



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**CENTRO  
PROTEZIONE  
CIVILE**

# Prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli nel Comune di Montevarchi (AR)

Rapporto intermedio



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

Firenze, 30 novembre 2023

## Responsabile del progetto

Prof. Nicola CASAGLI

## Gruppo di lavoro

Dott.ssa Elisa GARGINI

Dott. Luca LOMBARDI

Dott. Massimiliano NOCENTINI

Dott. Luca TANTERI

## TAVOLA DEI CONTENUTI

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>9</b>
3.1	ANALISI DATI ACQUISITI DALLA RETE DI SENSORI <i>WIRELESS</i> (WSN).....	9
3.2	ANALISI DEI DATI INCLINOMETRICI .....	14
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>17</b>
	<b>ALLEGATO 1 .....</b>	<b>18</b>
	<b>ALLEGATO 2 .....</b>	<b>49</b>



## 1 Introduzione

Il presente documento costituisce il secondo rapporto di attività redatto nell'ambito dell'accordo tra il Comune di Montevarchi (AR) ed il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI) per la *Prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli nel Comune di Montevarchi (AR)*.

Le condizioni di instabilità dei versanti che delimitano l'abitato in oggetto sono state ampiamente investigate nell'ambito di precedenti convenzioni e accordi fra il Comune di Montevarchi e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze (DST-UNIFI).

L'accordo di collaborazione in essere, stipulato con il CPC-UNIFI, 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 ed integrata nel tempo nell'ambito di molteplici convenzioni ed accordi stipulati tra il Comune di Montevarchi e l'Università di Firenze. Nel marzo 2022 è stata ampliata la preesistente rete di sensori, aggiungendo due nuovi nodi connessi a delle celle di carico poste sulla palificata realizzata nella porzione Sud del promontorio e sono stati riposizionati alcuni dei sensori in aree ritenute più significative; inoltre, è stata effettuata una completa manutenzione per tutta la rete WSN.

Le condizioni di instabilità dei versanti che delimitano l'abitato in esame sono condizionate dalla situazione geologica e geomorfologica locale e dalle condizioni idrogeologiche. Gli interventi di stabilizzazione realizzati sulle aree a maggior rischio non possono considerarsi risolutivi a causa della vastità e complessità geologica dei processi di dissesto. Pertanto, è necessario individuare forme e modi per convivere con tali fenomeni, minimizzando il rischio per le persone e le cose. In tale ottica la presenza di una rete di monitoraggio *wireless* in continuo e in tempo reale, con ampia copertura spaziale su tutto il centro abitato, associata ad un'opportuna pianificazione di protezione civile, risulta di fondamentale importanza per la gestione del rischio.

## 2 Descrizione della rete di monitoraggio

Il monitoraggio dell'abitato di Ricasoli avviene integrando i dati acquisiti attraverso una rete di nodi *router wireless*, che collega sensori di diversa tipologia, ed una rete di monitoraggio degli spostamenti profondi composta da tubi inclinometrici.

La configurazione attuale della rete di sensori *wireless* 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 11 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.

Nella Figura 2 è riportata invece l'ubicazione dei tubi inclinometrici.





**Figura 2 - Ubicazione degli inclinometri attivi ed inattivi.**

La rete di nodi *router wireless* fa capo ad un coordinatore di trasmissione e ricezione dati provvisto di modulo GSM; tale nodo coordinatore riceve ed invia ad un'apposita piattaforma *web* i dati acquisiti dai sensori collegati ai nodi. L'intera rete di monitoraggio costituisce una *Wireless Sensor Network (WSN)* autoconfigurabile, in grado di sopperire ad eventuali deficienze di alcuni nodi nella trasmissione dei dati del sensore al nodo coordinatore. I sensori sono alimentati con pannelli solari che a loro volta alimentano batterie tampone ricaricabili.

Tutti i dati vengono trasmessi in maniera continua sulla piattaforma *web* e sono consultabili ed elaborabili da parte del personale in possesso delle relative credenziali di accesso; i dati raccolti possono inoltre essere esportati in formato CSV. Sulla piattaforma *web*, i sensori possono essere interrogati in tempo reale (vedi Figura 3) e, nel caso il sistema evidenzia una criticità significativa sugli spostamenti rilevati, viene trasmesso un allarme al pronto intervento ed al sistema di protezione civile comunale.

