



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**CENTRO  
PROTEZIONE  
CIVILE**

# Prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli nel comune di Montevarchi

Nota tecnica



Accordo di collaborazione tra pubbliche amministrazioni ex art. 15 L. 241/1990  
con: Comune di Montevarchi

Firenze, 21 settembre 2023

## Responsabile del progetto

Prof. Nicola CASAGLI

## Gruppo di lavoro

Dott.ssa Elisa GARGINI

Dott. Luca LOMBARDI

Dott. Massimiliano NOCENTINI

Dott. Luca TANTERI

## Aggiornamento del sistema di monitoraggio dal 27/09/2023 al 19/09/2023

L'accordo di collaborazione in essere tra il Comune di Montevarchi e il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze è mirato al mantenimento dell'attività di monitoraggio dei fenomeni di dissesto che interessano l'abitato di Ricasoli attraverso la rete di sensori *wireless* installata nel 2014, implementata e integrata nel tempo nell'ambito di convenzioni e accordi tra il Comune e l'Università.

La configurazione attuale della rete è riportata in Figura 1; in particolare, il sistema di monitoraggio risulta costituito da 14 nodi sensore ed un nodo coordinatore in grado di gestire 12 estensimetri a barra, 5 clinometri, 2 celle di carico poste sui tiranti della palificata ed una stazione meteo, dotata di sensori termometrico, anemometrico e pluviometrico.



**Figura 1 - Ubicazione dei sensori della rete *wireless* per il controllo delle deformazioni delle strutture. La sigla corrisponde alla denominazione del sensore.**

I dati acquisiti dalla rete di monitoraggio (vedi Figura 2) sono trasmessi in maniera continua ad un'apposita piattaforma *web* che consente ai tecnici dell'Università di leggerli e interpretarli in tempo reale; nel caso in cui il sistema evidenzia una criticità significativa sugli spostamenti rilevati, viene trasmesso un allarme al pronto intervento ed al sistema di protezione civile comunale.

Tutto il sistema è stato aggiornato sia per la parte di acquisizione (resa più efficiente) sia per la gestione dell'autonomia energetica. Di fatto, grazie all'aggiunta di pannelli solari ai nodi, che alimentano a loro volta batterie tampone ricaricabili, gli stessi sono in grado di operare in continuo, senza necessità di sostituzione delle batterie.

L'attuale frequenza di acquisizione dei sensori è di 1 dato ogni 15 minuti; tale intervallo, qualora si manifestino esigenze differenti, può essere modificato in ogni momento.

DATA	NODO	CellaCarico [KN]	CL1_X [°]	CL1_Y [°]	CL1_Y_nuovo [°]	Dir.Raff. [°]	Dir.Vento [°]	Fess.1 [mm]	Fess.2 [mm]	Incl.X [°]	Incl.Y [°]	Incl2.X [°]	Incl2.Y [°]	Int.Pioggia [mm/h]	Pluv [mm]	Pluv.Cum. [mm]	Temp.Aria [°C]	Vel.Raff. [Km/h]	Vel.Vento [Km/h]	Batteria [mV]	Segnale [dBm]	
19/09/2023 16:48:09	Coordinatore 466D											-2.68	0.07								7089	📶
19/09/2023 16:48:02	Nodo CellaC1 0001	214.50																			7027	📶
19/09/2023 16:48:01	Nord 5 4629											-1.82	-3.82	-0.59	-0.23						6673	📶
19/09/2023 16:48:01	Chiesa 4582							0.04	0.25												6522	📶
19/09/2023 16:48:01	Nord 3 4691							-6.75	---												6662	📶
19/09/2023 16:47:58	Nodo CellaC2 0002	223.07																			6835	📶
19/09/2023 16:47:58	St.Meteo 46CE					ESE	E								0.00	0.00	0.00	27.90	24.67	14.16	7021	📶
19/09/2023 16:47:58	Nord 2 4690							0.35	-0.03												6377	📶
19/09/2023 16:47:57	Sud 1 4712							---	3.56												6470	📶

Figura 2 - Lettura dati rilevati dalla rete in tempo reale.

