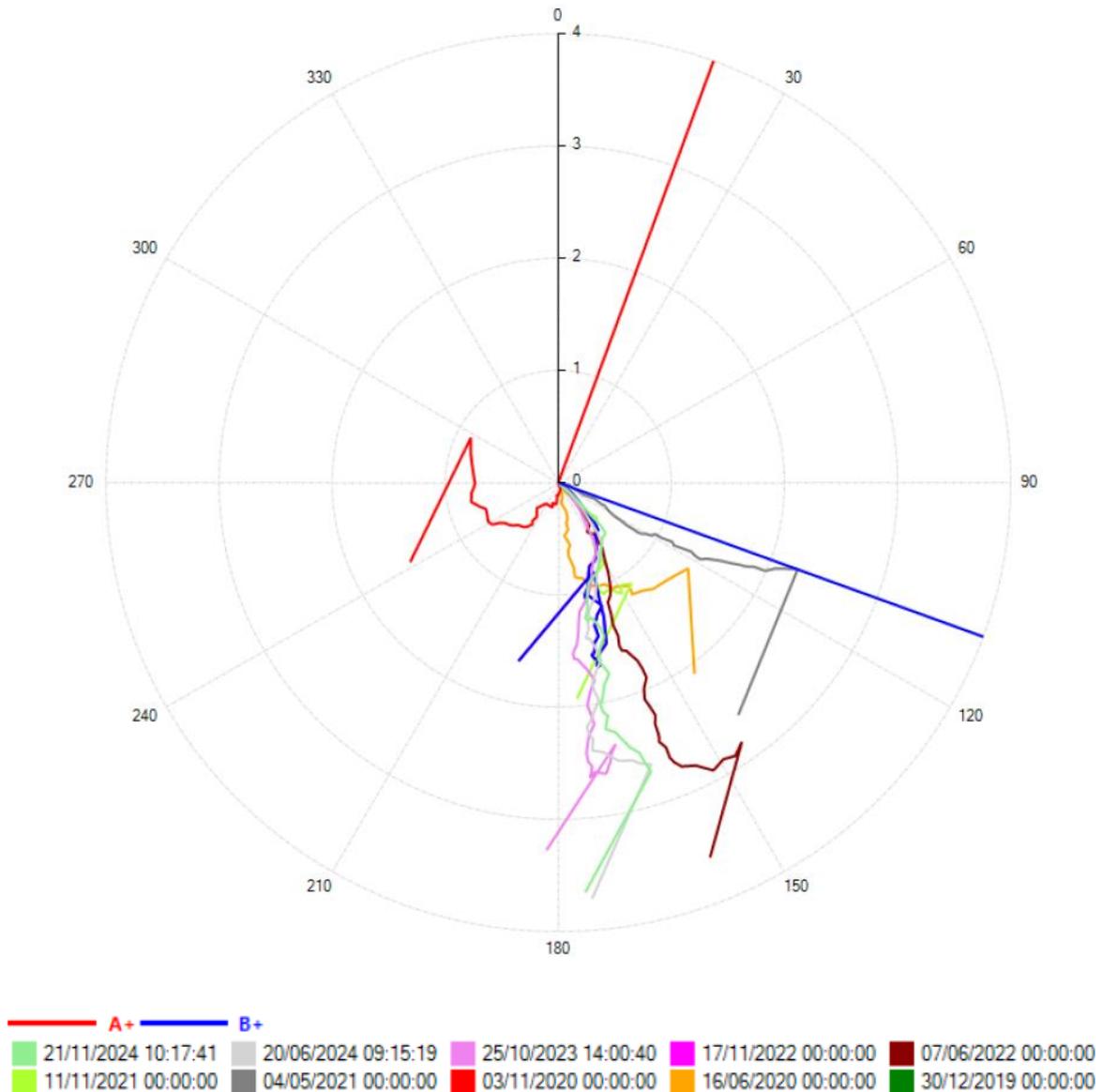


Fig. 12 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S2.