Attualmente le credenziali per l'accesso alla piattaforma *web* [REDACTED]

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

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 [kVA]	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]	
25/11/2023 16:48:02	Nodo CellaC1 0001	215.86																			6779	-56
25/11/2023 16:48:02	Chiesa 45B2								0.08	0.36											6449	-60
25/11/2023 16:48:02	Nord 3 4691								-5.90	---											6574	-66
25/11/2023 16:48:01	Nord 4 45C2								0.24	0.00											5666	-85
25/11/2023 16:47:58	Nord 1 45D5								2.42	---											6138	-78
25/11/2023 16:47:58	Nord 2 46F0								0.56	0.62											6237	-76
25/11/2023 16:47:58	Sud 4 463A								0.36	0.00											6548	-84
25/11/2023 16:47:57	Sud 3 46B0		0.01	4.14	0.06				-0.01												6963	-80
25/11/2023 16:33:05	Coordinatore 46D0										-2.78	0.13									6704	0
25/11/2023 16:33:02	Chiesa 45B2								0.08	0.36											6444	-59

Figura 3 - Lettura dati rilevati dalla rete in tempo reale.

I sensori della rete *wireless* sono stati installati in corrispondenza delle lesioni presenti sugli edifici ritenute maggiormente rappresentative per il controllo delle deformazioni sulle strutture.

Per quanto riguarda la posizione e la denominazione dei componenti della rete, è possibile fare riferimento alla documentazione fotografica prodotta in occasione del precedente rapporto di attività, datato 1° dicembre 2022.

La rete di monitoraggio degli spostamenti profondi si compone invece di 16 tubi inclinometrici, di cui 5 al momento non più attivi per eccessiva deformazione. Gli inclinometri non più utilizzabili sono posti nel settore Nord e due di questi, I4bis e I8bis, erano stati posizionati in sostituzione degli inclinometri I4 e I8, a loro volta non utilizzabili a causa dell'eccessiva deformazione raggiunta.

Al momento quindi tutti gli inclinometri sul lato Nord risultano inutilizzabili ad eccezione dell'I10bis (Figura 2). Relativamente al settore Sud, sono presenti due inclinometri (Figura 2), di cui l'I17 posto proprio appena a valle dell'intervento di stabilizzazione del versante, effettuato tramite riprofilatura e posizionamento di blocchi di pietra.

Gli altri tubi inclinometrici sono posizionati ai margini dell'abitato e consentono di monitorare assieme alla rete di monitoraggio *wireless* eventuali spostamenti sull'area urbanizzata.

Per mantenere l'efficienza ed il corretto funzionamento della rete di monitoraggio, nel periodo di riferimento sono stati condotti 4 sopralluoghi, secondo la cronologia riportata di seguito:

- 16/12/2022: a seguito della segnalazione di un fenomeno franoso innescato dalle piogge occorse nei giorni 15-16 dicembre, il personale del Centro ha eseguito un sopralluogo con produzione della relativa nota tecnica (vedi ALLEGATO 2);
- 14/07/2023: è stato eseguito un sopralluogo finalizzato al ripristino dell'alimentazione elettrica per i nodi Sud 3, Sud 4, Nord 1, Nord 2 e Nord 3;
- 20/09/2023: è stato effettuato un sopralluogo generale per condurre attività di manutenzione e controllo; contestualmente è stata eseguita la lettura dei dati inclinometrici;
- 28/11/2023: in vista della redazione del presente rapporto di monitoraggio, è stato effettuato un sopralluogo generale per condurre attività di manutenzione e controllo e valutare lo stato della cella di carico C2 che aveva registrato delle anomalie sui dati.