Durante gli ultimi 12 mesi di monitoraggio si segnala un breve intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati per l'intera rete di monitoraggio, che si è protratto per circa 3 settimane a partire dal 1° giugno 2023; per i soli nodi Nord 1 e Nord 2 si segnala un ulteriore intervallo di stop dalla metà del mese di gennaio 2023 fino ai primi di marzo, continuo per il nodo Nord 1, intermittente per il nodo Nord 2.

In generale, i dati acquisiti durante il periodo di osservazione mostrano l'assenza di movimenti rilevanti sugli edifici monitorati, come è possibile osservare dai grafici riportati nella Figura 3, che mostra i trend rilevati dagli estensimetri, e nella Figura 4, che rappresenta l'andamento dei dati clinometrici.

L'assenza di movimenti deformativi significativi, se non quelli legati alle oscillazioni stagionali, potrà essere eventualmente confermata dall'elaborazione delle misure acquisite nel prosieguo dell'attività di monitoraggio.

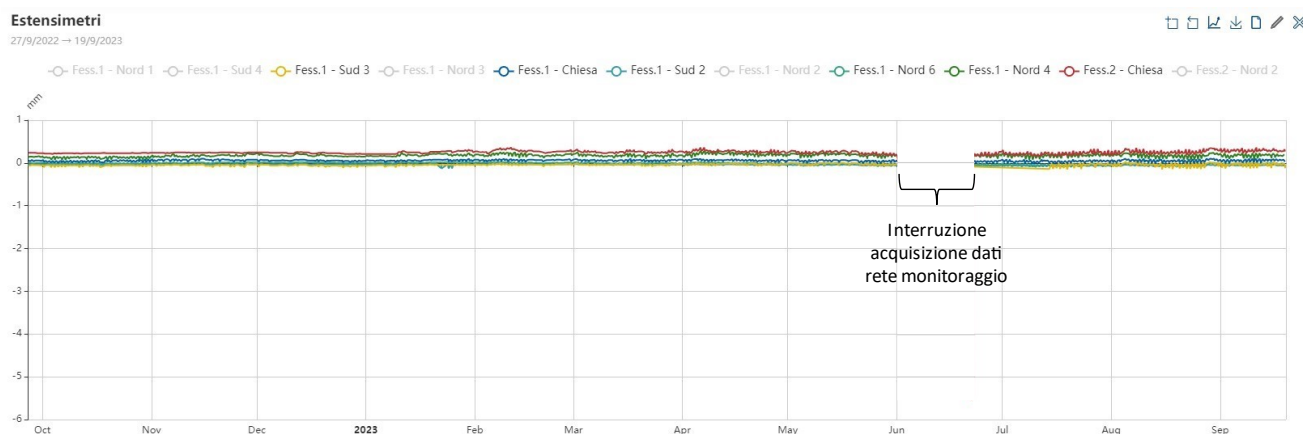


Figura 3 - Dati rilevati dagli estensimetri posizionati sugli edifici nel periodo di monitoraggio.

In Figura 3 si osserva per tutti i nodi un andamento pressoché costante per l'intero periodo di riferimento, con oscillazioni giornaliere inferiori a 0.1 mm, legate essenzialmente alle variazioni termiche.

Si evidenzia inoltre che i fessurimetri relativi ai nodi denominati Sud 2, Sud 3, Nord 4, Nord 6 e Chiesa manifestano la stessa tendenza stagionale, pur caratterizzati da valori differenti delle oscillazioni giornaliere.

I dati relativi ai nodi Sud 4, Nord 1, Nord 2 e Nord 3, che si differenziano da questo trend, sono commentati nel seguito del documento.

In Figura 4 si osserva che per tutti i nodi rappresentati le oscillazioni giornaliere sono inferiori a 0.1° e sono legate essenzialmente alle variazioni termiche; l'unica eccezione è costituita dal clinometro CL\_X del nodo Nord 5, che mostra oscillazioni giornaliere dello spostamento angolare intorno a 0.3°.



Si evidenzia inoltre che tutti i clinometri della rete di monitoraggio, ad eccezione del CL1\_X del nodo Sud 3 e del CL\_X del nodo Nord 5, manifestano lo stesso andamento pressoché costante durante l'intero periodo di osservazione.

I picchi evidenziati dall'inclinometro X coordinatore sono legati a rumore strumentale, nel complesso anche tale sensore non evidenzia movimenti significativi.

