

GE014 - Sant'Olcese (GE)

1. Inquadramento del sito

Il sito di S.Olcese si colloca in un'area in cui affiorano la Formazione di Ronco dell'Unità tettonica Ronco e le Argilliti di Montoggio dell'Unità tettonica Antola. Assieme a queste due formazioni, che costituiscono la maggior parte dell'area rilevata, è presente anche la Formazione del M. Antola (Unità tettonica Antola), che affiora unicamente in corrispondenza dell'emergenza orografica di Monte Tullo (a nord-est del sito esaminato). La natura del contatto tra le due unità è ancora molto dibattuta, tuttavia esso si ritiene possa essere tettonico e, nell'area indagata, ha un decorso circa meridiano; lungo tale lineamento tettonico si è impostata l'incisione del rio che lambisce ad occidente il centro di Sant'Olcese Chiesa. I centri abitati di Sant'Olcese Chiesa e Tullo distano tra loro poche centinaia di metri in linea d'aria e sono collocati in corrispondenza della parte più elevata del versante posto sulla destra idrografica del Torrente Sardorella, affluente del Torrente Secca. Al piede del versante stesso si trova il centro abitato di Piccarello; in particolare S.Olcese si trova su un ripiano morfologico all'interno di una vallata piuttosto ampia e di forma svasata proprio in corrispondenza dell'abitato. Il centro abitato di Sant'Olcese è fondato in un'area che denota una particolare fragilità geologica per cause lito-strutturali e quindi un'elevata sensibilità al dissesto: è infatti interessato da una serie di frane con attività di tipo complesso con il contributo di movimenti di scorrimento e colamento. Si tratta di frane che interessano sempre spessori ridotti di materiale, fino a un massimo di 10-15 m circa e che verosimilmente presentano, compatibilmente con lo stato delle lesioni sui manufatti e nel terreno, velocità di movimento lente" (*dall'Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria – Prov. Genova*). Il nucleo centrale del paese, nei pressi della chiesa, è interessato da una frana che nel tempo ha ripreso il suo movimento, rimobilizzando la parte della frana in roccia (*"Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria" – CNR – Provincia di Genova, 2004*). Il dissesto in esame è localizzato lungo il contatto tettonico che separa le torbiditi dell'Unità di Ronco dalle Argilliti di Montoggio dell'Unità Antola (Fig.1).

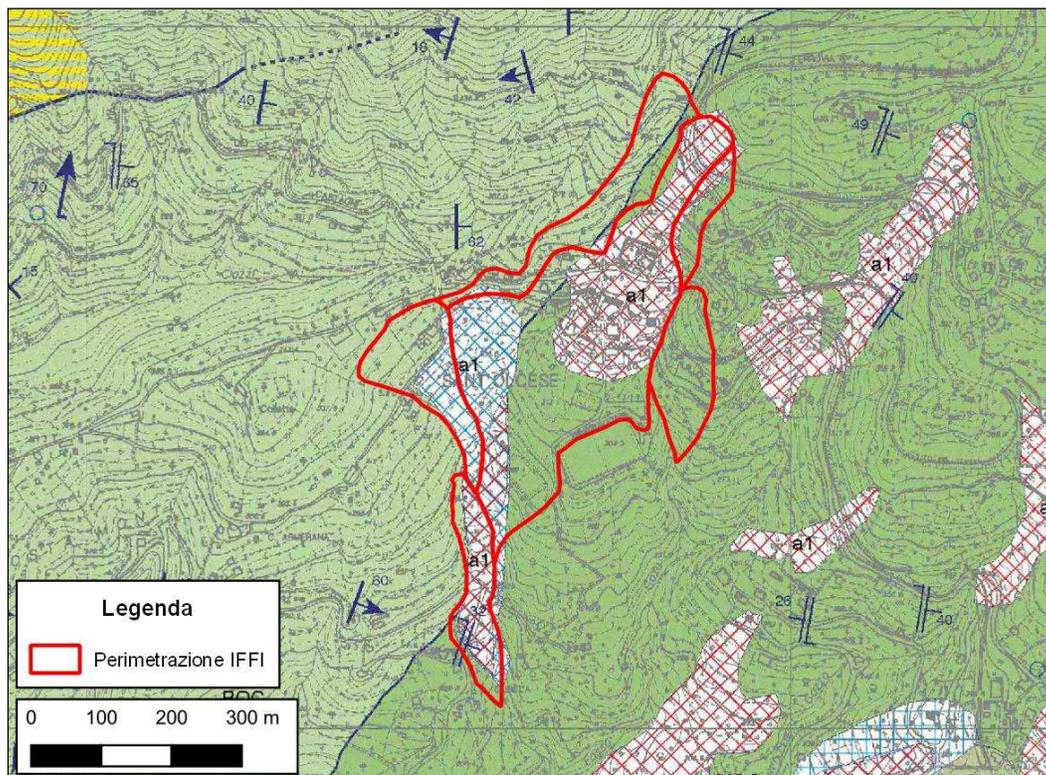


Fig. 1 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia (progetto CARG) – Foglio 213 "Genova" (scala originale 1: 10.000). a₁: depositi di frana. MGG (aree verdi scure): argilliti di Montoggio. ROC (aree verdi chiare): formazione di Ronco (ROC_s: litofacies a strati da pluridecimetri a metri – aree tratteggiate in giallo). 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. Campagna di indagini 2007

Facendo parte dei centri abitati da consolidare ai sensi della legge n.445/1908, il nucleo abitativo di S.Olcese è stato oggetto di monitoraggio dal 2008 al 2017 con gli inclinometri SOLS1 (25 m) e SOLS2 (25 m), realizzati alla fine del 2007 dalla *Ditta Citiemme* nell'ambito del progetto "Approfondimento delle conoscenze relative agli aspetti geologici e idrogeologici dei fenomeni franosi in aree tipo per la definizione di linee guida nella pianificazione territoriale lotto N.5 – località Chiesa", con la prospettiva di avviare un monitoraggio conoscitivo finalizzato anche alla realizzazione di interventi di mitigazione del dissesto (Fig.2).

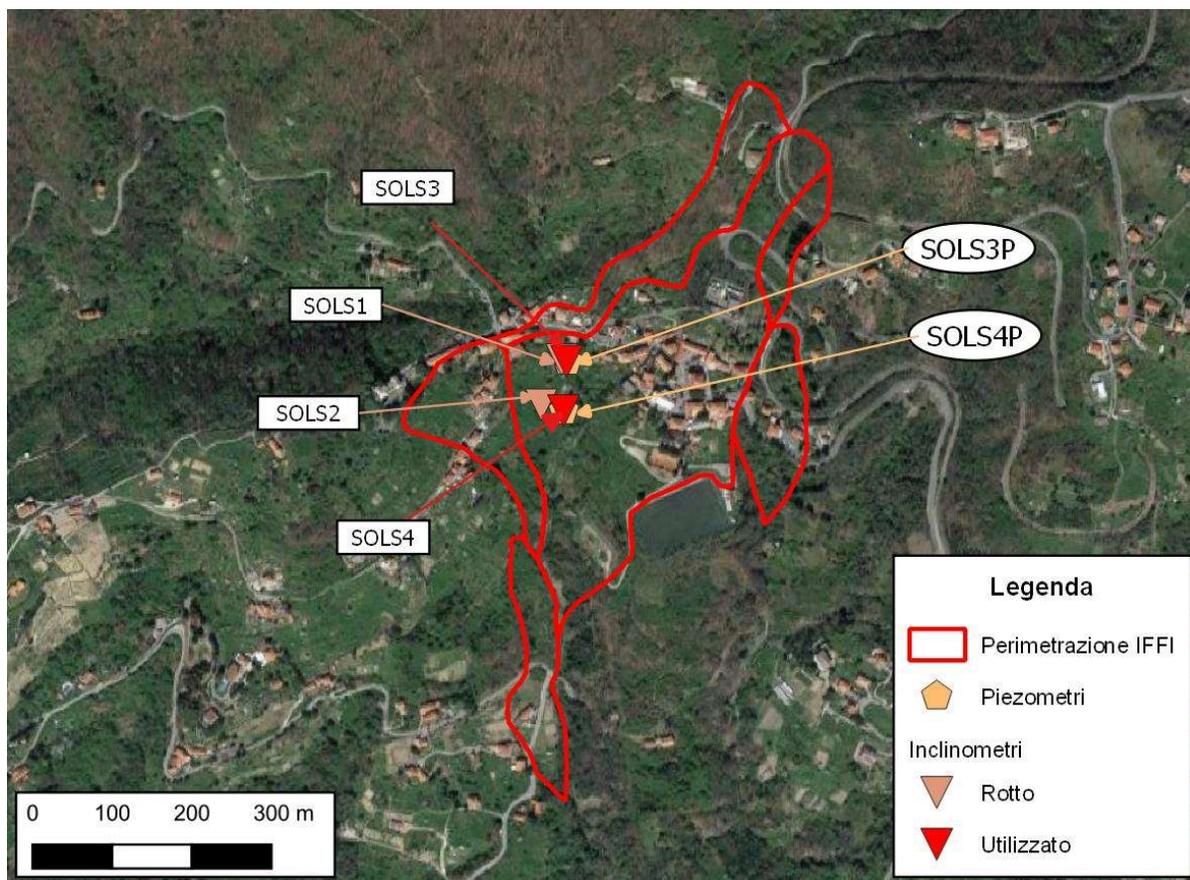
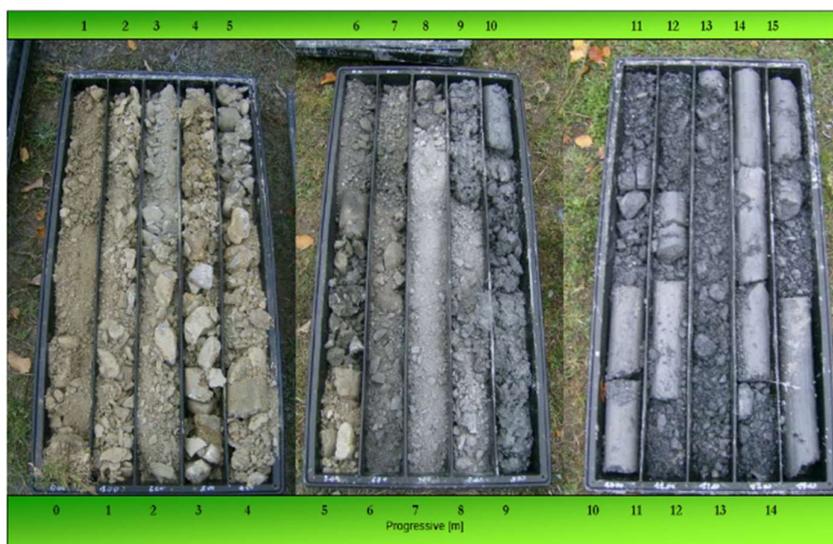