### 3 Analisi dei dati di monitoraggio

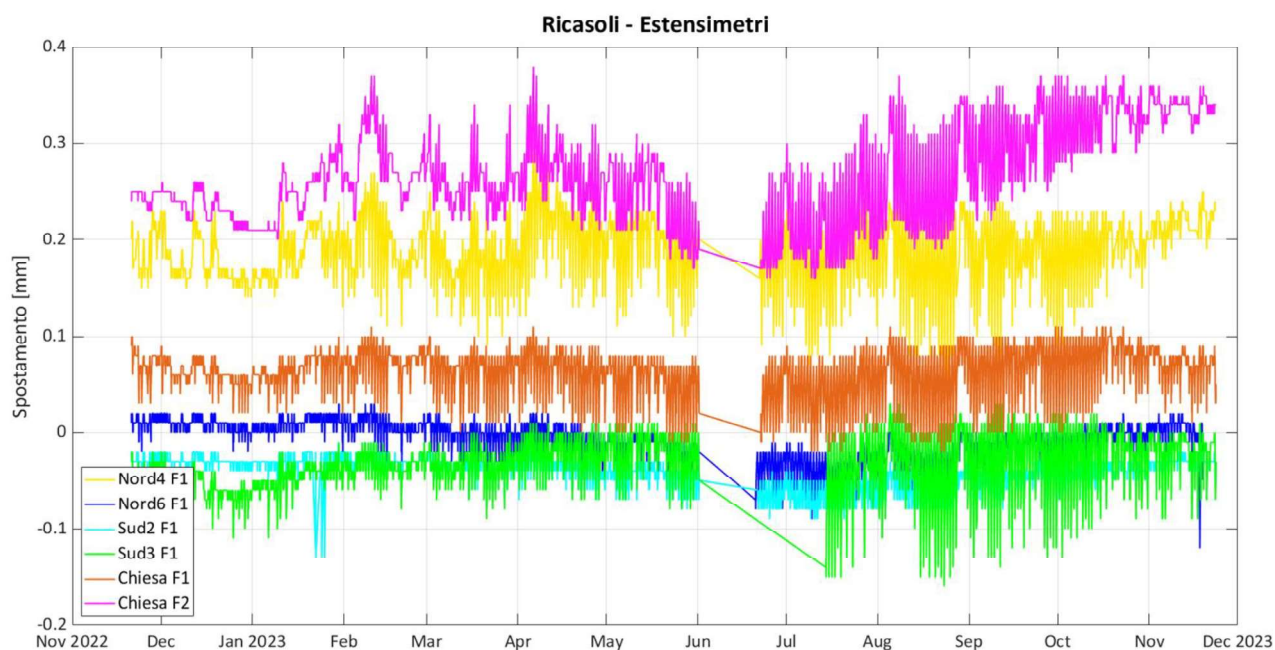
#### 3.1 Analisi dati acquisiti dalla rete di sensori *wireless* (WSN)

Nella sezione sono riportate le serie temporali rilevate dai 5 clinometri e dagli 11 estensimetri a barra nel periodo 21/12/2022 - 23/11/2022; sono inoltre rappresentate le serie temporali relative alle 2 celle di carico, riferite allo stesso periodo.

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 fino al 20 giugno 2023.

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 4, che mostra i *trend* rilevati dagli estensimetri, e nella Figura 5, 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.