I dati relativi ai nodi Sud 3 e Nord 5, che si discostano da questo *trend*, sono commentati nel seguito del documento.

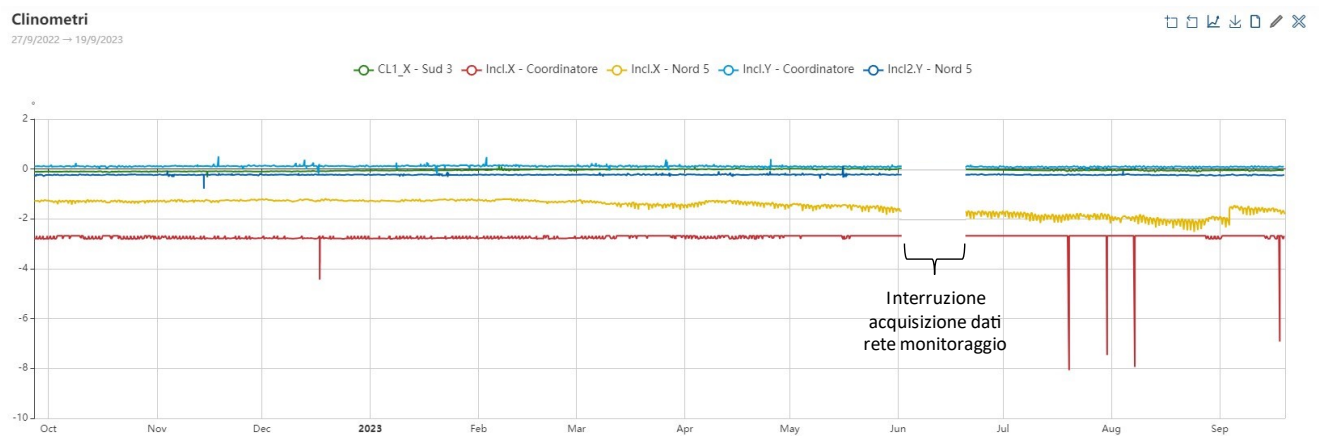


Figura 4 - Dati rilevati dai clinometri posizionati sugli edifici nel periodo di monitoraggio.

Per quanto riguarda le celle di carico C1 e C2 installate sulle berlinesi di micropali tirantate, queste sono state integrate all'interno della rete di sensori di monitoraggio e la lettura dei dati è stata automatizzata. Nel periodo di riferimento anche i dati acquisiti dalle celle di carico, riportati in Figura 5 e in Figura 6, non mostrano anomalie significative ad eccezione di rari *spike* strumentali.