## 6. Conclusioni

Durante l'anno 2024 sono state eseguite due letture inclinometriche (rispettivamente a giugno e novembre) che hanno evidenziato spostamenti significativi solo presso l'inclinometro S1 (settore centro-orientale del corpo di frana).

Il grafico di Figura 13 evidenzia la progressione del movimento avvenuta nel periodo 2009-2012 e nel periodo 2020-2024 (velocità media pari a circa 10 mm/anno).

Per quanto riguarda le letture effettuate con la nuova strumentazione, si può notare lo spostamento registrato in S1 nella zona mediana, in cui si è osservata la presenza di una superficie

di scorrimento a profondità comprese tra -22.5 e -24.5 m da p.c., con un picco massimo a -23.5 m. L'inclinometro di monte allo stato attuale non ha dato indicazioni di movimenti considerevoli in atto.

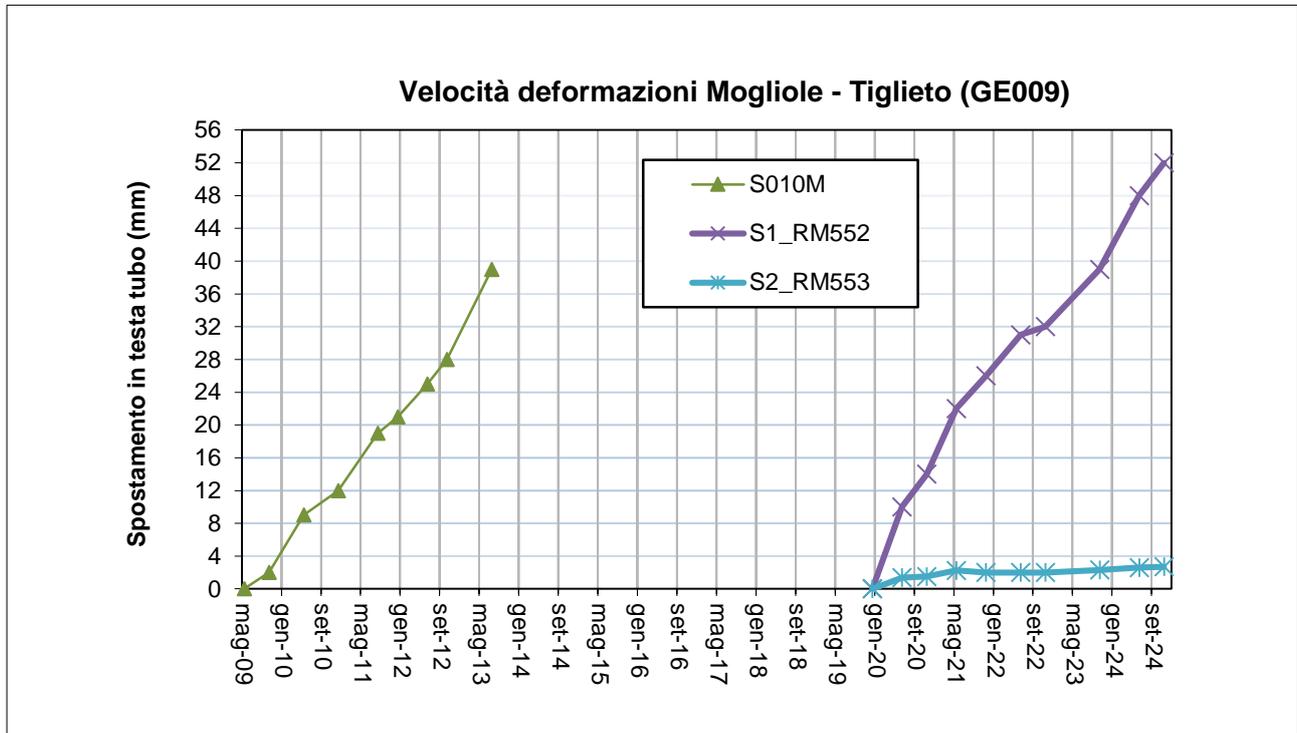


Fig. 13 - Velocità delle deformazioni nel periodo 2009-2024.