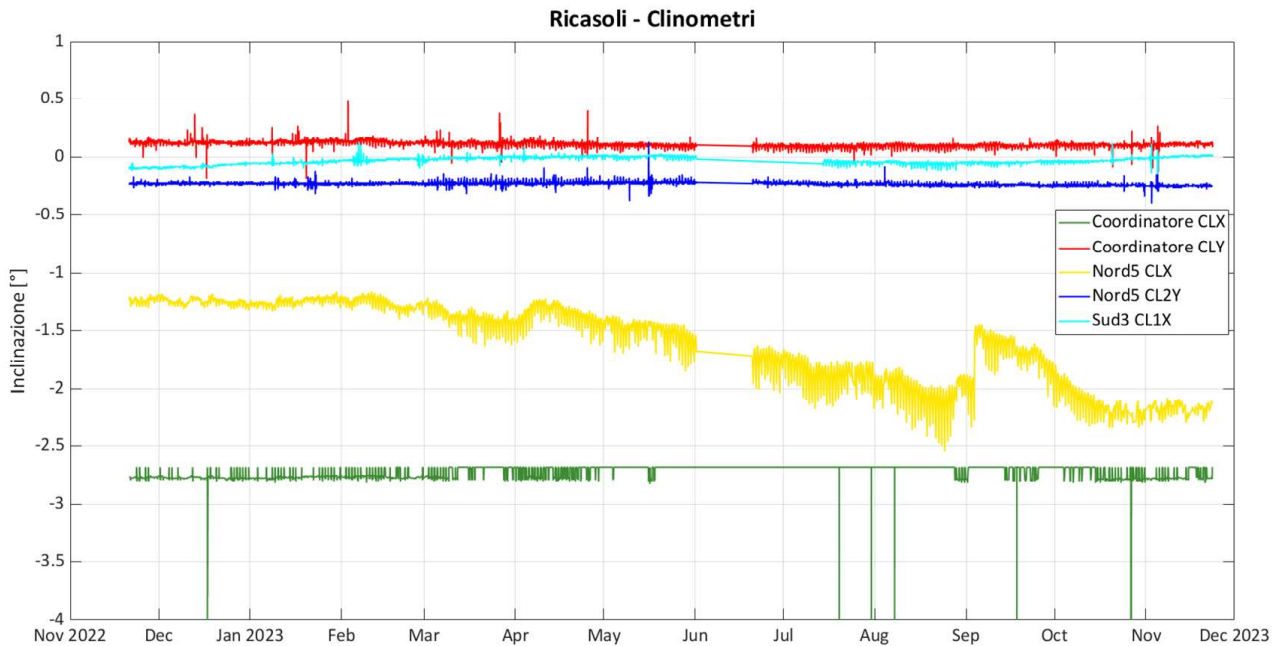


**Figura 4 - Dati rilevati dagli estensimetri posizionati sugli edifici nel periodo di monitoraggio.**

In Figura 4 si osserva che per tutti i nodi le oscillazioni massime giornaliere sono inferiori a 0.1 mm e sono legate essenzialmente alle variazioni termiche giornaliere e stagionali.

Si evidenzia che i fessurimetri relativi ai nodi Nord 4, Nord 6, Sud 2, Sud 3 e Chiesa rappresentati in figura manifestano la stessa tendenza stagionale, pur essendo 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 questa tendenza, sono commentati nel seguito del documento.



**Figura 5 - Dati rilevati dai clinometri posizionati sugli edifici nel periodo di monitoraggio.**

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

Si evidenzia inoltre che tutti i clinometri della rete di monitoraggio, ad eccezione del CL1X del nodo Sud 3 e del CLX del nodo Nord 5, manifestano lo stesso andamento pressoché costante durante l'intero periodo di osservazione. Si rileva la presenza di alcuni *spikes* dovuti a rumore strumentale sul clinometro CLX del nodo coordinatore, che tuttavia, analogamente agli altri, non evidenzia movimenti significativi.

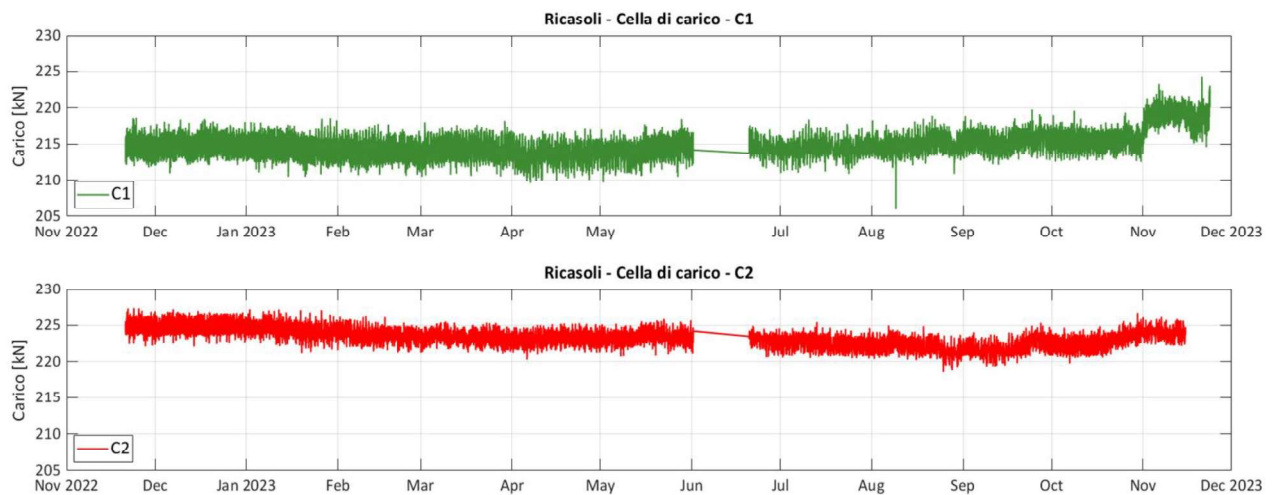
I dati relativi ai nodi Sud 3 e Nord 5, che si discostano da questo *trend*, sono commentati nel seguito del documento.