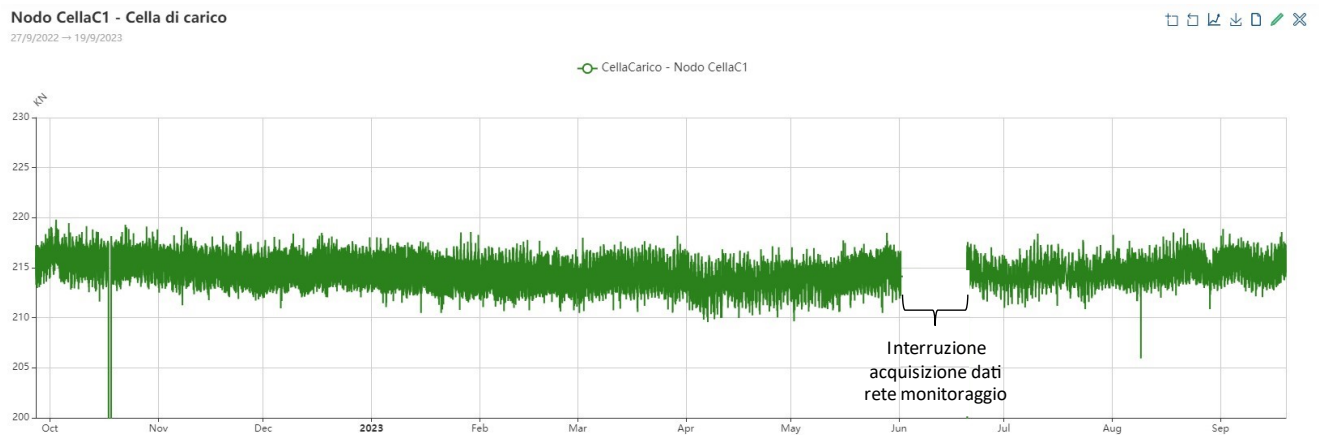
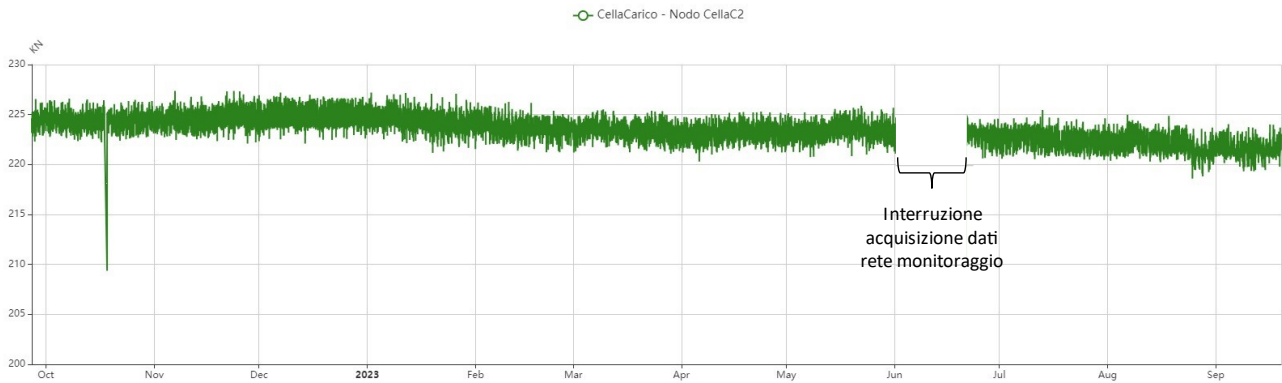


Figura 5 - Dati rilevati dalla cella di carico C1 nel periodo di monitoraggio.

#### Nodo CellaC2 - Cella di carico

27/9/2022 → 19/9/2023



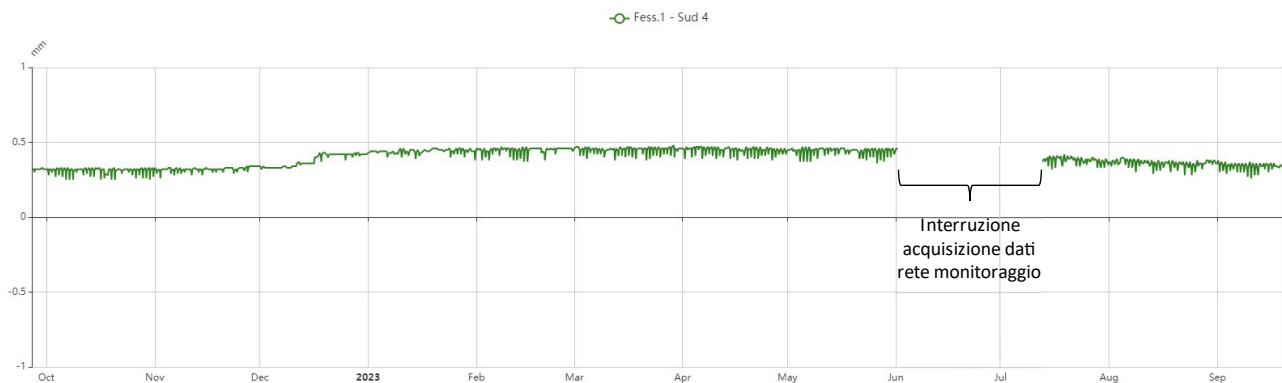
**Figura 6 - Dati rilevati dalla cella di carico C2 nel periodo di monitoraggio.**

Nel seguito si riportano i dati di spostamento relativi ai nodi Sud 4, Nord 1, Nord 2 e Nord 3.

Rispetto a quanto rappresentato in Figura 3, il fessurimetro del nodo Sud 4, riportato in Figura 7, mostra un debole *trend*. I valori di spostamento sono crescenti dalla fine del mese di novembre 2022 fino alla metà del mese di gennaio 2023; successivamente si osserva un debole *trend* in diminuzione e lo spostamento si assesta intorno al valore di 0.35 mm circa.