Dal monitoraggio piezometrico delle stazioni denominate A, B, C (Fig.14), grazie alla misura in continuo, si è potuto constatare la presenza di una falda di versante la cui superficie risulta situata intorno a -16 m dal p.c. presso i piezometri B e C, attestandosi intorno a -10 m di profondità presso il piezometro A (Fig.15). I dati corrispondono al periodo 2021-2023, in quanto per l'anno 2024 non sono stati comunicati dal Comune che ha in gestione le suddette stazioni.

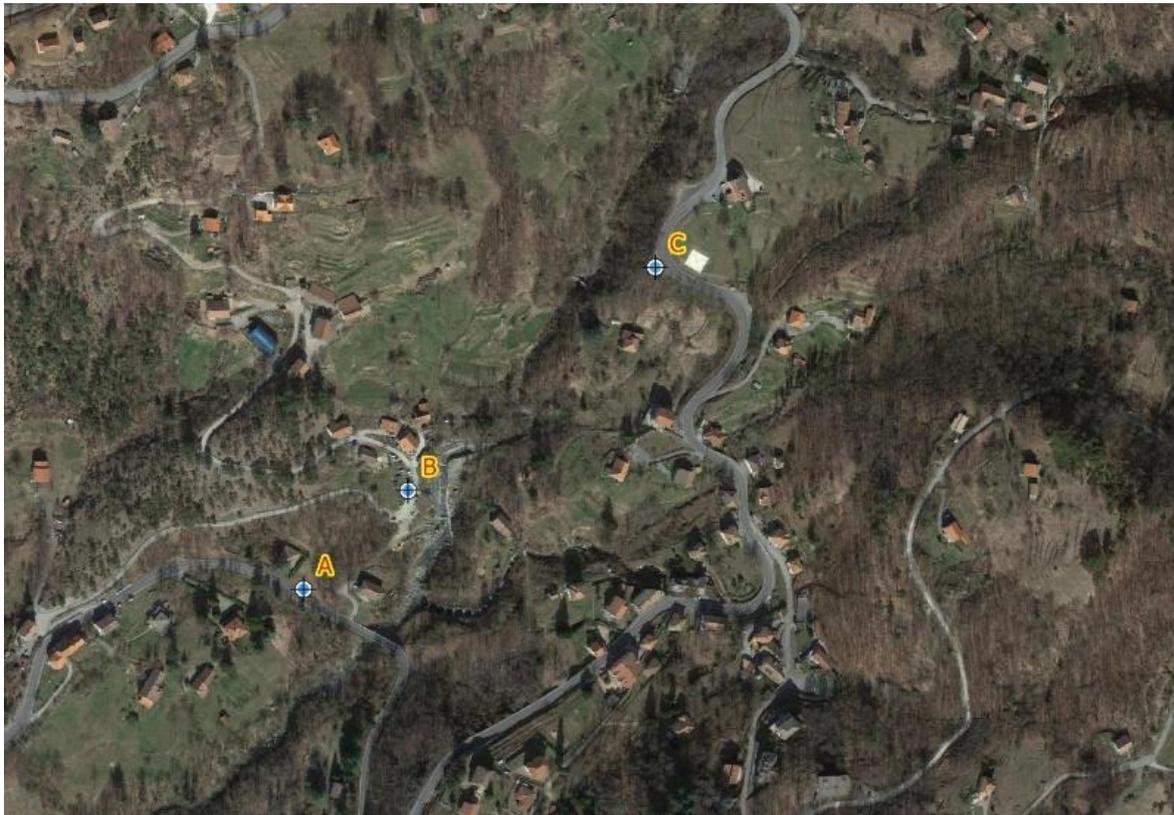


Fig. 14 - Collocazione dei piezometri dotati di strumentazione con rilevazione in continuo.