Per quanto riguarda le celle di carico C1 e C2 installate sulle berlinesi di micropali tirantate, integrate all'interno della rete di sensori di monitoraggio dal marzo dello scorso anno, il cui andamento è riportato in Figura 7, queste non mostrano nel complesso particolari anomalie nel periodo di riferimento, ad eccezione di rari *spikes* strumentali.

Per la cella C1 si segnala solo un debole incremento dei valori di carico a partire dal mese di novembre, mentre per la cella C2 si osserva un'anomalia dei dati acquisiti a partire dal 15 novembre. Dai controlli effettuati sul posto si esclude che tali anomalie possano essere legati a fenomeni di instabilità della paratia (Figura 6) e si ritiene che siano da associare a problemi di trasmissione dati dal sensore al nodo. Si prevede di effettuare a breve un nuovo intervento per cercare di ripristinare il funzionamento del sensore.



**Figura 6 - Immagine della testa del tirante a cui è collegato la cella di carico C2.**



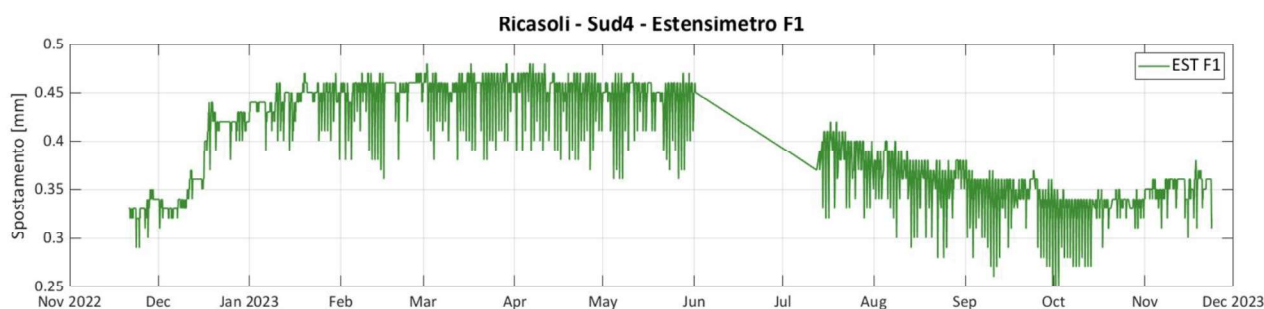
**Figura 7 - Dati rilevati dalle celle di carico C1 e C2 nel periodo di monitoraggio.**

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 4 il fessurimetro del nodo Sud 4, riportato in Figura 8, mostra debole *trend*. I valori di spostamento sono crescenti fino alla metà del mese di gennaio 2023;



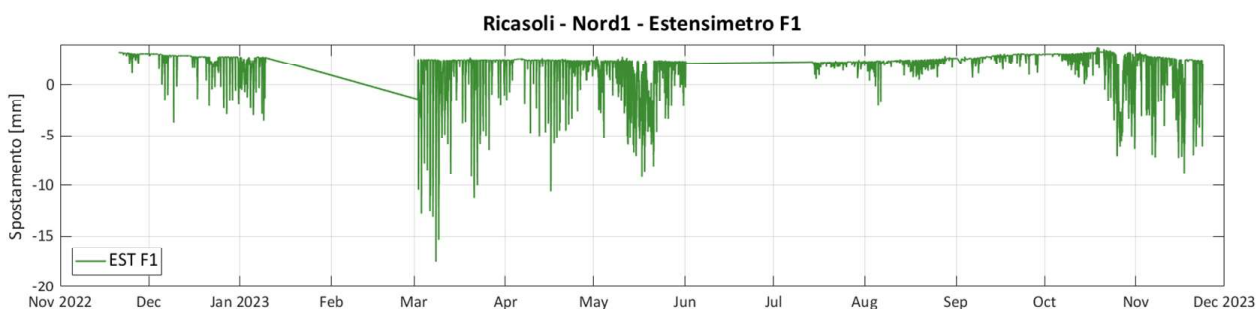
successivamente si osserva un *trend* in diminuzione e lo spostamento si assesta intorno al valore di 0.35 mm circa. Per questo nodo, l'intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati si è prolungato fino al 14 luglio.



**Figura 8 - 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 9, 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.