Fig. 2 - Localizzazione degli inclinometri SOLS1, SOLS2, realizzati durante la prima campagna di indagini nel 2007, degli inclinometri SOLS3, SOLS4 e dei piezometri SOLS3P e SOLS4P realizzati nel 2018 all'interno del corpo di frana.

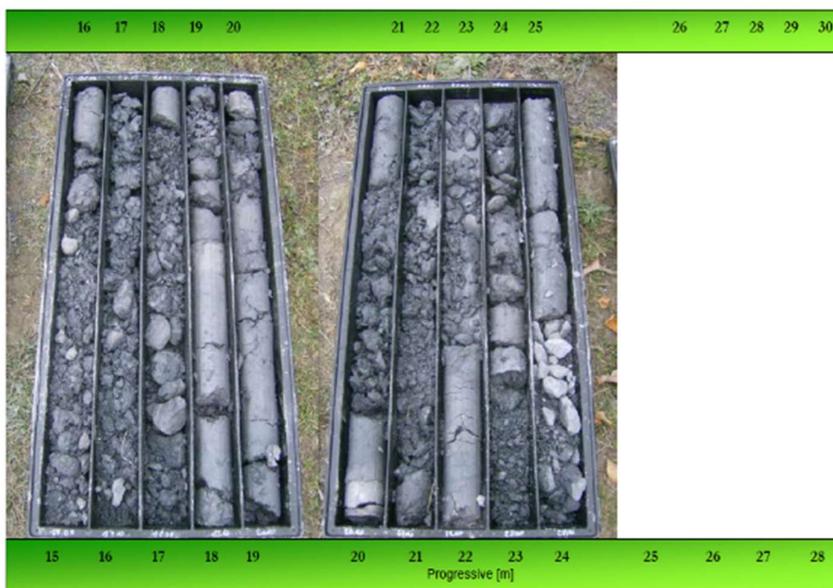
Tale campagna ha permesso di caratterizzare la frana nelle sue componenti principali. In particolare il sondaggio SOLS2, eseguito a carotaggio continuo fino alla profondità di -25 m da p.c., ha individuato una coltre franosa contenente livelli rocciosi brecciati per uno spessore di 6-7 m che sormonta un livello roccioso molto foliato e cataclasato a litologia argillosa fino a 13-14 m, passante più in profondità ad un basamento con caratteristiche litotecniche migliori (Figg. 3a,b).

Sant'Olcese (GE) – Località Chiesa – Lotto 5 – Sondaggio S02 (L=25.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Sant'Olcese (GE) – Località Chiesa – Lotto 5 – Sondaggio S02 (L=25.00m)



Cassette 4-5 da 15.00m a 25.00m da p.c.

Fig. 3a, b - Foto delle cassette di sondaggio S02 (25 m).

3. Campagna di indagini 2011

Nel luglio 2011, il versante in frana ove sono posizionati gli inclinometri è stato indagato con una prospezione geofisica al fine di verificare lo spessore della coltre in movimento (Fig. 4).

L'indagine sismica invertita con tecnica tomografica è stata eseguita con uno stendimento strumentato di 45 m e spaziatura intergeofonica pari a 3 m, due energizzazioni esterne per ciascuna estremità e 3 energizzazioni all'interno della linea. Con questa geometria si è raggiunta una profondità di indagine pari a circa 15 m.

L'indagine sismica ha evidenziato la presenza del substrato litoide inclinato verso valle sormontato da circa 10 m di coltre detritica. All'interno della coltre è stata evidenziata la presenza di un elemento più rigido con una V_p maggiore di quella circostante. L'elaborazione ha inoltre verificato come il bedrock stabile sia presente a profondità maggiori muovendosi da nord verso sud: ciò risulta coerente con quanto individuato dagli inclinometri circa la presenza del piano di scorrimento principale, a contatto tra la coltre sovrastante e il basamento roccioso stabile, che risulta inclinato da monte verso valle (si approfondisce da -6 m a -13 m) e che coinvolge nel movimento anche un primo livello roccioso cataclastico. Infine i bassi valori superficiali della velocità sismica per uno spessore entro 4 m costituirebbero un primo strato insaturo, indicando quindi la presenza di una falda relativamente in superficie e presente in modo continuo.

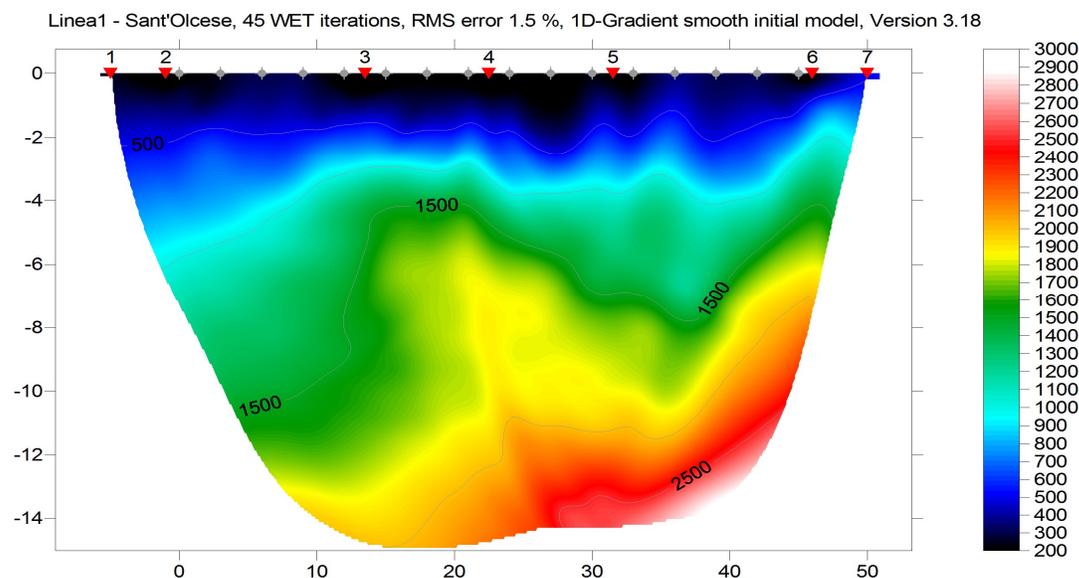


Fig. 4 - Sezione sismica tomografica del pendio in frana: si osserva il basamento roccioso stabile (giallo) che "affonda" da 6 m di profondità in prossimità di SOLS1 (a destra) fino a 12 m di profondità in prossimità di SOLS2 (a sinistra).

