

GE028 Sottana-Davagna (GE)

1. Inquadramento del sito

La zona oggetto di indagine, localizzata in località Sottana nel comune di Davagna (Città metropolitana di Genova) rappresenta, sotto un profilo geologico, un'area di sovrascorrimento dei flysch della formazione di Monte Antola sui flysch della formazione di Ronco, che sfruttano importanti lineamenti strutturali spesso giacenti al di sotto di estese coltri di versante e/o franose (Fig.1). I corpi franosi presenti sono perlopiù di tipo superficiale, interessano la coltre eluvio-colluviale ed in parte il substrato roccioso alterato e disarticolato a causa dell'intensa fratturazione, e sono strettamente legate ad eventi meteorici di forte intensità.

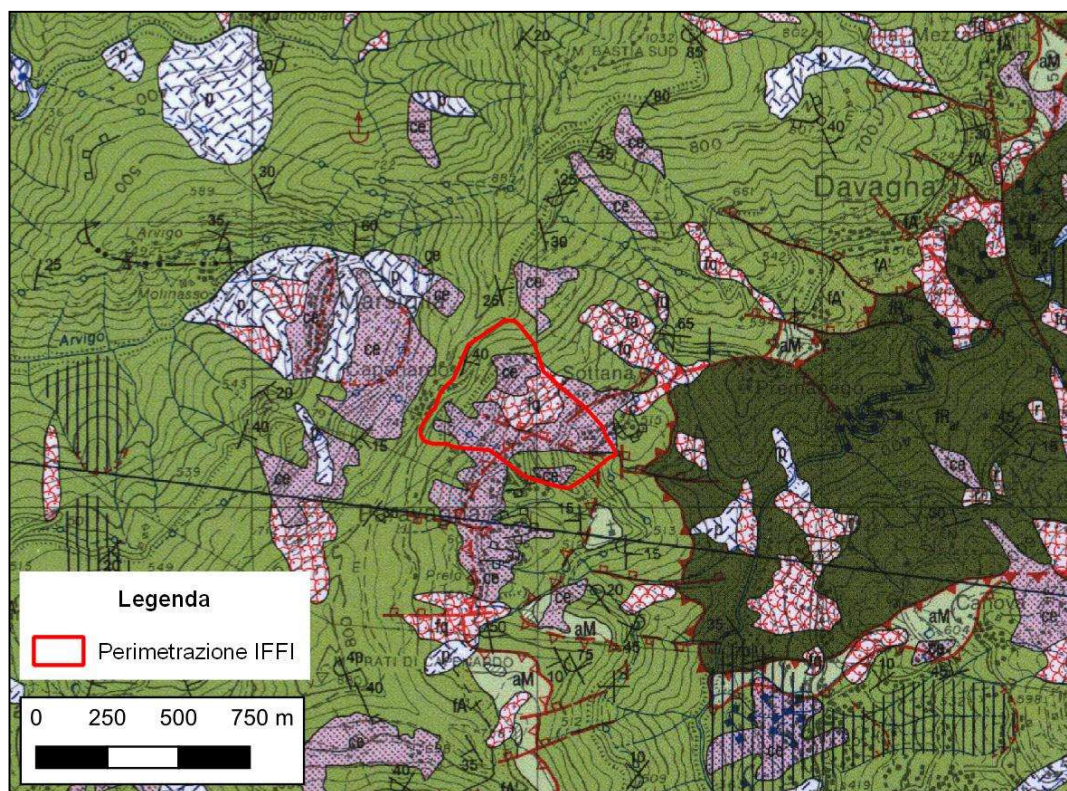


Fig. 1 - Stralcio Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR), Tav. 214.3 "Bargagli" (scala originale 1:25.000). fA= formazione di Monte Antola; fR=formazione di Ronco. Per la legenda dei simboli e dei litotipi non riportati nel presente documento, far riferimento alla legenda della carta originale. Le aree interessate da instabilità ricadono all'interno del perimetro IFFI – IdroGEO (linea rossa).

2. Indagini geognostiche

Il versante in oggetto è stato indagato, a partire dal 2013 fino al 2015, mediante l'esecuzione di n. 4 sondaggi, attrezzati ad inclinometro (n. 2) e piezometro (n. 2, automatici) e di una stesa sismica; tali attività erano propedeutiche alla progettazione per la sistemazione della frana in località Sottana (*"Studi propedeutici alla messa in sicurezza e stabilizzazione della frana in località Sottana, Comune di Davagna"*- GEOBEDA, aprile 2015).

Dai sondaggi si evince come il basamento roccioso, estremamente fratturato, sia reperibile a -17 m da p.c. nella zona più a monte (sede stradale) e a circa -23 m nella zona di valle, e possa essere attribuito rispettivamente ai flysch calcareo-marnosi del M. Antola e a una roccia più prettamente marnosa (formazione di Ronco). Tale situazione concorda approssimativamente con il profilo geofisico ricavato tramite stesa che individua un livello sismico compatto a profondità superiori a -15 m (Figg. 2 e 3).

Come dalla relazione del professionista incaricato, *"è stato così deciso di spingere la perforazione fino ad una profondità di -30 m dal p.c. per quanto concerne i sondaggi a carotaggio continuo; in questo modo si è riusciti ad avere una visione più chiara e significativa della struttura e tessitura del bedrock, inoltre è stato altresì necessario raggiungere tali profondità onde consentire di verificare i livelli di falda e di immorsare adeguatamente gli inclinometri al substrato roccioso, evitando così un fenomeno di "galleggiamento" degli stessi all'interno della coltre detritica, con una conseguente inutilità delle letture programmate"*.



Foto f) cassetta da 25,00 + 30,00 metri



Fig. 2 - Basamento roccioso da 20 a 30 m, profondità di installazione dell'inclinometro S1: si osservi la frammentazione del litotipo calcareo dovuta alla presenza nell'area di importanti lineamenti tettonici.



Foto f) cassetta da 25,00 + 30,00 metri



Fig. 3 - Basamento roccioso da 20 a 30 m, profondità di installazione dell'inclinometro S2: si osservi la frammentazione del litotipo a componente marnosa dovuta alla presenza nell'area di importanti lineamenti tettonici.