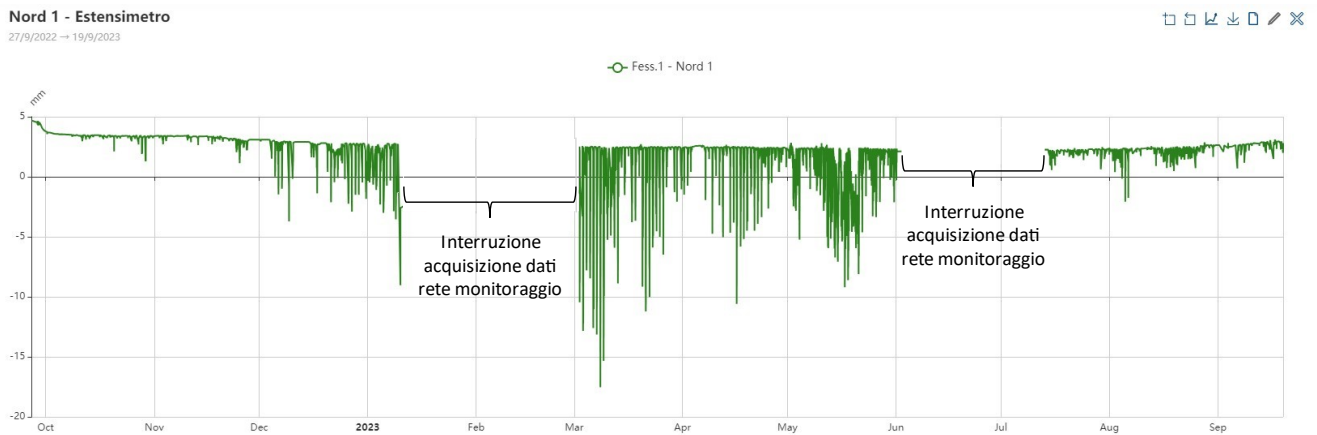
#### Sud 4 - Estensimetro

27/9/2022 → 19/9/2023



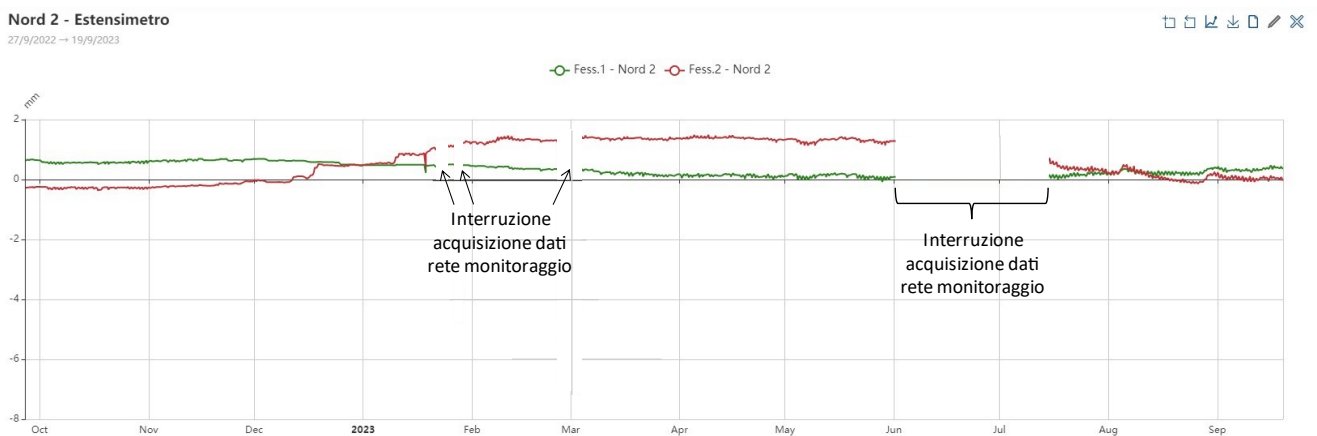
**Figura 7 - Dati rilevati dall'estensimetro F1 del nodo Sud 4 nel periodo di osservazione.**

Le misure acquisite dal fessurimetro del nodo Nord 1, il cui andamento è riportato in Figura 8, risultano affette da un elevato rumore strumentale, che permane con frequenza ed ampiezza variabili per l'intera durata del monitoraggio strumentale. Tuttavia, si ritiene che, depurando il segnale dal rumore strumentale, la serie temporale di spostamento non evidenzia *trend* deformativi significativi.