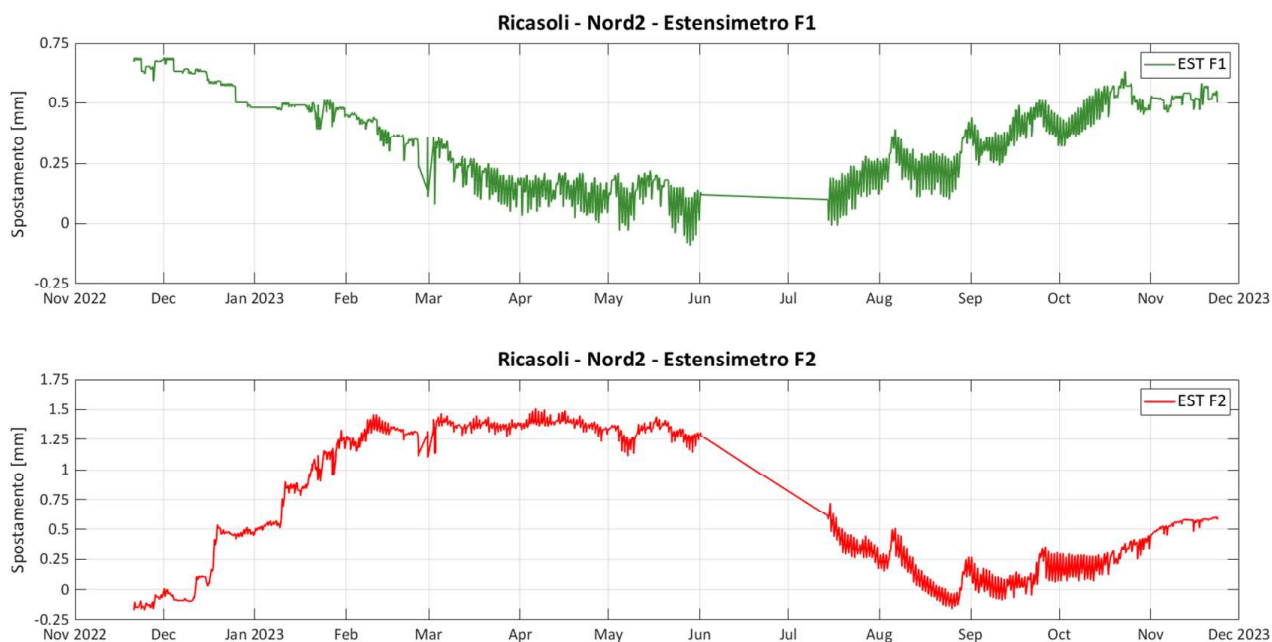
Anche per questo nodo, l'intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati si è prolungato fino al 14 luglio; inoltre, si segnala un'ulteriore irregolarità del sistema di acquisizione dati dal 10 gennaio al 28 febbraio dell'anno corrente.



**Figura 9 - Dati rilevati dall'estensimetro F1 del nodo Nord 1 nel periodo di osservazione.**

Nel grafico in Figura 10 si osserva l'andamento dei due fessurimetri del nodo Nord 2. Il fessurimetro 1 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 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; dall'inizio del mese di settembre, si osserva una ripresa del movimento in estensione.

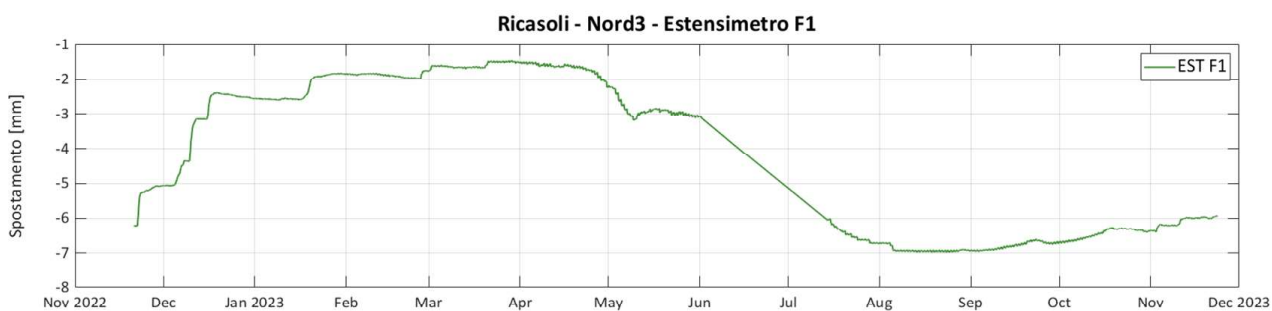
Anche per questo nodo, l'intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati si è prolungato fino al 14 luglio; inoltre, si segnalano ulteriori irregolarità del sistema di acquisizione dati dal 19 al 28 gennaio e dal 25 febbraio al 3 marzo del corrente anno.