Nel corso dell'anno 2015 è stata verificata da parte di ARPAL la strumentazione inclinometrica (S1 e S2) e piezometrica (P1 e P2), che risulta ubicata lungo il pendio a valle della sede stradale e in prossimità di un esteso corpo franoso perimetrato IFFI - IderoGEO (Fig. 4). In seguito al sopralluogo è stato possibile prendere in carico l'inclinometro S1; l'inclinometro S2 è invece risultato tagliato e non utilizzabile. Per quanto riguarda i piezometri, trattandosi di strumenti automatici, non si è modificata la tipologia di monitoraggio in carico a professionisti fino a tale data. Dopo alcuni anni di interruzione delle letture per la scarsa rappresentatività degli strumenti installati nel sito, nel 2020 su richiesta di Regione Liguria è stata eseguita la lettura dell'inclinometro S1. Il monitoraggio è stato poi sospeso anche negli anni 2021 e 2022.

Come accennato in precedenza, una porzione del versante indagato è inserito nel database IFFI – IdroGEO, come si seguito descritto:

Tipo	Complesso
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0100180900
Area [mq]	211366

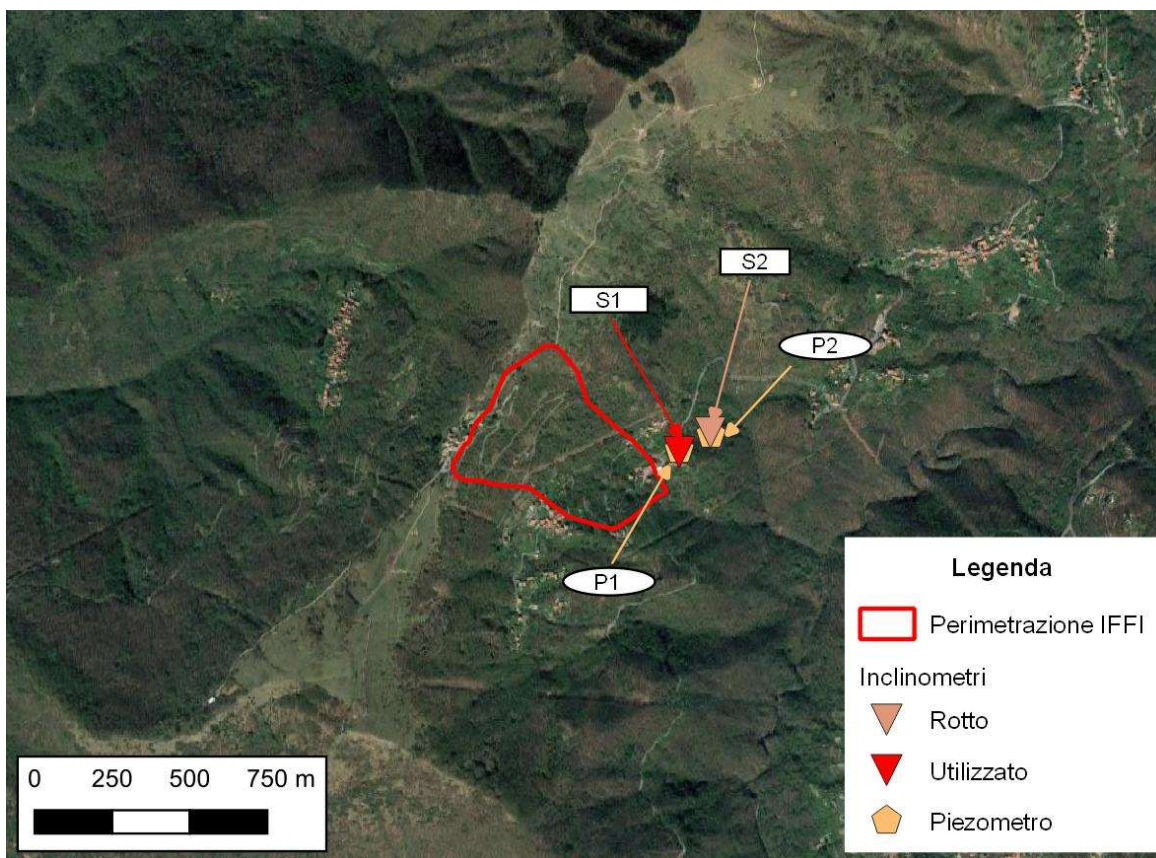


Fig. 4 - Ubicazione degli inclinometri S1 e S2 e dei piezometri P1 e P2.

3. Analisi dei dati inclinometrici (monitoraggio non attivo)

Inclinometro S2 (29 m) – porzione più a valle della frana

La verifica della funzionalità dell'inclinometro tramite videoispezione (30/04/2015) ha consentito di individuare alla profondità di -21.90 m da p.c. uno scalino (Fig. 5) che rende la tubazione inutilizzabile. Dalle informazioni pregresse presenti nella relazione dello *studio GEOBEDA* (vedi "Dati Generali"), risultava che sin da subito si sono manifestati problemi nella discesa della sonda inclinometrica: durante la lettura di zero la sonda si è dovuta infatti arrestare a -24 m da p.c., su 29 m di lunghezza totale della tubo inclinometrico, a causa dell'importante deformazione dello stesso.

La successiva prima lettura di esercizio è stata eseguita entro i -21 m da p.c. per la presenza di un altro gradino, insuperabile dalla sonda (*studio GEOBEDA*). In sintesi, complessivamente le misure partono tutte da -21 m di profondità. Il valore totale dello spostamento misurato in 14 mesi di monitoraggio risulta pari a 20 mm (luglio 2013 - dicembre 2014), cui si deve aggiungere il delta corrispondente alla deformazione a profondità superiori a -21 m e il delta relativo alla traslazione, causata dal non immorsamento dell'inclinometro in un livello stabile. La conferma della traslazione si ha osservando il grafico dell'elaborazione integrale presente nella relazione del professionista incaricato, che non evidenzia alcuna superficie di taglio, bensì un aumento costante dal basso verso l'altro dei valori.



Fig. 5 - Inclinometro S2. Nella foto si può osservare la presenza dello scalino a -21.90 m di profondità, risultato della deformazione in atto, che rende pertanto la tubazione non più utilizzabile (videoispezione del 30/04/2015).

4. Analisi dei dati inclinometrici (monitoraggio attivo)

Di seguito si riassume attività di monitoraggio svolta a partire dall'anno 2023.

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
10/08/2023	Lettura di zero sulle guide A1A3/B1B3/A2A4/B2B4	Inclinometro S1	Lettura di zero con sistema Brain sonda S222643
08/05/2024	Prima lettura di esercizio sulle guide A1A3/B1B3	Inclinometro S1	Lettura di esercizio con sistema Brain sonda S222643

Tab. 1- Misure effettuate nel 2023-2024 nel sito di Sottana.