**Figura 8 - Dati rilevati dall'estensimetro F1 del nodo Nord 1 nel periodo di osservazione.**

Nel grafico in Figura 9 si osserva l'andamento dei due fessurimetri del nodo Nord 2. Il fessurimetro 1 mostra un andamento pressoché costante fino alla fine del mese di dicembre; successivamente manifesta una debole tendenza in accorciamento fino al mese di aprile. L'andamento è costante fino alla metà del mese di luglio, dopodiché mostra un debole *trend* in estensione. Il fessurimetro 2 mostra un andamento costante fino al mese di novembre, seguito da un movimento in estensione che diventa progressivamente più marcato e che si assesta dalla metà del mese di febbraio fino a giugno. Successivamente al periodo di interruzione del segnale, i valori di spostamento si riducono progressivamente.



**Figura 9 - Dati rilevati dagli estensimetri F1 e F2 del nodo Nord 2 nel periodo di osservazione.**

Per quanto riguarda l'estensimetro del nodo Nord 3, i cui valori sono riportati in Figura 10, si osserva un movimento in apertura che si arresta all'inizio del mese di ottobre, seguito da un movimento in chiusura che si risolve dalla fine del mese di ottobre in un andamento pressoché costante. A partire dalla metà circa del mese di novembre si osserva un movimento progressivo in apertura globalmente pari a 5 mm circa, che si arresta verso la metà del mese di marzo. Segue un intervallo in cui i valori di spostamento sono pressoché costanti, che a partire dalla fine del mese di aprile è seguito da un movimento progressivo in chiusura; tale movimento prosegue fino all'inizio del mese di agosto. Si ritiene che tali spostamenti possano essere legati ad oscillazioni di carattere stagionale.

### Nord 3 - Estensimetro

27/9/2022 → 19/9/2023

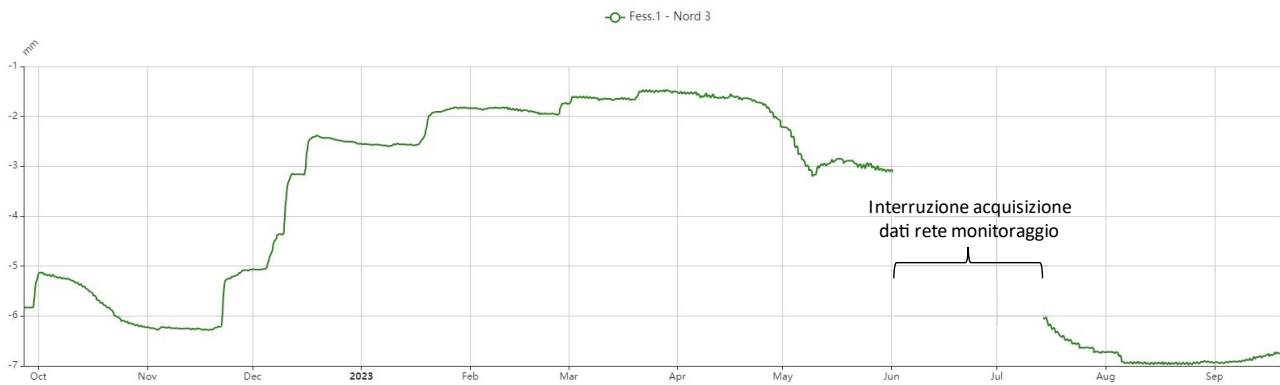


Figura 10 - Dati rilevati dall'estensimetro F1 del nodo Nord 3 nel periodo di osservazione.

Per quanto riguarda gli spostamenti angolari, in Figura 11 si riporta l'andamento dei dati relativi al clinometro CL1\_X del nodo Sud 3; dal grafico si osserva che l'oscillazione giornaliera legata alle variazioni termiche è molto ridotta (circa  $0.05^\circ$ ) e si nota un debole *trend* crescente che raggiunge un massimo a  $0^\circ$  verso la metà del mese di maggio; in seguito, si osserva un debole *trend* decrescente, tuttora in corso.