4. Analisi dei dati inclinometrici (2007-2018)

Inclinometro SOLS1 (25 m) – parte alta della frana

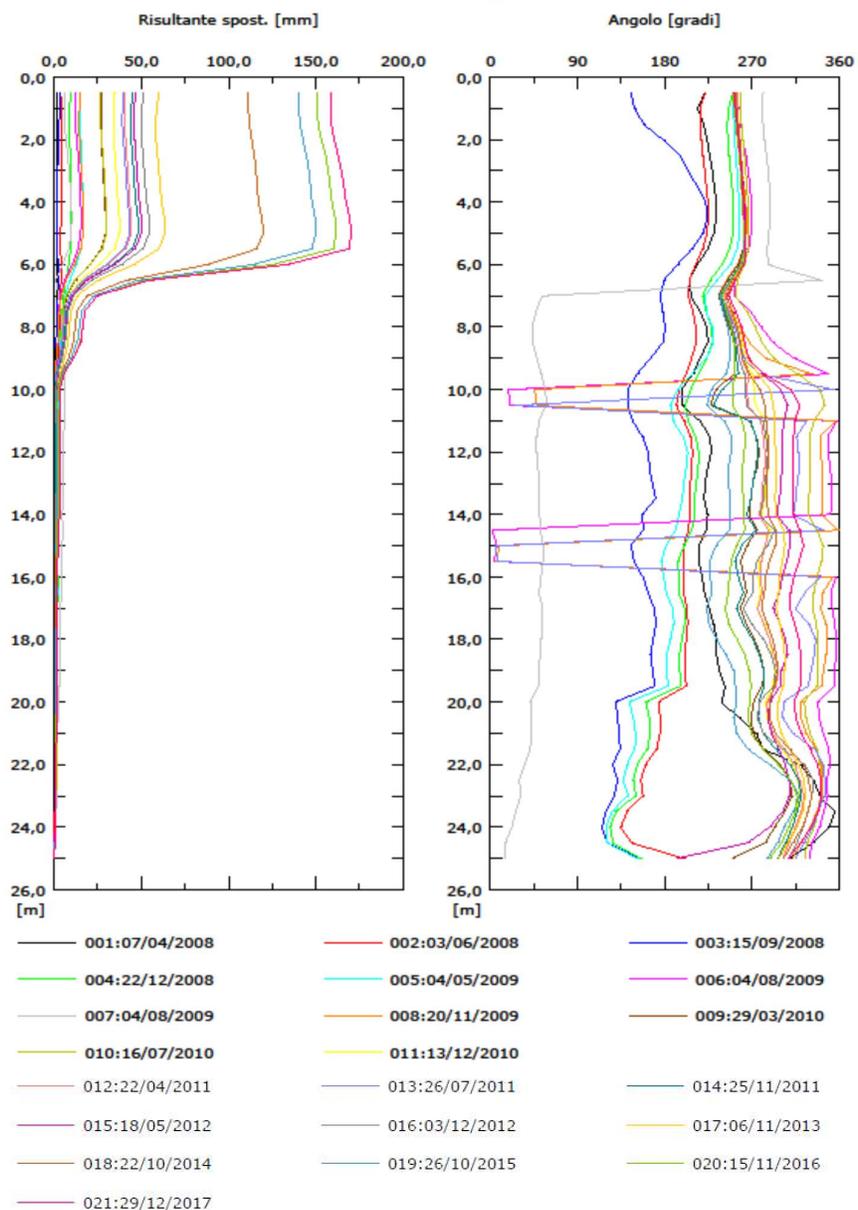
Le letture inclinometriche su SOLS1 sono iniziate nel 2008 fino ad arrivare al 2018, anno in cui, a causa della forte deformazione della tubazione inclinometrica, non è stato più possibile eseguire le misure in foro. Il riscontro della rottura è avvenuto il 08/08/2018 mediante utilizzo di telecamera da video-ispezione (Fig.7), ma già nel corso della campagna di misure del 2017 si era riscontrata una certa difficoltà nel fare scorrere la sonda inclinometrica in corrispondenza della superficie di scivolamento.

L'elaborazione differenziale integrale, quindi, fa riferimento al periodo di osservazione 2008-2017, in cui il fenomeno franoso si è evoluto in modo discontinuo con riattivazioni e stasi stagionali per uno spostamento complessivo di 175 mm lungo la direzione azimutale S, secondo l'assetto del versante (Figg.5-6). Dall'elaborazione locale si può osservare lo scorrimento lungo il piano di taglio principale che genera uno spostamento massimo di 85 mm, all'interno di una fascia di dislocazione tra -5 e -7 m (picco a -6 m). L'incremento misurato nel periodo 2013-2015 (il più elevato dal 2008), che segue un'alternanza di pause generalmente estive e riattivazioni, evidenzia un netto cambiamento nelle modalità di deformazione del versante con una velocità decisamente superiore. Il periodo successivo mostra una diminuzione della velocità e un riallineamento con il trend complessivo della deformazione fino alla rottura dello strumento.

Sito: SanOlcese Tubo: SOLS1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:22/01/2008



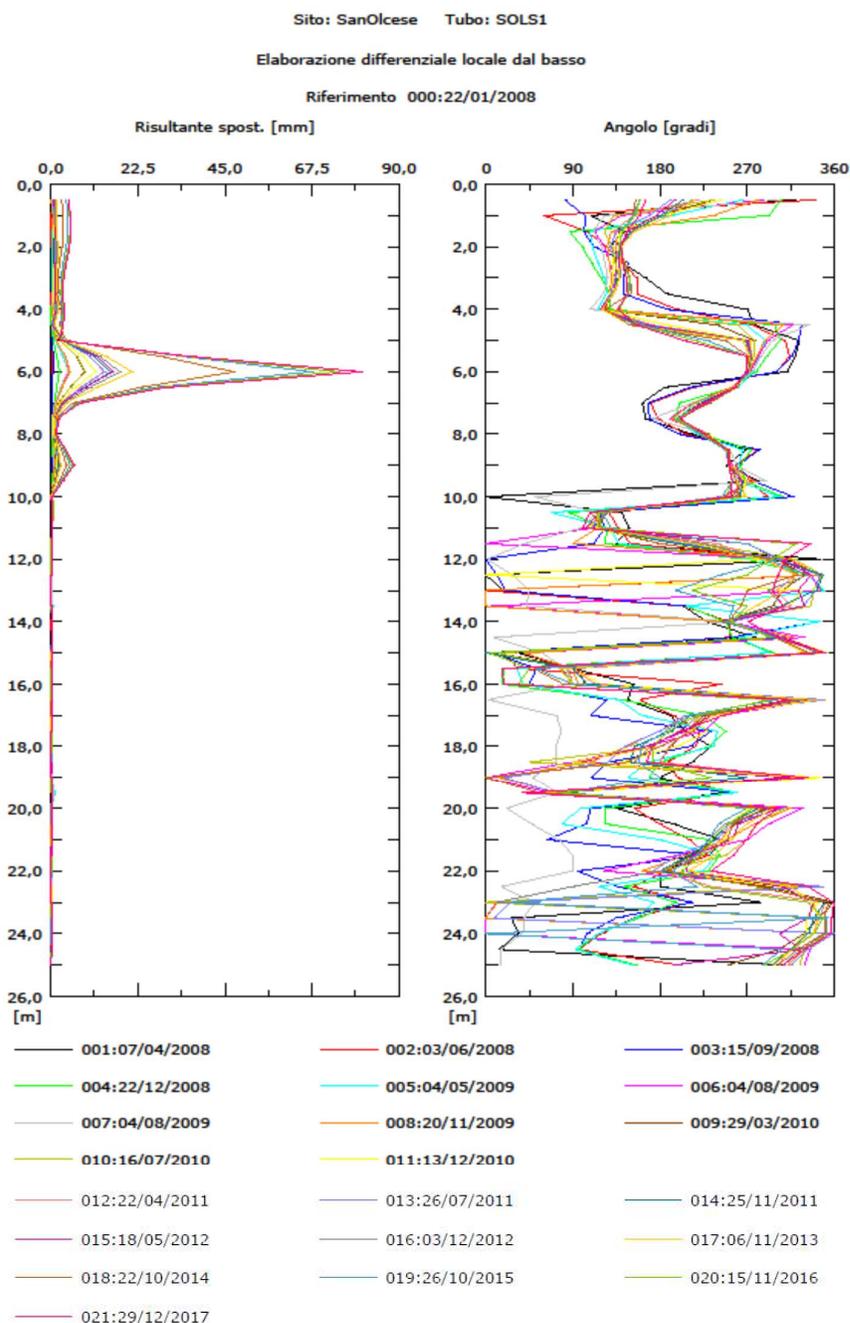


Fig. 5 a, b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) (pagina precedente) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) (questa pagina), dell'inclinometro SOLS1.

Sito: SanOlcese Tubo: SOLS1
 Elaborazione differenziale integrale dal basso
 Riferimento 000:22/01/2008
 Diagramma polare della deviazione

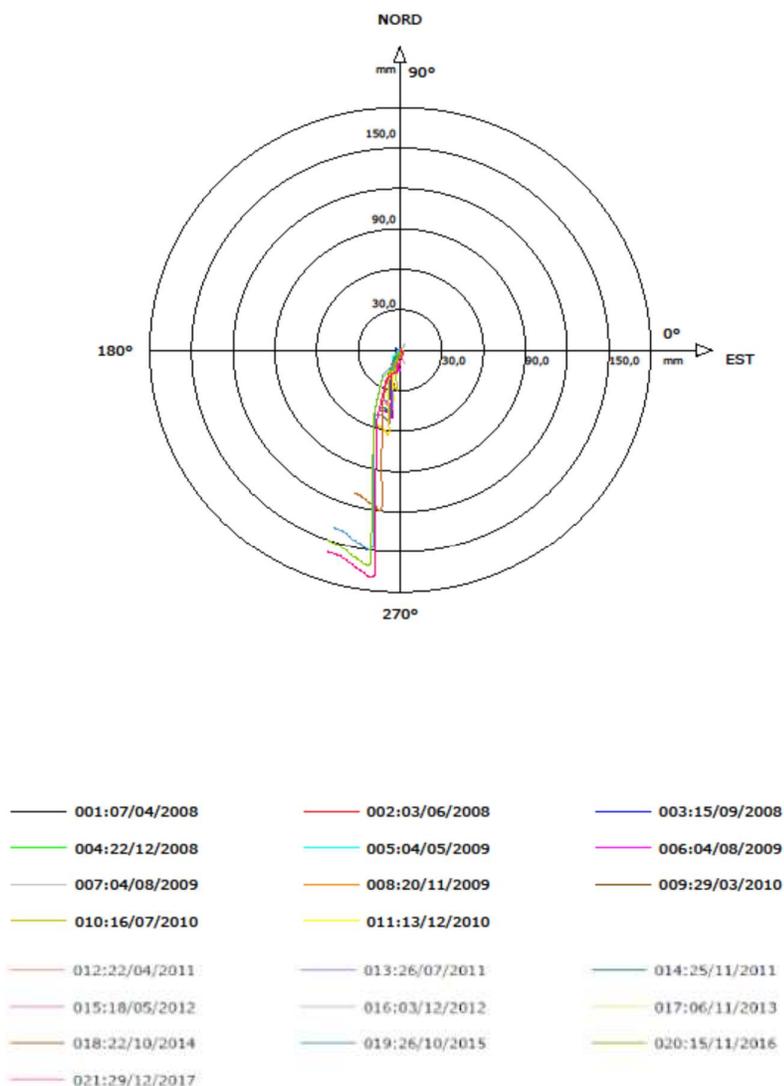


Fig. 6 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro SOLS1



Fig. 7 - La tubazione SOLS1 è risultata deformata, tanto da non consentire la discesa della sonda testimone.