Inclinometro S1 (29 m) – parte alta del pendio

Durante la campagna 2023 è stata eseguita la lettura di zero con il nuovo sistema “Brain”.

La lettura ha evidenziato, rispetto al 2015, un movimento relativamente superficiale con un picco a -3 m da p.c. ed un valore totale di spostamento pari a circa 28 mm in direzione E-NE (azimut pari a circa 60°): tale deformazione è responsabile dell'evoluzione dello stato fessurativo presente sulla sede stradale. Rispetto alle letture del 2023, nel 2024 lo spostamento in testa tubo risulta inferiore al millimetro ed il picco di deformazione a -3 m registra un incremento estremamente contenuto, al di sotto della risoluzione strumentale.

Grazie al monitoraggio del 2023, si è potuto inoltre osservare un incremento dei valori a -17 m con la comparsa di un picco secondario, rimasto stabile nel 2024; tale deformazione, sebbene minore, potrebbe essere la risposta del versante al movimento profondo presente a valle, individuato dall'inclinometro S2 a -22 m circa, che lo ha portato a rottura, e non visibile nelle prime letture in S1. A questo proposito saranno necessarie altre letture per comprendere se tale picco secondario possa essere identificato come un piano di scivolamento oppure possa essere correlato a scostamenti strumentali (Figg. 6 e 7). Nel 2023 l'ultima lettura di esercizio con il sistema precedente, effettuata contestualmente alla nuova lettura di zero, non ha fornito valori attendibili e le misure sono state pertanto invalidate. Si riportano quindi le letture eseguite con tale sistema fino al 2020.

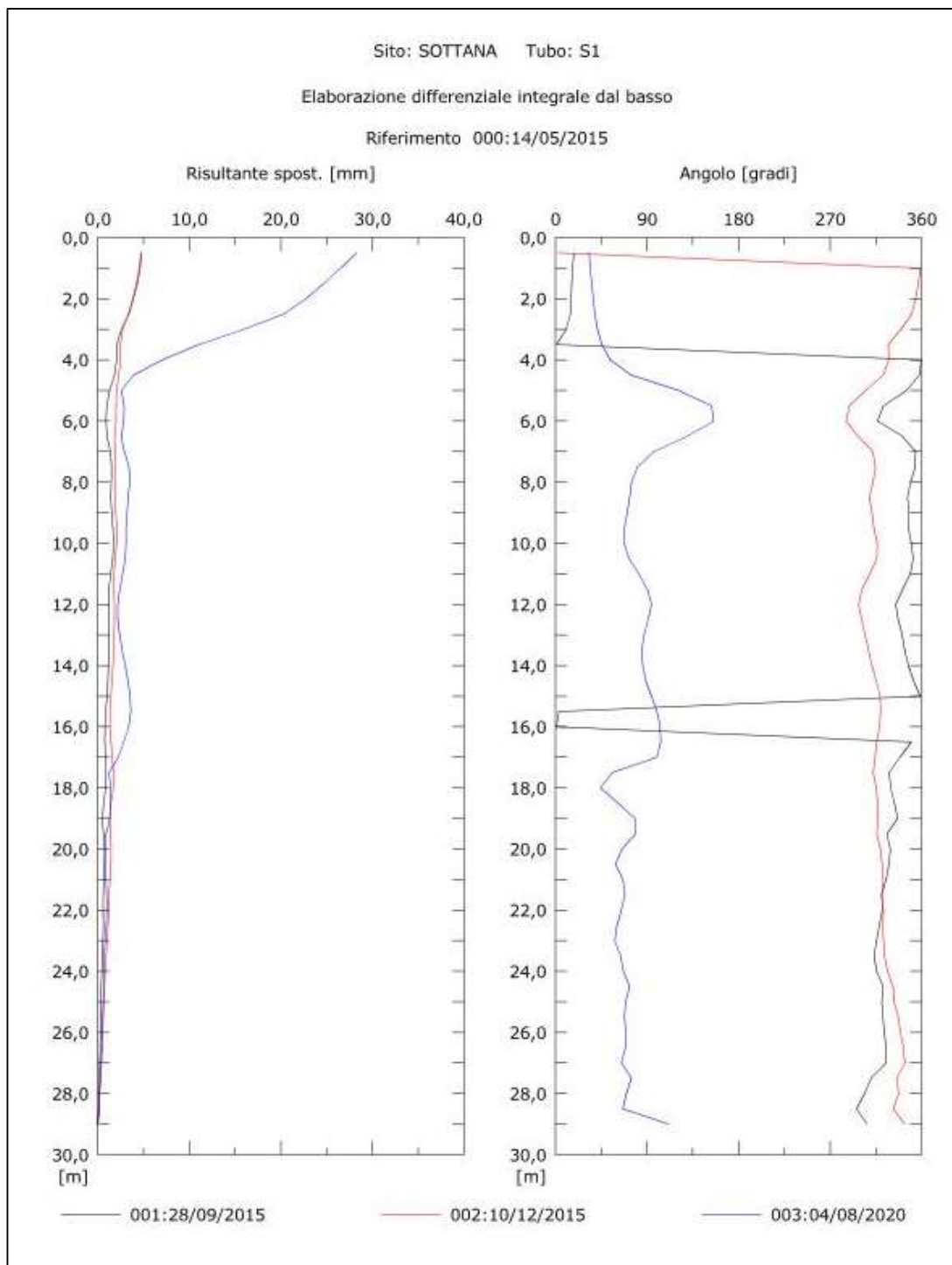


Fig. 6a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2020.