**Figura 10 - 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 11, 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.

Per questo nodo, l'intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati che ha interessato l'intera rete si è prolungato fino al 14 luglio.



**Figura 11 - Dati rilevati dall'estensimetro F1 del nodo Nord 3 nel periodo di osservazione.**

Per quanto riguarda gli spostamenti angolari, in Figura 12 si riporta l'andamento dei dati relativi al clinometro CL1X del nodo Sud 3; dal grafico si notano alcuni *spikes* e 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, che prosegue fino alla metà di ottobre. Successivamente si osserva la ripresa di un debole *trend* crescente, tuttora in corso.

Anche per questo nodo, l'intervallo di interruzione nell'acquisizione dei dati che ha interessato l'intera rete si è prolungato fino al 14 luglio.



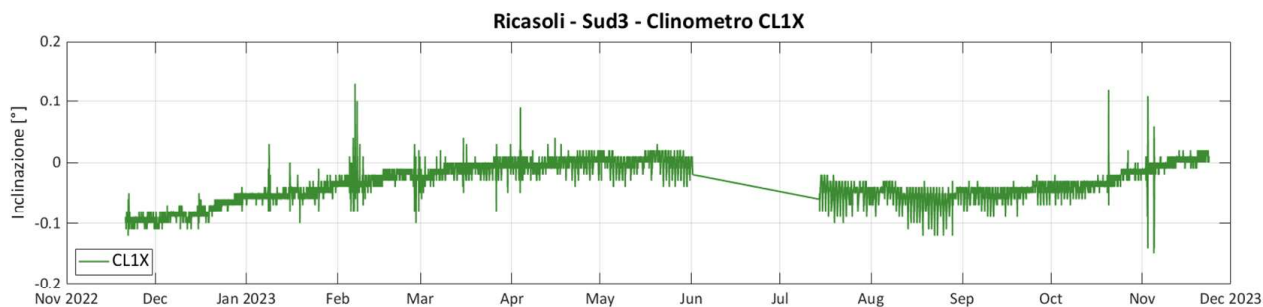


Figura 12 - Dati rilevati dal clinometro CL1X del nodo Sud 3 nel periodo di osservazione.

Infine, in Figura 13 si riporta l'andamento dei dati relativi ai clinometri CLX e CL2Y del nodo Nord 5. Il clinometro CL2Y mostra un andamento pressoché costante per tutto il periodo di osservazione, al netto di alcuni *spike* strumentali. Il clinometro CL\_X manifesta un andamento pressoché costante, con oscillazioni giornaliere intorno a 0.3°, 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° gradi, dopo la quale il *trend* torna decrescente.