Inclinometro SOLS2 (25 m) - parte alta della frana

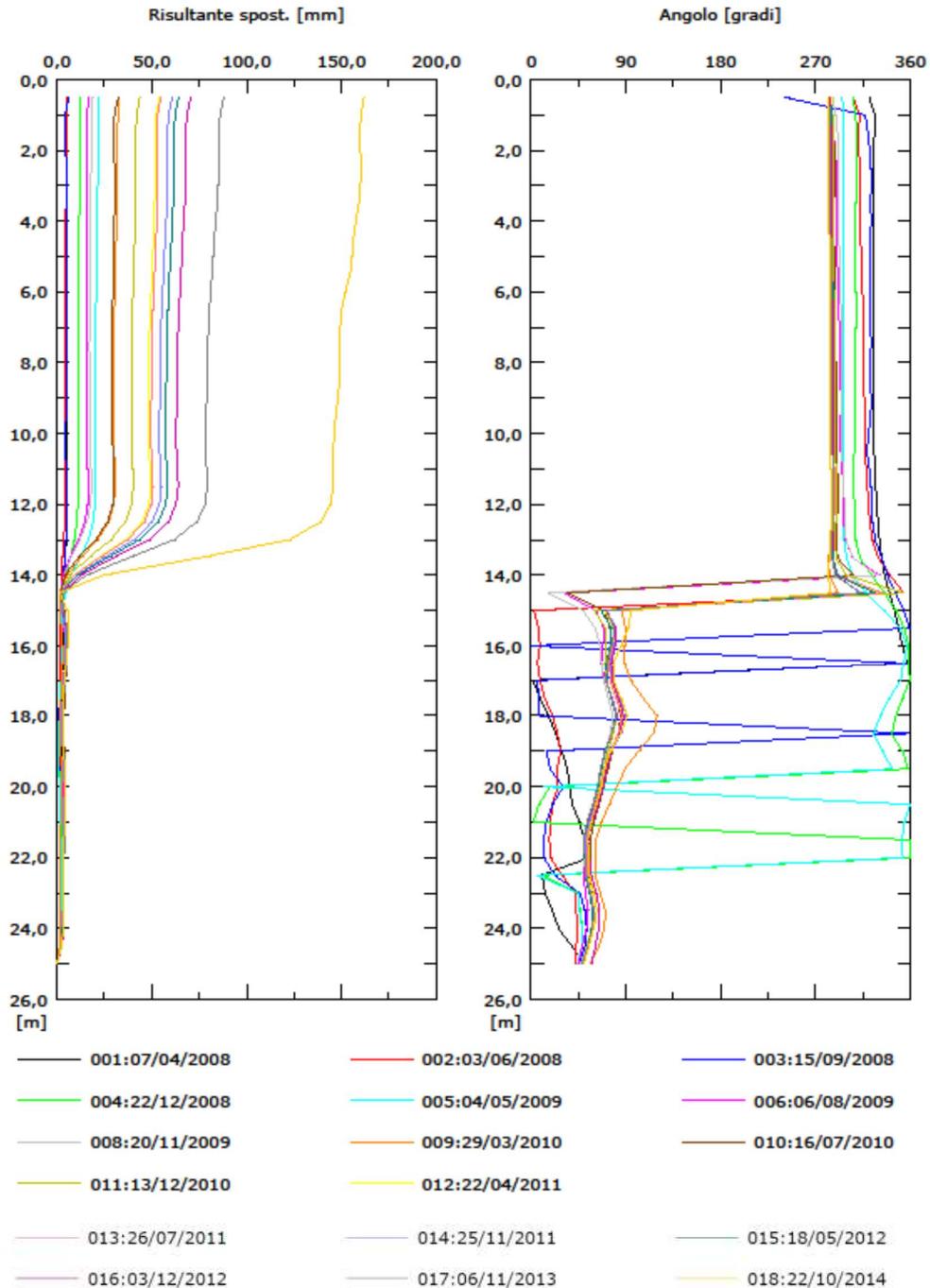
Le letture inclinometriche su SOLS2 sono iniziate nel 2008 fino ad arrivare al 2015, anno in cui, a causa della forte deformazione della tubazione, non è stato più possibile eseguire le letture. Il riscontro della rottura è avvenuto il 26/10/2015 mediante utilizzo di telecamera da foro (Fig.10).

L'elaborazione differenziale integrale dell'ultima lettura (novembre 2013-ottobre 2014) ha evidenziato una progressione del movimento pari a 78 mm con uno spostamento globale di 170 mm dal 2008 e una direzione azimutale verso S-SE, coerentemente con la morfologia del versante (Figg. 8 e 9). Infatti, come per l'inclinometro SOLS1, nel corso del 2014 si era assistito ad una notevole progressione dello spostamento, la più elevata dal 2008, che seguiva una serie di pause e riattivazioni nei vari periodi dell'anno. Dall'elaborazione locale si può osservare che lo scorrimento in atto lungo il piano di taglio, comprendente una fascia di dislocazione di 3 m tra -12 e -15 m, ha raggiunto valori totali pari a 50 mm alla profondità di circa 13 m. In conclusione, dall'ultimo rilevamento del 2015 si è assistito ad un ulteriore incremento che ha portato alla rottura dell'inclinometro per uno spostamento totale superiore a 170 mm.