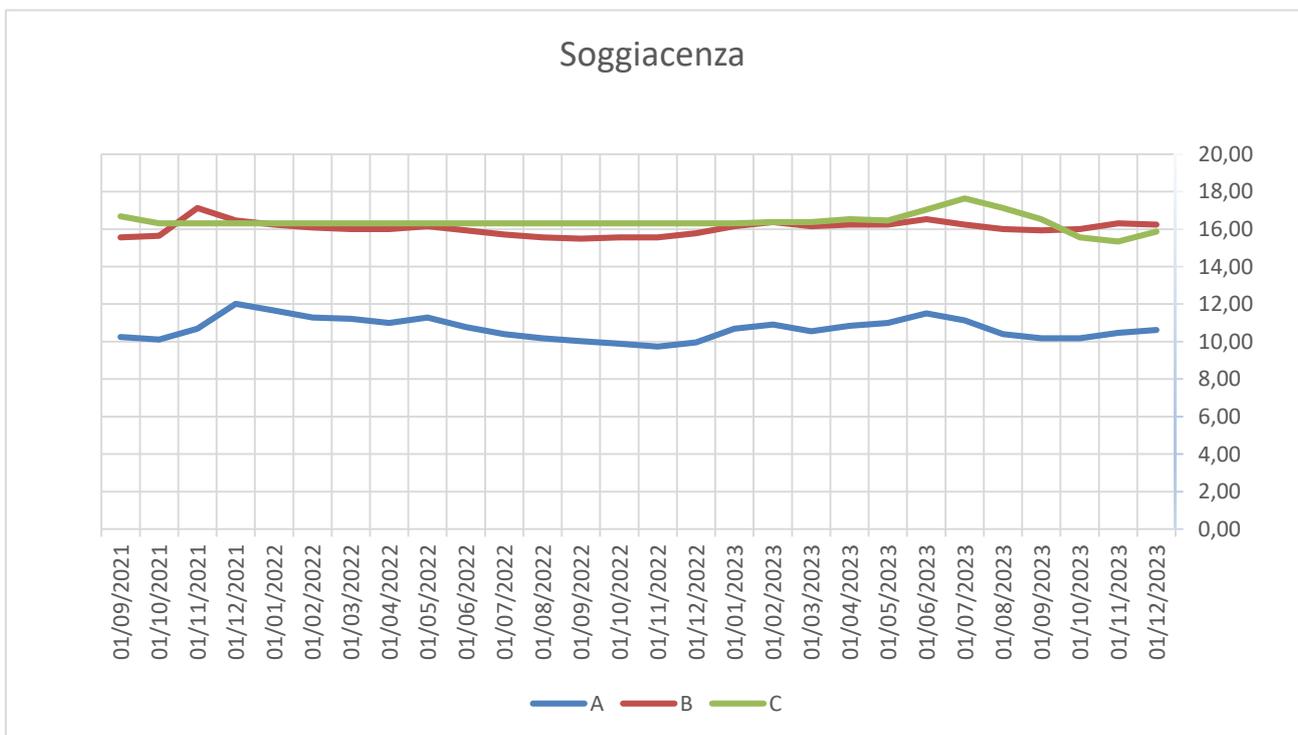
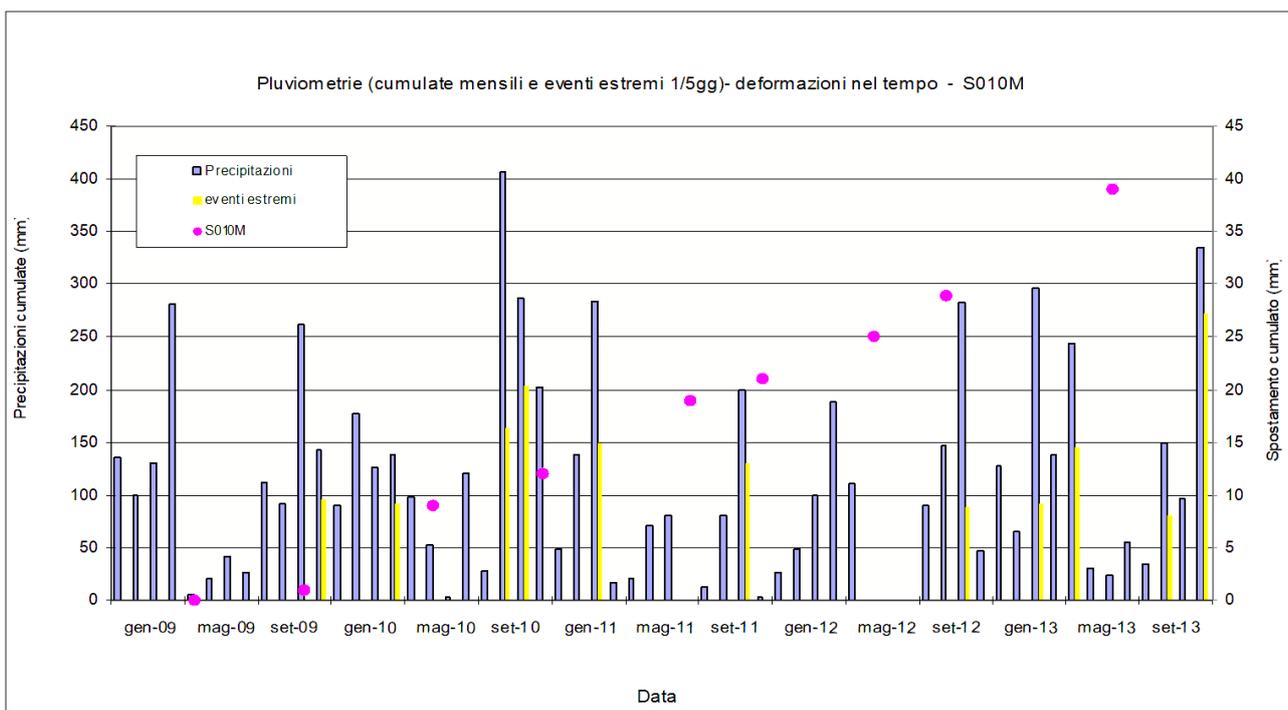