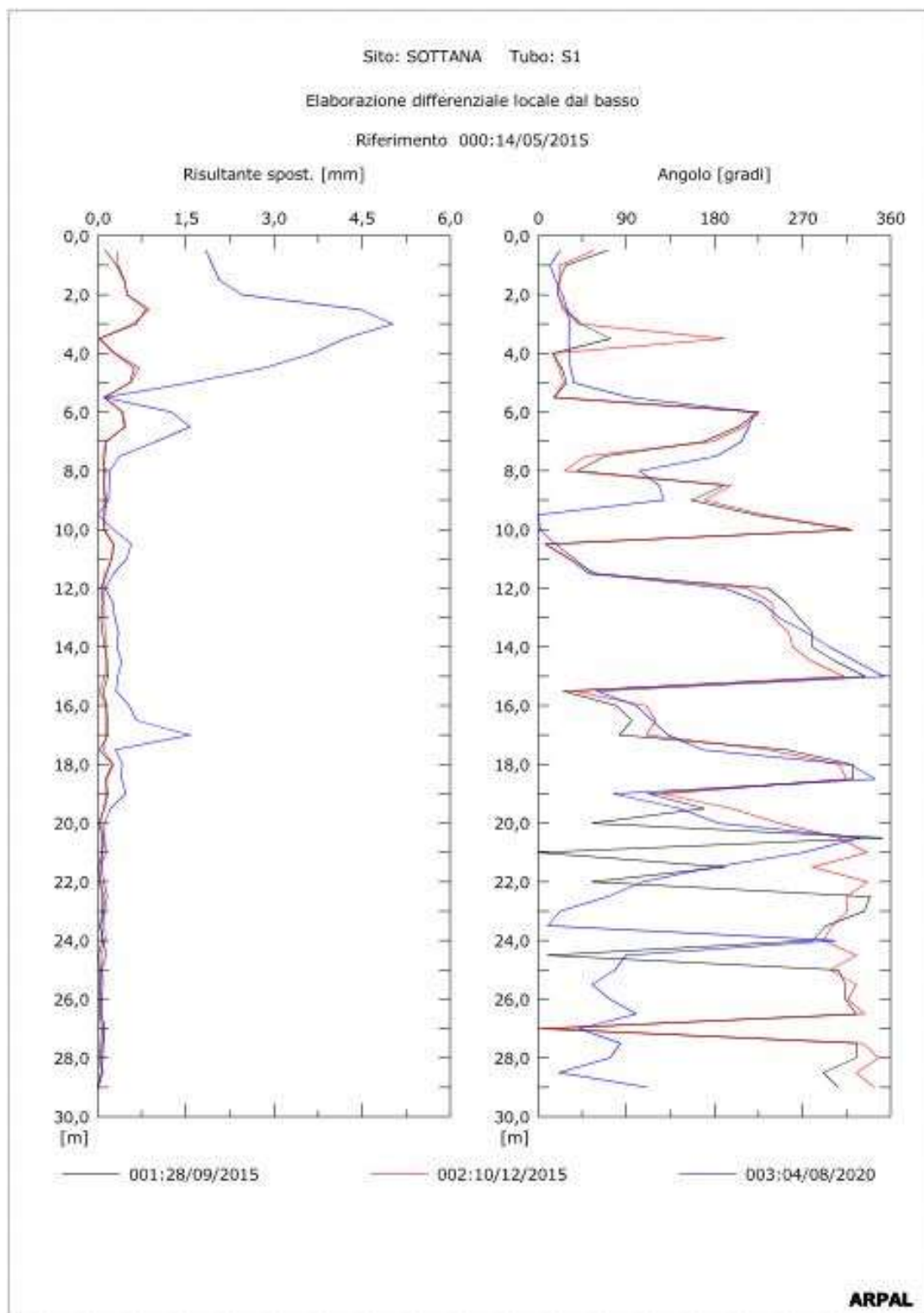


Fig. 6b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2020.