Sito: SanOlcese Tubo: SOLS2

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:29/01/2008



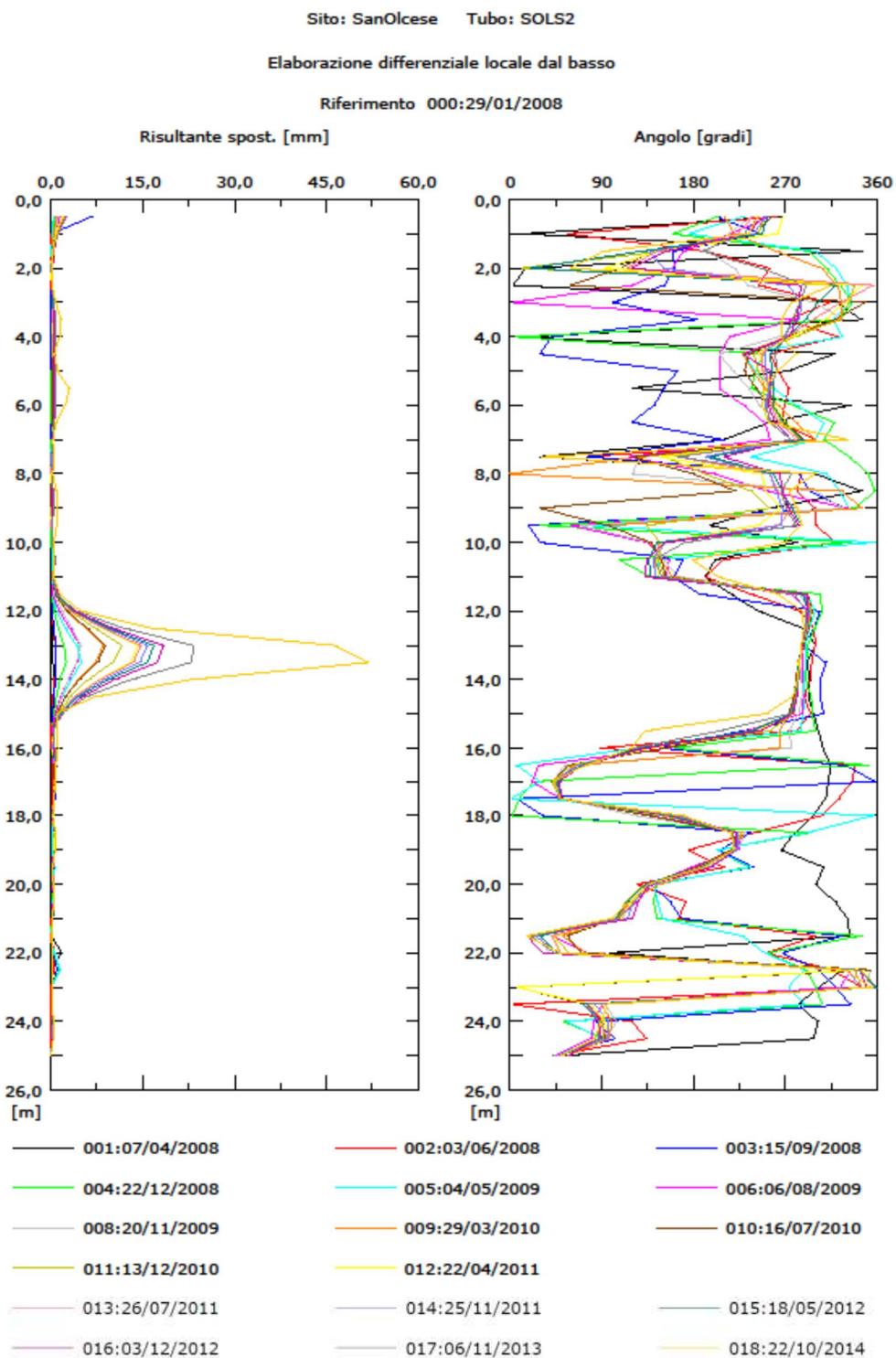


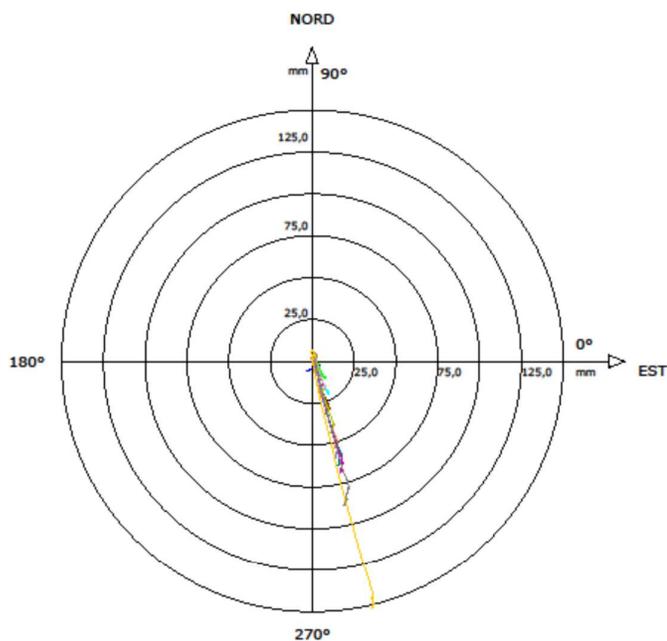
Fig. 8 a, b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) (pagina precedente) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) (questa pagina), dell'inclinometro SOLS2.

Sito: SanOlcese Tubo: SOLS2

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:29/01/2008

Diagramma polare della deviazione



- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| 001:07/04/2008 | 002:03/06/2008 | 003:15/09/2008 |
| 004:22/12/2008 | 005:04/05/2009 | 006:06/08/2009 |
| 008:20/11/2009 | 009:29/03/2010 | 010:16/07/2010 |
| 011:13/12/2010 | 012:22/04/2011 | |
| 013:26/07/2011 | 014:25/11/2011 | 015:18/05/2012 |
| 016:03/12/2012 | 017:06/11/2013 | 018:22/10/2014 |

Fig. 9 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro SOLS2



Fig. 10 - La tubazione SOLS2 è risultata deformata da uno schiacciamento che non consente la discesa della sonda testimone. La successiva verifica con l'ispezione televisiva ha permesso di identificare, con estrema fatica per la torbidità dell'acqua, la rottura della tubazione alla quota di -13 m circa da p.c.

5. Campagna di indagini 2018

Al fine di proseguire il monitoraggio del versante conseguentemente alla rottura degli inclinometri in esercizio fino al 2017, la strumentazione è stata integrata ad ottobre 2018 grazie alla messa in opera di n.4 stazioni di misura realizzate nelle immediate vicinanze dei vecchi fori, con predisposizione di due coppie di strumenti in associazione (inclinometro e piezometro), denominati SOLS3 (20 m, inclinometro), SOLS3P (11 m, piezometro) e SOLS4 (20 m, inclinometro), SOLS4P (15 m, piezometro) (Fig.11). L'intervento è stato realizzato nell'ambito del "PROGETTO POR FESR-5-5.1.4 - 0000002 - SVILUPPO DEL SISTEMA DI PREVENZIONE REGIONALE PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO", dalla ditta M3D. I sondaggi SOLS3 e SOLS4, attrezzati con inclinometri, sono stati strumentati con sonde fisse rispettivamente ad una profondità di -6,5 m e -12,5 m da p.c., secondo i dati derivanti dal precedente monitoraggio. Nel mese di febbraio 2019 sono state installate due sonde freaticometriche fisse nei piezometri SOLS3P e in SOLS4P.

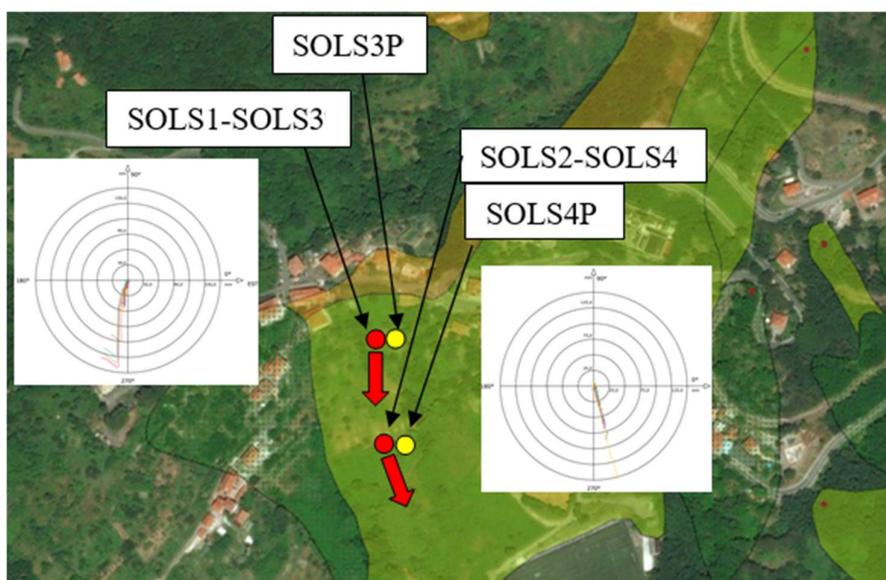


Fig. 11 - Ubicazione dei sondaggi realizzati nella campagna di indagini 2018: SOLS3 (exSOLS1), SOLS4 (exSOLS2). Degli inclinometri realizzati nel 2007 in figura è riportato il diagramma polare relativo alle letture 2008-2017. I pallini rossi e i pallini gialli indicano rispettivamente l'ubicazione degli inclinometri e dei piezometri.

Le installazioni presenti, ricadono all'interno dei seguenti corpi di frana censiti nell'Inventario dei fenomeni franosi (Progetto IFFI - IdroGEO), come di seguito descritto:

Inclinometri: SOLS3 (ex SOLS1) e SOLS4 (ex SOLS2)

Tipo	Colamento rapido
Stato	Attivo/riattivato/sospeso
Identificativo	0100009000
Area [mq]	94947

6. Analisi dati inclinometrici 2018-2024 (monitoraggio attivo)

Di seguito si riassume l'attività di monitoraggio del 2024.

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
31/12/2024	Scarico dati automatici sonde freaticometriche e inclinometriche	Inclinometri SOLS3, SOLS4 Piezometri SOLS3P e SOLS4P	Sonde SIM IN935-HL Sonde IN SITU

Tab. 1 - Misure effettuate nel 2024 nel sito di Sant'Olcese.

Inclinometro SOLS3 (20 m) – parte alta della frana

Nel corso del 2018 è stata effettuata – in data 12/10/2018 – la lettura di zero dell'inclinometro SOLS3. L'inclinometro è dotato di una sonda fissa, posta a profondità di -6.50 m da p.c. (piano di taglio rilevato da SOLS1) e in data 11/12/2018 è stato eseguito il primo scarico automatico dei dati con registrazione dei movimenti a cadenza giornaliera. I successivi accessi al sito con scarico dei dati non hanno fornito particolari indicazioni, con l'eccezione dei dati rilevati nel 2021, durante il quale è stata riscontrata un'evoluzione della deformazione più evidente con valori di spostamento locale pari a circa 6 mm. Per quanto riguarda il biennio 2022-23, l'andamento delle deformazioni non appare lineare, mostrando un evidente incremento a gennaio 2022 con conseguente stabilizzazione nel periodo primaverile; in corrispondenza della stagione estiva si osserva invece un decremento degli spostamenti che si riportano su valori confrontabili con le deformazioni riscontrate nel 2021; verso fine anno si tende ad una sostanziale stabilizzazione della deformazione su valori prossimi a 7 mm, con fluttuazioni dell'ordine del millimetro.

Nel 2024 il movimento in SOLS3 ha avuto un andamento meno costante, ma analogo a quello degli anni passati. L'inclinometro ha interrotto la trasmissione dati a settembre 2024, ma fino a tale momento sembra aver registrato correttamente i dati; in occasione dell'ultimo sopralluogo dell'ottobre 2024, si è verificato il corretto funzionamento del sistema di alimentazione, lasciando supporre un'avaria del modem piuttosto che della centralina.