Fig. 15 - Soggiacenza della falda (m dal p.c.) al 2023.

Il movimento gravitativo potrebbe rispondere alle precipitazioni in accordo con la limitata profondità della superficie di scorrimento nella zona di valle e in accordo presumibilmente con le caratteristiche di uno scivolamento di una coltre instabile. Precisamente, il trend della deformazione dal 2009 (Fig.16) è stato caratterizzato inizialmente da una alternanza di movimenti e pause; negli anni successivi l'area ha manifestato invece un movimento continuo nel tempo. L'assenza di stasi e la continua progressione della deformazione negli anni 2011 e 2012, e l'importante movimento nel 2013 coincidono rispettivamente con periodi modesti dal punto di vista precipitativo, cui fa seguito un anno con una primavera piovosa: infatti, soprattutto nei mesi di marzo e maggio 2013, si sono registrate cumulate di 300 mm ed eventi di particolare intensità con 140 mm in pochi giorni nel mese di maggio e con 273 mm nel mese di dicembre.

Si deve sottolineare, inoltre, che il periodo autunno 2010 - inverno 2011, potenzialmente responsabile dell'attività dello scorrimento del corpo di Mogliole, è stato inoltre caratterizzato dalla presenza di eventi precipitativi importanti: si ricorda il caso dell'ottobre 2010 in cui sono stati registrati 164 mm di pioggia in un giorno, evento meteo derivante dalla perturbazione che ha originato gli eventi alluvionali di Varazze e Sestri Ponente.

Il trend sopra descritto, è rimarcato anche nei grafici che illustrano le deformazioni rispetto alle piogge mensili cumulate a partire dal 2019. In particolare, in base alle misure desunte dall'inclinometro S1, si osserva che, nonostante il periodo siccitoso del 2022, il movimento continua nel tempo, mentre l'inclinometro S2 rimane in stasi (Figg. 17-18). L'accelerazione del movimento registrato grazie alla lettura di giugno 2024 in S1 coincide con l'aumento generale delle precipitazioni medie mensili (a partire da febbraio 2024) rispetto al biennio 2022-2023, che raggiungono un picco nell'ottobre 2024 (circa 662 mm/mese).



**Fig. 16** – Andamento pluviometrico mensile, eventi estremi (stazione ROSSGL e stazione PTURC) e letture inclinometriche (S010M).