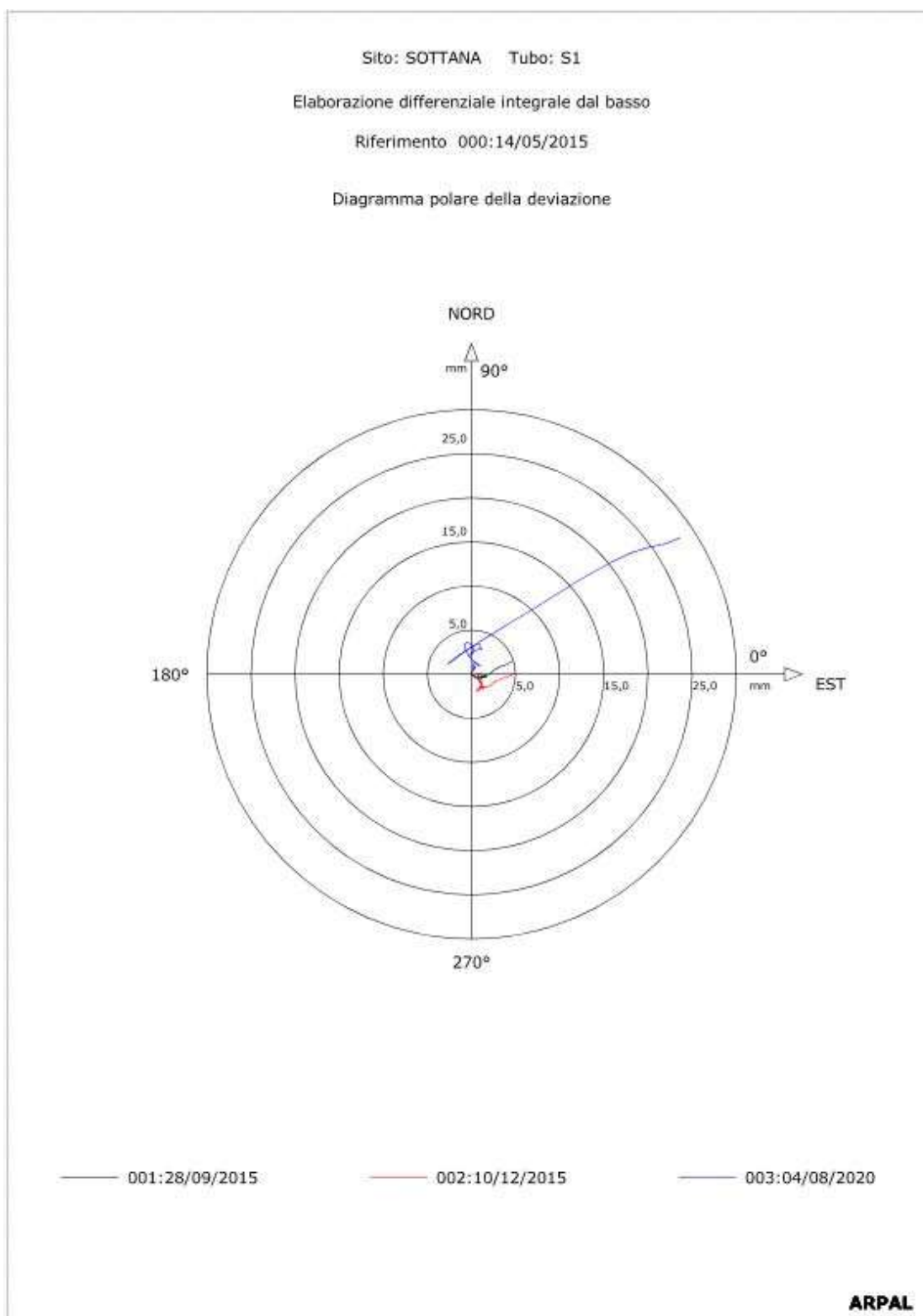
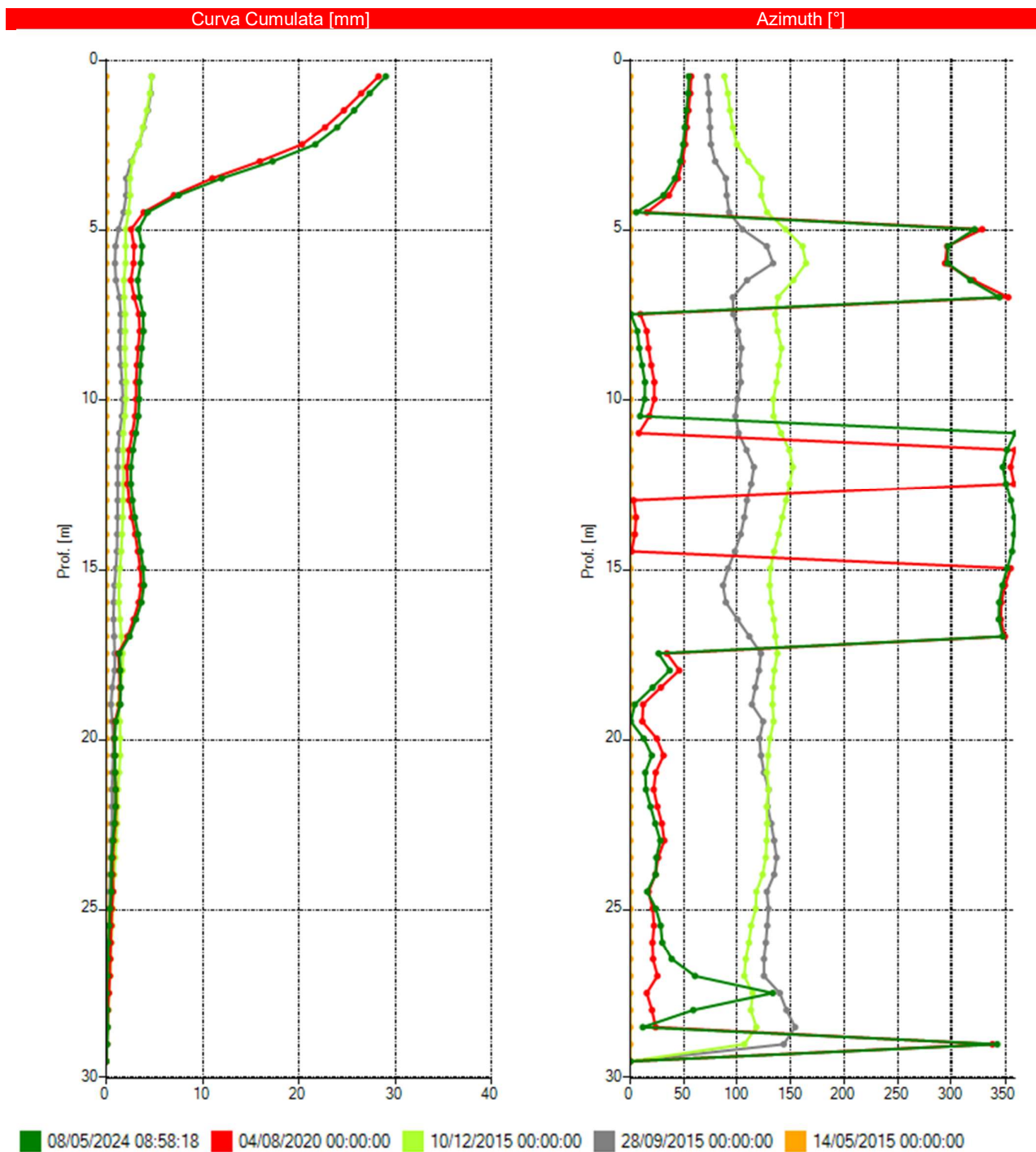
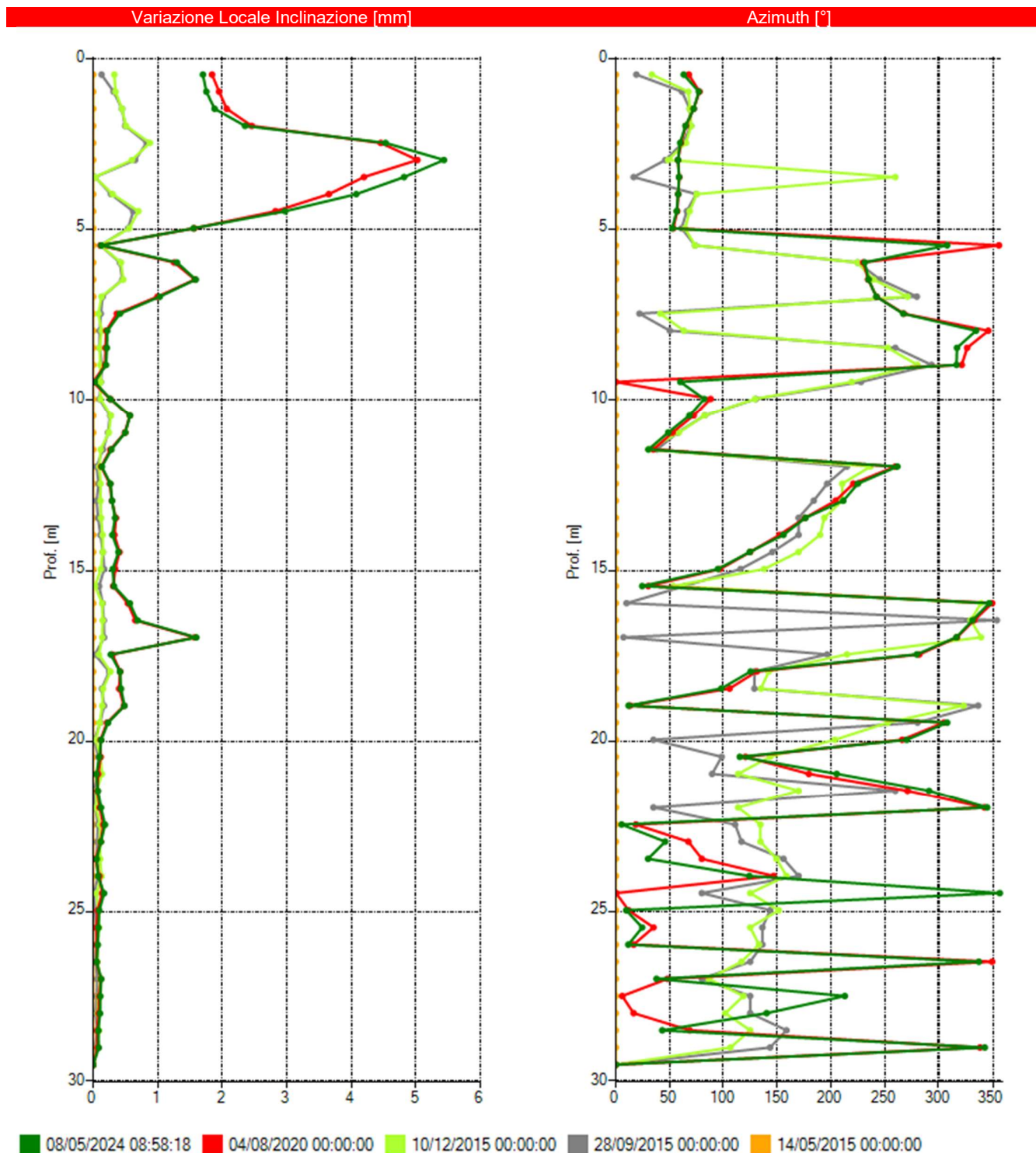