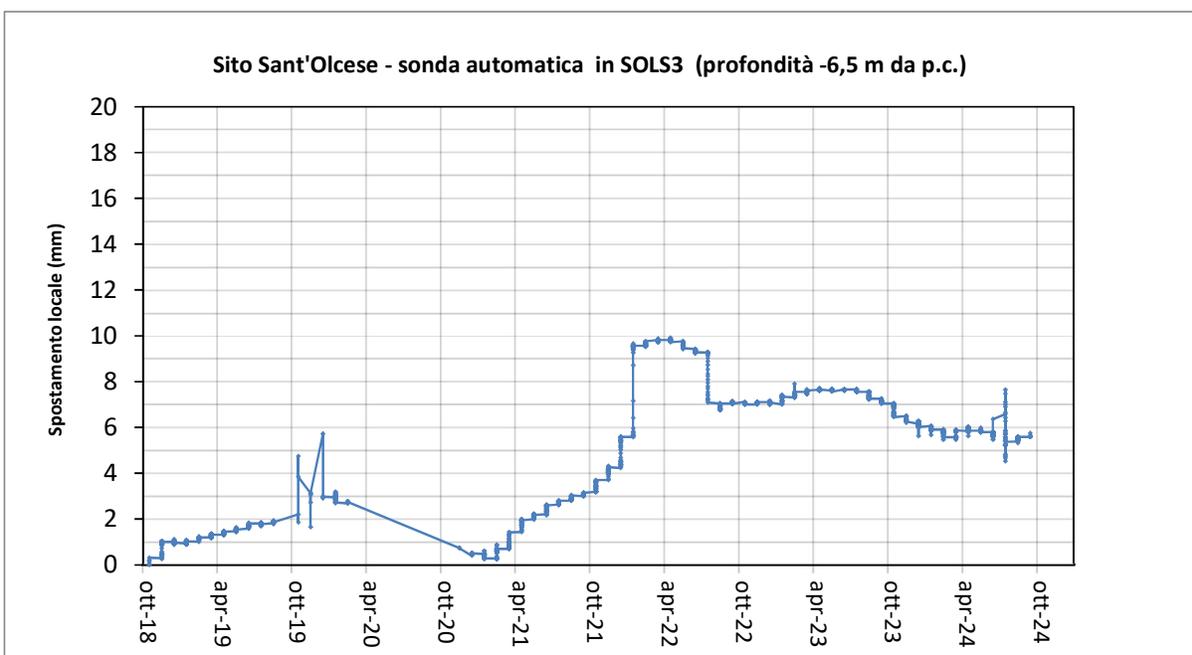


Fig. 12 - Evoluzione della deformazione alla profondità di -6.50 m, nell'inclinometro SOLS3

Inclinometro SOLS4 (20 m) – parte alta della frana

Nel corso del 2018 è stata effettuata – in data 12/10/2018 – la lettura di zero dell'inclinometro SOLS4 (Fig.13). L'inclinometro è dotato di una sonda fissa, posta a profondità di -12.50 m da p.c. (piano di taglio evidenziato dal cinematiso rilevato in SOLS2) e in data 11/12/2018 è stato eseguito il primo scarico automatico dei dati con registrazione dei movimenti a cadenza giornaliera. I successivi accessi al sito con scarico dei dati, che coprono gli anni 2019-2020, hanno confermato il cinematiso del corpo di frana con riattivazioni e periodi di stasi dipendenti dal regime pluviometrico. Per quanto concerne il 2019, la localizzazione temporale dei movimenti è concentrata nel periodo primaverile e in ultimo nel periodo autunnale (Figura 13), quest'ultimo caratterizzato da un notevole incremento dello spostamento pari a circa 3 cm in un mese (2 cm in una settimana). Segue un periodo di debole attività per tutto il 2020. Per quanto riguarda il periodo tra il 2021 e il 2023 non sono stati osservati spostamenti alla quota investigata (-12,5 m). Ad oggi la deformazione locale si attesta su 67 mm circa.

Sebbene l'inclinometro SOLS4 abbia interrotto la trasmissione dati nel marzo 2024, questo continua ad acquisire dati leggibili manualmente tramite collegamento diretto. La deformazione misurata è rimasta costante tra 65 e 67 mm dal quarto trimestre 2020. Un'assenza di movimento sembra tuttavia improbabile, considerata anche la situazione del piezometro adiacente, in cui la deformazione si riscontra circa ad un metro più in profondità. Sembra quindi possibile che il picco della deformazione si sia attestato ad una quota diversa da quella di posizionamento della sonda.

In seguito al sopralluogo del titolare della ditta fornitrice ed installatrice, effettuato a giugno 2024, è emersa la necessità di sostituire la centralina di acquisizione ed il sistema di alimentazione. La sonda installata a 12,5 m risulta inoltre non più recuperabile a causa della elevata deformazione del tubo.

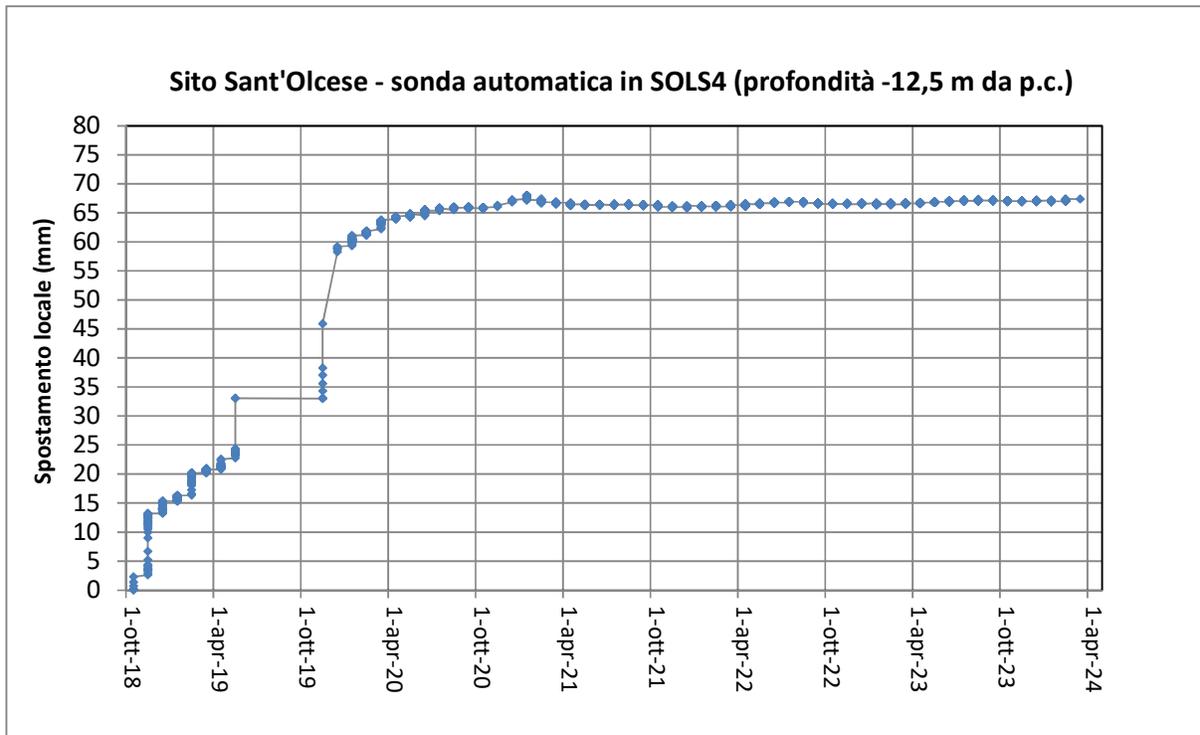


Fig. 13 - Evoluzione della deformazione alla profondità di -12.50 m nell'inclinometro SOLS4, per gli anni 2018-2024.

7. Conclusioni

Il dissesto del pendio su cui sorge l'abitato di Sant'Olcese coinvolge una zona in cui il substrato è caratterizzato dal contatto tettonico tra le Unità Antola e Ronco: tale peculiarità potrebbe essere causa delle scadenti caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso che localmente risulta coinvolto nella porzione instabile di versante. Il confronto tra la profondità delle superfici di scivolamento e le stratigrafie ottenute dai sondaggi ha evidenziato un'impostazione delle deformazioni preferenziali sia al passaggio coltre detritica-cappellaccio di alterazione del substrato (SOLS1-SOLS3), sia al passaggio cappellaccio di alterazione-substrato argilloso/marnoso, quest'ultimo caratterizzato da migliori caratteristiche litotecniche.