### Sud 3 - Inclinometro

27/9/2022 → 19/9/2023

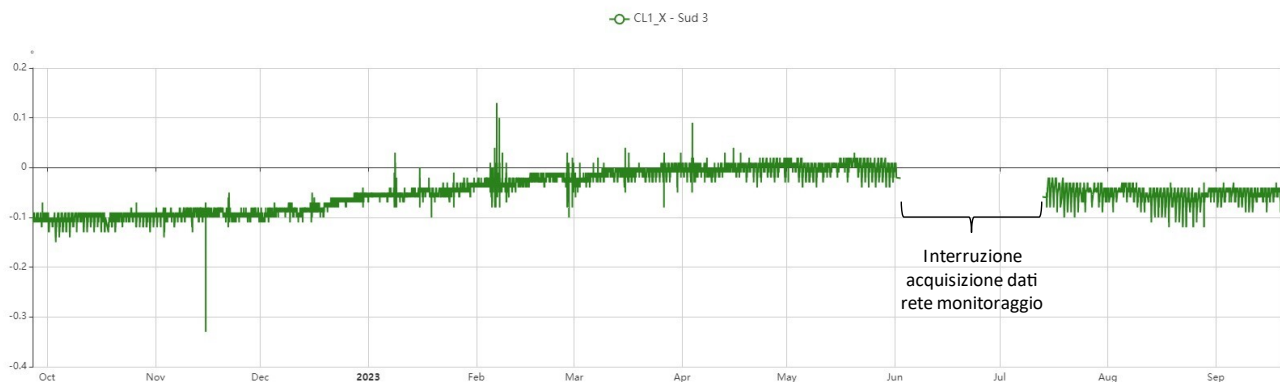


Figura 11 - Dati rilevati dal clinometro Sud 3 nel periodo di osservazione.

In Figura 12 si riporta l'andamento dei dati relativi ai clinometri CL\_X e CL2\_Y del nodo Nord 5. Il clinometro CL2\_Y mostra un andamento costante per tutto il periodo di osservazione. Il clinometro CL\_X manifesta un andamento pressoché costante, con oscillazioni giornaliere intorno a  $0.3^\circ$ , fino al mese di marzo; successivamente manifesta un *trend* decrescente, con oscillazioni giornaliere più ampie, fino all'inizio del mese di settembre. In seguito, si osserva una variazione di circa  $0.5^\circ$  gradi, dopo la quale il *trend* torna decrescente.



Nord 5 - Inclinometro

27/9/2022 → 19/9/2023



Incl.X - Nord 5 Incl2.Y - Nord 5

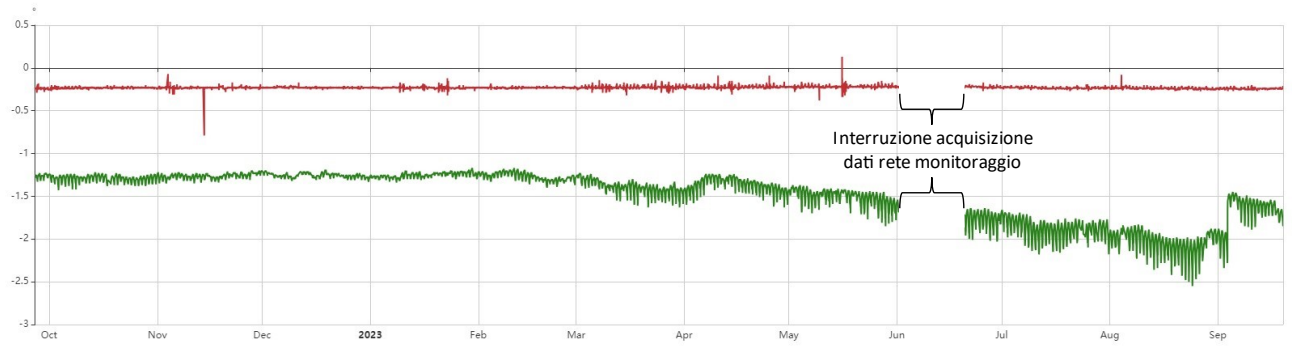


Figura 12 - Dati rilevati dal clinometro Nord 5 nel periodo di osservazione.