Fig. 7 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2020.



Misura inclinometrica di riferimento 14/05/2015 00:00

Fig. 8a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2024.



Misura inclinometrica di riferimento 14/05/2015 00:00

Fig. 8b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2024.

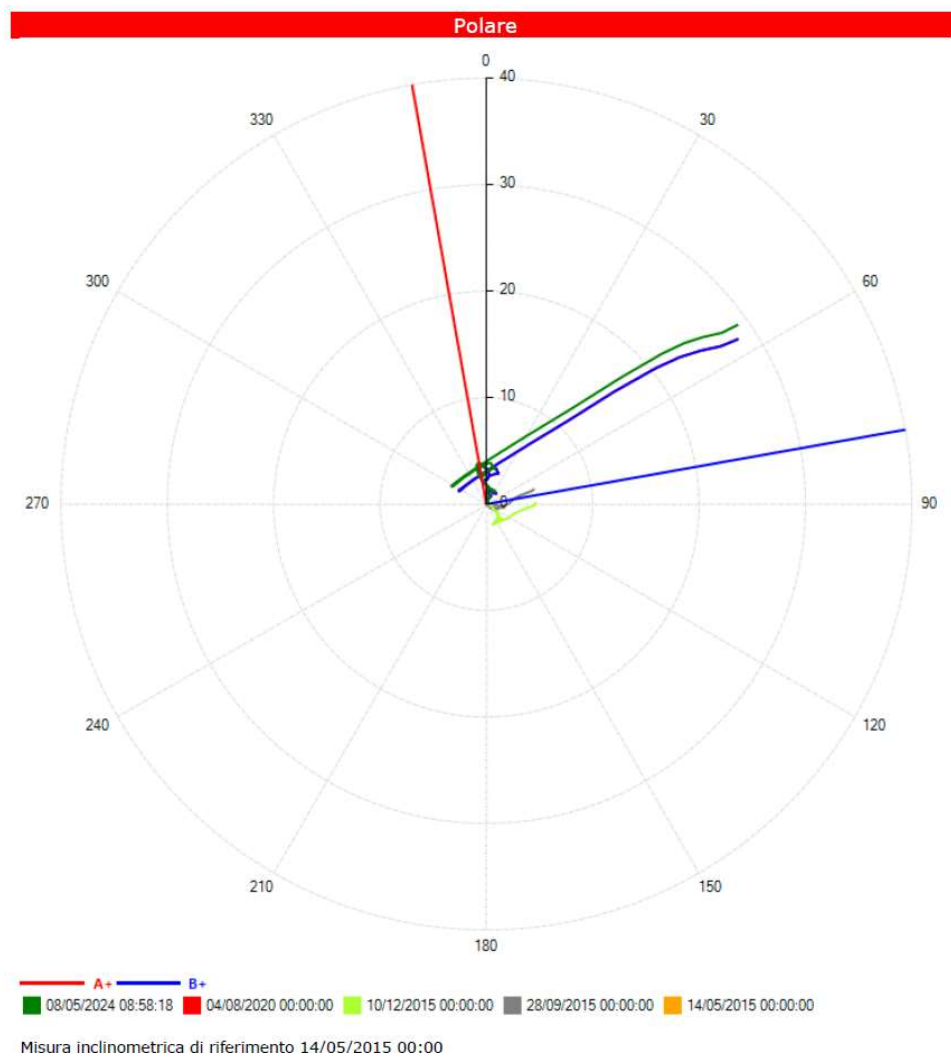


Fig. 9 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S1, fino all'anno 2024.

5. Conclusioni

L'abitato di Sottana sorge in un settore di versante in cui coltri eluvio-colluviali relativamente potenti insistono su di un substrato roccioso intensamente fratturato, coerentemente con la complessa situazione geologico-strutturale dell'area che vede la presenza di sovrascorrimenti a scala chilometrica. L'evoluzione del corpo morfologico indagato si è maggiormente osservata nei settori di valle in seguito alla rottura dell'inclinometro S2 a -21.90 m di profondità, mentre più a monte, in prossimità della sede stradale, gli spostamenti sembrano continuare nel tempo a profondità inferiori a -6 m (Fig. 8). Nella zona di monte infatti, la lettura di esercizio di settembre 2015 ha individuato una zona di deformazione localizzata tra -6 m e -2 m di profondità (picco a -3 m) con un incremento di 5 mm in 4 mesi; con la lettura del 2020 si arriva a un valore globale di 28 mm in 5 anni, che allinea il trend del movimento a circa 6 mm/anno (Fig. 11). Nel 2024 si è registrato uno spostamento totale a testa tubo di circa 29 mm rispetto alla lettura del 2015.