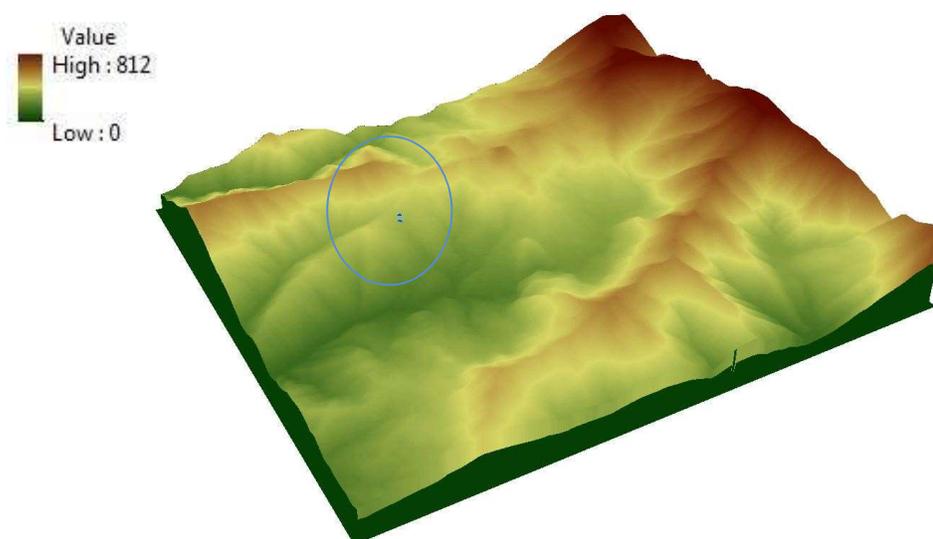


Fig.14 - DTM dell'orografia del territorio di Sant'Olcese: si osserva l'elevata acclività con la presenza di incisioni vallive che accentuano il contrasto di quota.

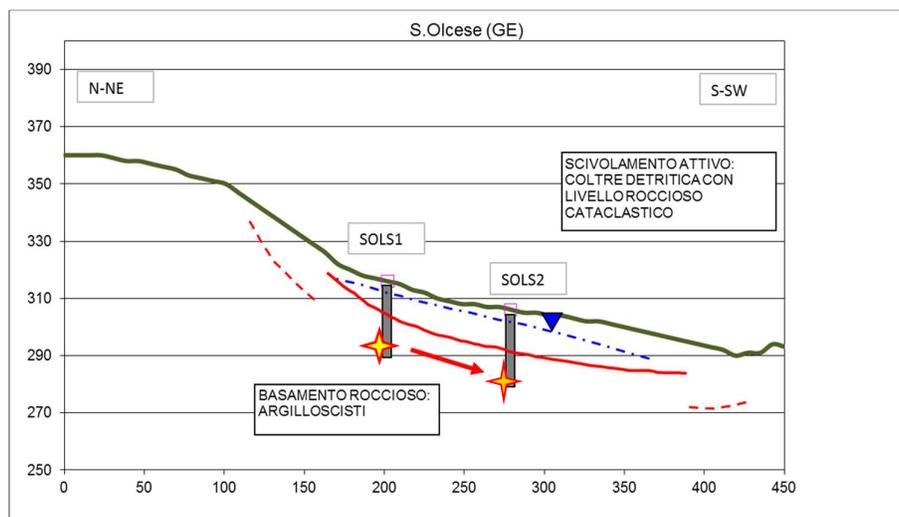


Fig. 15 - Sezione interpretativa della frana di Sant'Olcese definita sulla base delle informazioni ottenute dai dati inclinometrici aggiornata al 2018. La linea rossa definisce la superficie di scivolamento ipotizzata. La linea verde rappresenta la superficie topografica. Quadrati rosa: inclinometri.

Per quanto riguarda il trend di spostamento della frana nel periodo in cui è stato attuato il monitoraggio con letture manuali (2008-2017), esso ha raggiunto valori globali pari rispettivamente a 120 mm e 170 mm in direzione S, con una velocità media di circa 15 mm/anno (18 mm a valle e 13 mm a monte). In generale si può affermare che le accelerazioni del corpo di frana sono direttamente correlabili con il regime pluviometrico su base stagionale. Tutto ciò è confermato dagli incrementi deformativi registrati nelle stagioni autunnali del 2013 e del 2014, in cui si sono raggiunte le cumulate di pioggia massime in relazione al periodo 2008-2018 (Fig. 17-18). Nel biennio 2019-2020 si osservano deformazioni locali che confermano il medesimo trend con spostamenti trascurabili in linea con le modeste piogge di tale periodo.

Nel 2024 il movimento in SOLS3 ha avuto un andamento meno costante, ma analogo a quello degli anni passati. In SOLS4 la deformazione misurata è rimasta costante, tra 65 e 67 mm, dal quarto trimestre 2020. Sembra tuttavia improbabile un'assenza di movimento considerata anche la situazione del piezometro adiacente, deformato a circa un metro più in profondità. Sembra quindi possibile che la superficie di scivolamento sia localizzata ad una quota diversa da quella di posizionamento della sonda.

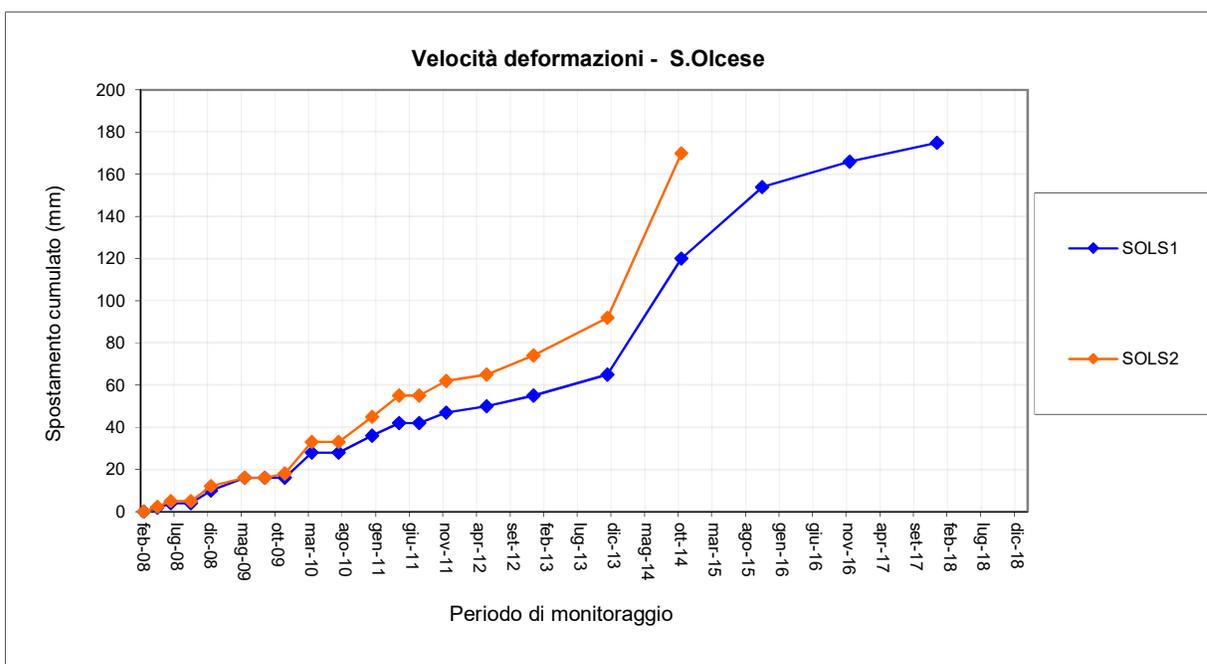


Fig. 16 - Velocità delle deformazioni nel periodo 2008-2018. Linea di tendenza SOLS1.

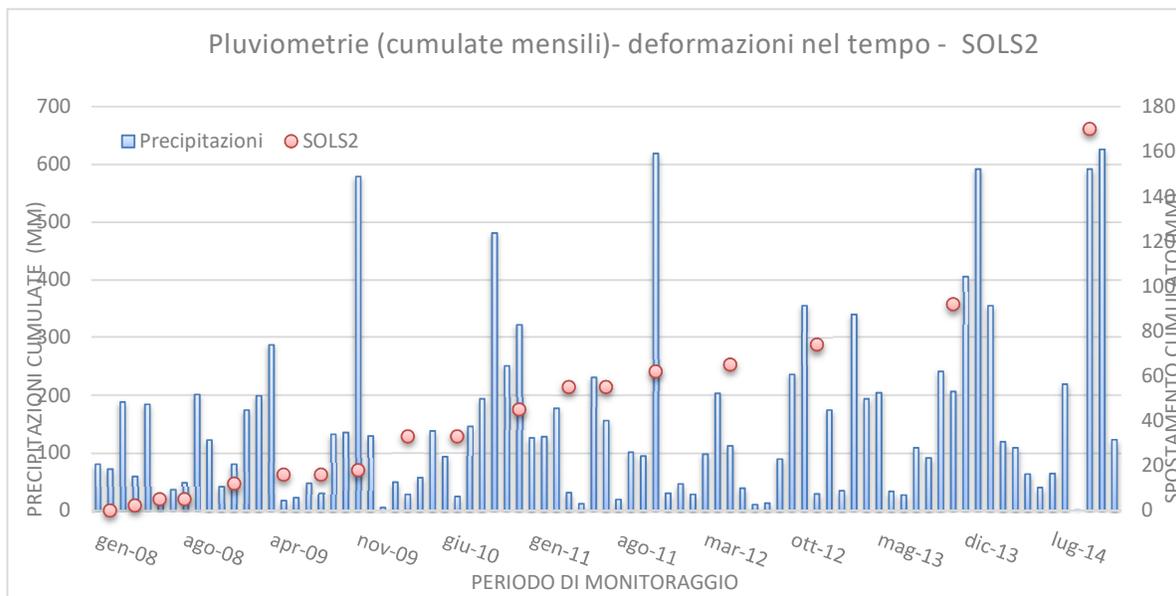


Fig. 17 – Andamento pluviometrico mensile, (stazione VICOMORASSO) e letture inclinometriche SOLS2 – periodo 2008-2014 (fino alla rottura del tubo inclinometrico).

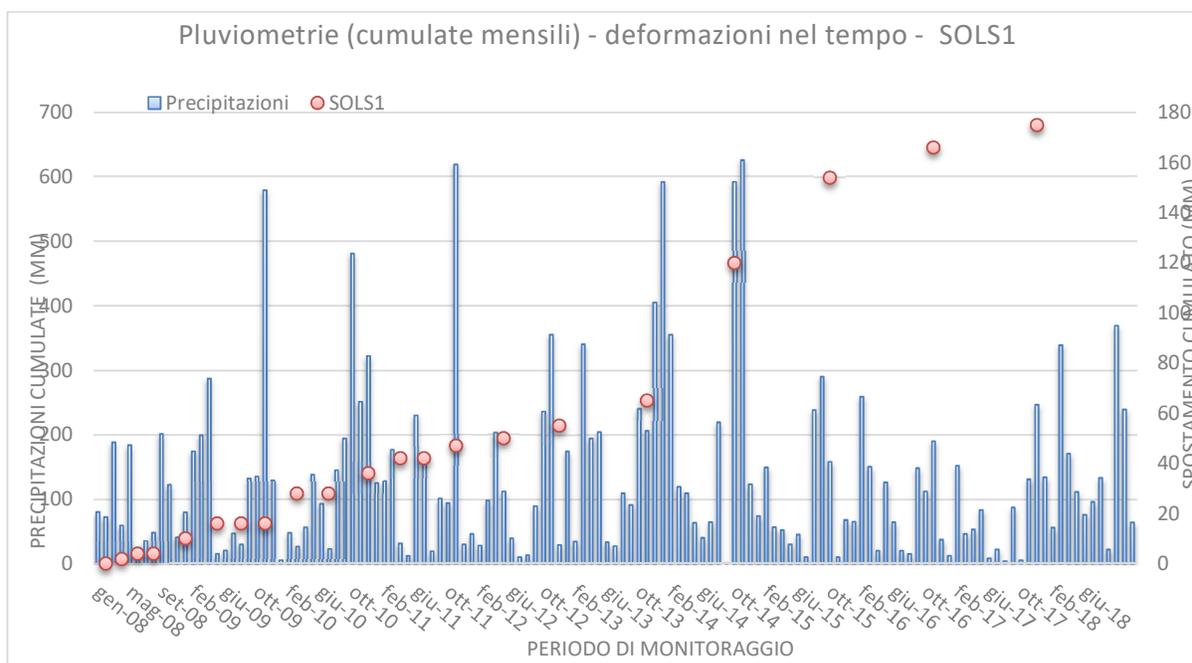


Fig. 18 – Andamento pluviometrico mensile (stazione VICOMORASSO) e letture inclinometriche SOLS1 – periodo 2008-2018 (fino alla rottura del tubo inclinometrico).

A corredo delle precedenti informazioni, si aggiunge quella sul livello di falda, che si attesta costantemente al di sopra della superficie di scivolamento della frana, nell'arco dei dodici mesi, determinando una saturazione costante della fascia in cui si concentra la deformazione, indipendentemente dal regime pluviometrico annuale.

Inoltre, come evidenziato dai grafici seguenti (Figg. 19-20), la falda mostra generalmente un tempo di risposta molto breve in relazione alle piogge, anche in occasione di eventi modesti: spesso i picchi di innalzamento del livello di falda sono confrontabili con le singole cumulate di pioggia giornaliera. Dai dati dei due piezometri si può notare come l'infiltrazione e drenaggio della coltre siano quasi istantanei in SOLS3P, mentre in SOLS4P il drenaggio assume un andamento più prolungato nel tempo, una volta terminato il periodo piovoso.

Durante il sopralluogo svolto a fine ottobre 2024, eseguendo un'ispezione con videocamera, si è riscontrato l'intasamento dei fori attrezzati a piezometro dotati di sonde automatiche marca InSitu (modello Level Troll 500), a causa della progressiva deformazione del foro. Ne consegue che risulta impossibile sia il recupero degli strumenti sia la misurazione della soggiacenza mediante freatimetro manuale per la verifica della taratura degli strumenti. Allo stato attuale è difficile quindi valutare la validità delle misure registrate. Nello specifico, SOLS3P è intasato alla profondità di -5.2 m da p.c.; il valore di soggiacenza fornito dallo strumento è di 348 cm; si è misurata al di sopra dell'ostruzione presenza di acqua a 310 cm da b.p. SOLS4P è invece intasato alla profondità di -13.5 m da p.c.; la soggiacenza al 21 ottobre 2024 è di 697,6 cm.

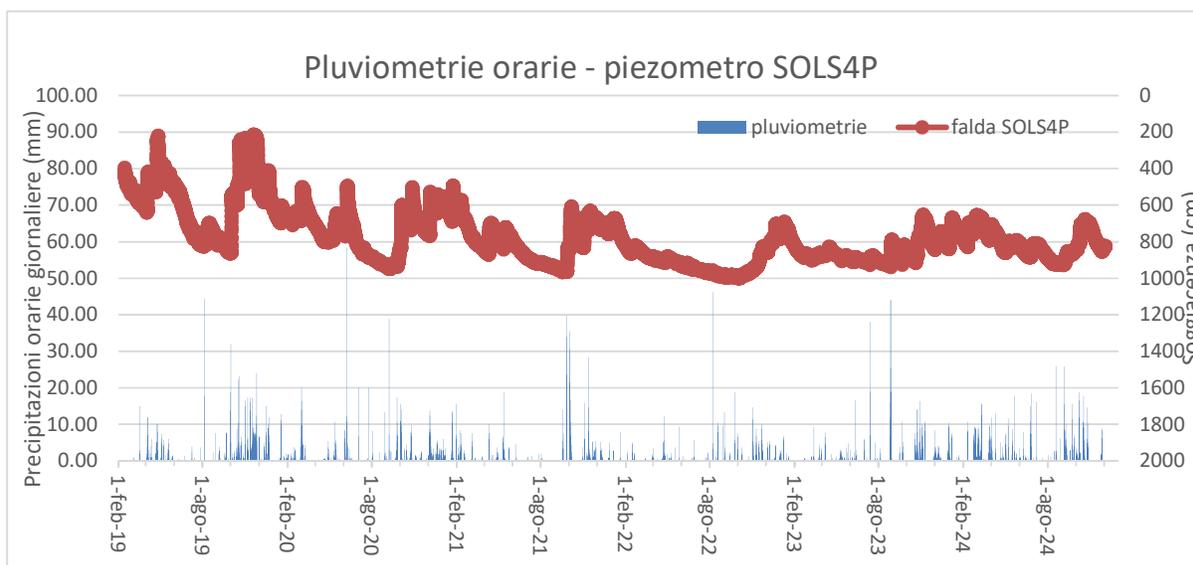


Fig. 19 - Rapporto pluviometrie (mm/h) stazione VICOMORASSO e variazione della soggiacenza della falda sotterranea (SOLS4P).

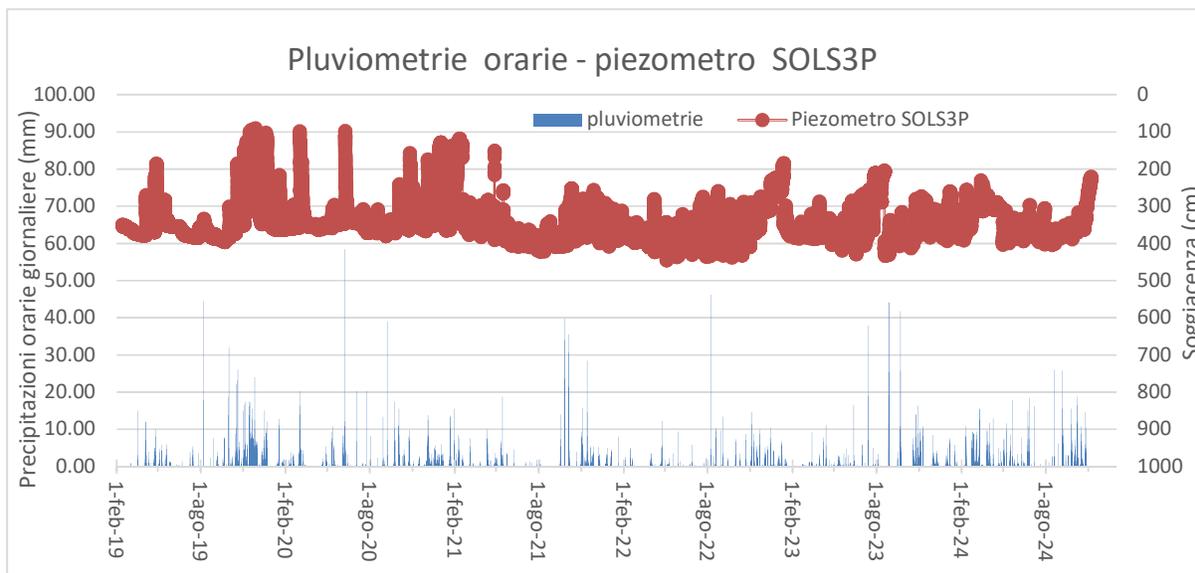


Fig. 20 - Rapporto pluviometrie (mm/h) stazione VICOMORASSO e variazione della soggiacenza della falda sotterranea (SOLS3P).