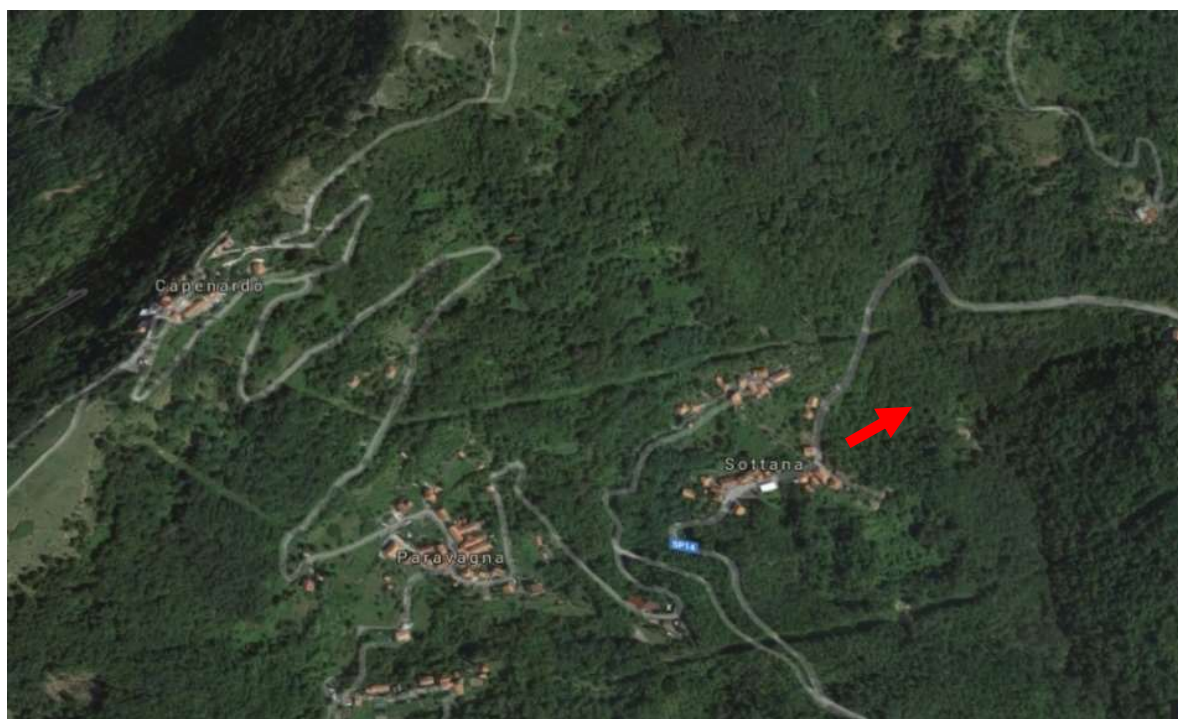


Fig. 10 - Pendio su cui insistono i corpi di frana indagati che interessano l'abitato di Sottana. Le frecce indicano la direzione principale di movimento della porzione di versante studiata.

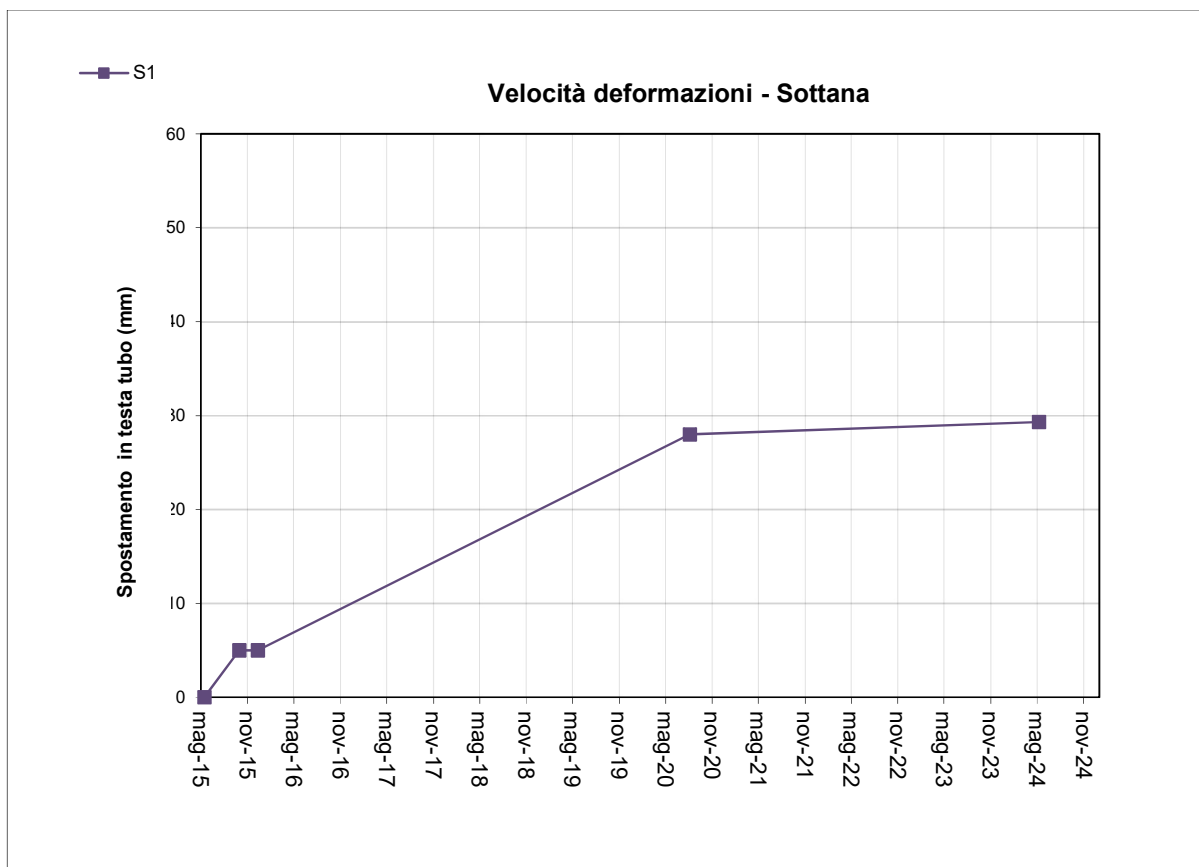


Fig. 11 - Deformazioni registrate in S1 (testa tubo) nel periodo 2015-2024.

Lo spostamento misurato risulta in linea con i dati pregressi rilevati sullo stesso inclinometro: dal luglio 2013 a dicembre 2014 si erano registrati 30 mm di spostamento in una zona relativamente superficiale a profondità inferiori a 5 m. Per quanto riguarda i dati relativi alla soggiacenza della falda si osserva dalla relazione del professionista: “ *la falda risulta assente per tutto lo sviluppo del tubo (P1, zona di monte); solo a profondità fra i -28 m ed i -30 m dal piano campagna è stata registrata la presenza della falda acquifera (...)*”. Per P2 si sono registrati “valori più elevati, attestandosi tra i -5 m e -3.5 m di profondità da p.c.”

Si segnala inoltre l'evoluzione di alcune fratture di tensione visibili nell'asfalto (Fig. 12-13) in prossimità dell'inclinometro posto a monte e rappresentativo della parte alta di dissesto, la cui formazione si fa risalire agli eventi piovosi degli ultimi anni, congiuntamente a lesioni gravi in un edificio sito immediatamente a monte della sede stradale.



Fig. 12 - Fessure di trazione nell'asfalto in evoluzione nel settembre 2015.



Fig. 13 - Fessure di trazione nell'asfalto in evoluzione nel mese di dicembre 2015.

Il civico risulta danneggiato in molti punti con evidenti crepe sul pavimento, sui muri e nel terrazzo esterno: queste ultime deformazioni hanno evidenziato una compressione in atto sull'edificio poiché in alcuni punti è visibile un accavallamento dei lembi fratturati. Il proprietario ha

dichiarato che da circa 10 anni è presente nella zona della casa più a valle un rinforzo con muratura in cemento armato e che tale zona non ha subito deformazioni, mentre la parte restante dell'edificio più a monte a ridosso del versante risulta ad oggi in compressione.

Dalla foto seguente si può osservare la cassetta catalogatrice di un sondaggio eseguito fino -15 m e presente nella proprietà del civico. In accordo con quanto rilevato nella relativa relazione del 2015, il basamento con mediocre/scadente qualità geomeccanica compare intorno a -12/13 m (Fig. 14).

Non discutendo sull'opportunità o meno di eseguire un intervento strutturale solo in una zona dell'edificio piuttosto che su un'altra (peraltro fino a quel momento esente da lesioni), risulta evidente che la porzione di versante a monte della sede stradale risulta in movimento. Si evidenzia ancora che gli studi nella zona riguardano il pendio sottostante la sede stradale e quindi una zona limitata del versante, mentre la conoscenza dell'area a monte dovrebbe assolutamente essere approfondita.



Fig. 14 - Intervallo 10-15 m del sondaggio eseguito alla base dell'edificio: si noti la natura fortemente granulare del materiale e l'inizio del basamento roccioso disgregato.

Per quanto riguarda il rapporto diretto che può intercorrere tra le precipitazioni e gli spostamenti del terreno, si può osservare dal 2015 al 2020 un regime pluviometrico piuttosto costante, con piogge distribuite nel corso dell'anno. Fanno eccezione alcune cumulate mensili autunnali negli anni 2018-2020 in cui si superano spesso i 400 mm di pioggia: in particolare si segnalano le cumulate del mese di ottobre 2018 e novembre 2019 con valori rispettivamente pari a 610 mm e 864 mm. Dall'osservazione della figura 13 si rileva come lo spostamento registrato nel mese di agosto 2020 potrebbe essere messo in relazione con le piogge autunnali ma, data la scarsità di letture, risulta difficile rapportarle con gli eventi meteo.

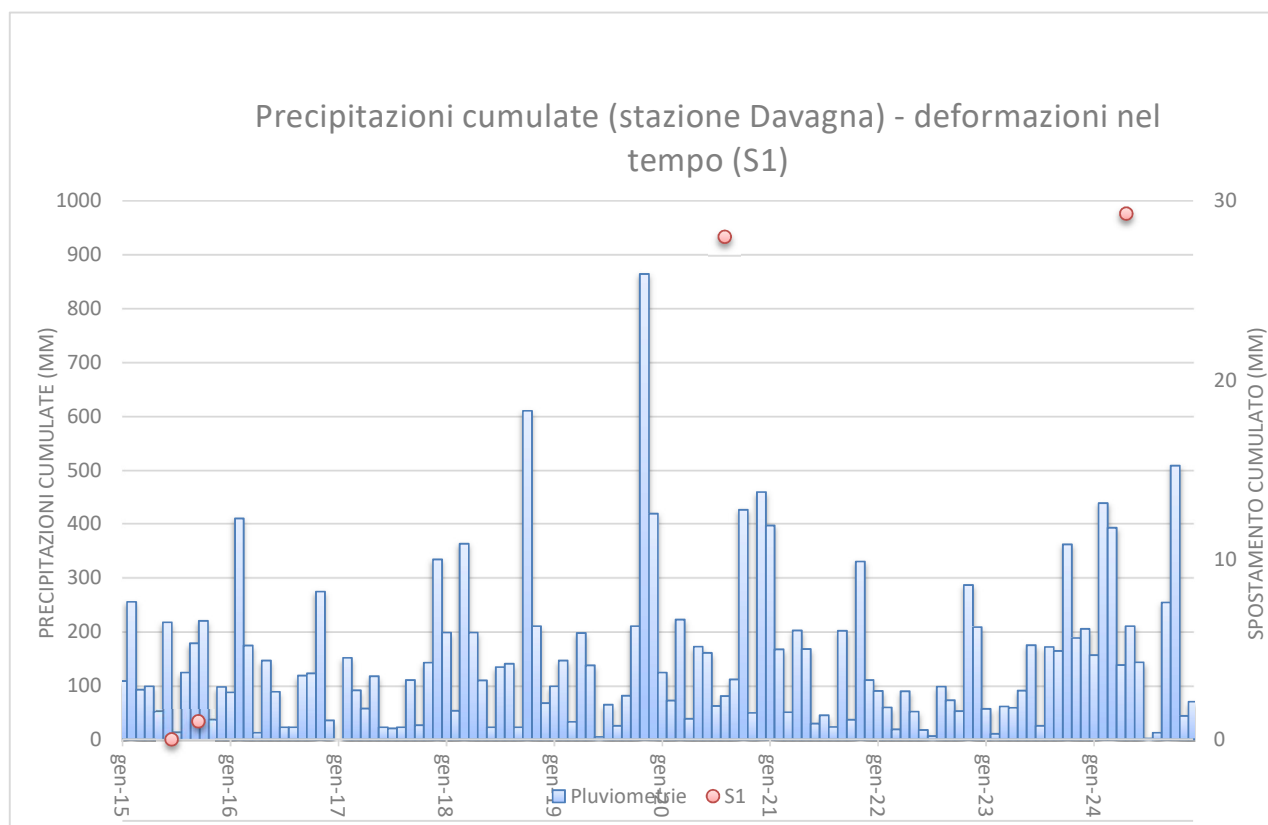


Fig. 15 – Andamento pluviometrico mensile (stazione DAVAGNA) e letture inclinometriche S1.