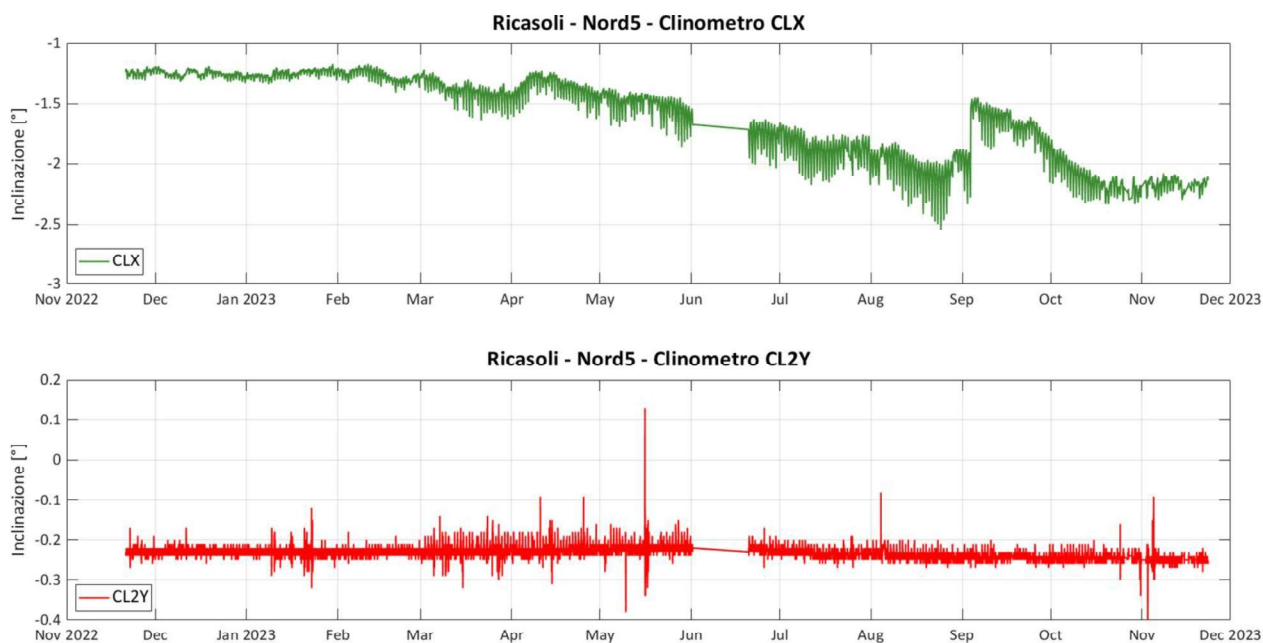


Figura 13 - Dati rilevati dai clinometri CLX e CL2Y del nodo Nord 5 nel periodo di osservazione.

### 3.2 Analisi dei dati inclinometrici

Per le letture inclinometriche (vedi ALLEGATO 1) è stata utilizzata una sonda biassiale spiralometrica digitale OTR modello OG320 con passo 0.5 m. La sensibilità dello strumento è di  $1/100^\circ$  per i due inclinometri e  $0.1^\circ$  per la bussola utilizzata come spiralometro (misura di verticalità dei tubi inclinometrici); il campo di misura è di  $\pm 50^\circ$  per gli inclinometri e di  $0^\circ-360^\circ$  per la bussola. Le misure sono state effettuate con passo di 0.5 m. Le letture, come da contratto, sono state eseguite dove ritenute significative in virtù sia dei dati della sensoristica WSN, sia delle evidenze e delle conoscenze geologiche dell'area di studio, in particolare a seguito del dissesto

verificatosi il 16 dicembre 2022 è stato ritenuto utile effettuare ulteriori misurazioni inclinometriche del tubo I17 posto appena a valle dell'area interessata dal dissesto stesso.

L'ubicazione dei tubi inclinometrici, attivi e non attivi, è riportata in Figura 2. In sostituzione dei tubi inclinometrici I4, I8 e I10 sono stati posizionati nel 2017 i tubi inclinometrici I4bis, I8bis e I10bis, poco distanti dai precedenti.

I nuovi tubi inclinometrici I4bis e I8bis sono al momento inutilizzabili a causa delle deformazioni subite.

- lo spostamento per sommatoria, ovvero lo spostamento cumulato tra la misura di riferimento (misura di zero) ed una generica misura successiva;
- lo spostamento per punti che rappresenta, per ogni livello di lettura, lo spostamento incrementale tra la misura di riferimento (misura di zero) ed una generica misura successiva.

Dall'analisi dei dati inclinometrici riportati in allegato emerge quanto di seguito descritto.

Relativamente al tubo I2, è stato rilevato uno spostamento differenziale di circa 2.2 mm ad una profondità di 1.5 m, in riferimento alle precedenti misure non si nota una accelerazione degli spostamenti. Per questo inclinometro non è stata ritenuta necessaria al momento un'ulteriore lettura.

L'inclinometro I3 mostra uno spostamento differenziale di circa 27 mm alla profondità di 3.5 m ed uno spostamento di ca. 2 mm alla profondità compresa tra 16 e 18 m; tali spostamenti risultano sostanzialmente inalterati rispetto alle misure precedenti (2015).

Il tubo I4 non risulta più utilizzabile dal 2018, la rottura del tubo è avvenuta ad una profondità di 17 m. In sostituzione di questo, è stato installato, poco distante dal precedente, il tubo inclinometrico I4bis e la prima misura è datata 30 agosto 2017. Il tubo in questione mostra uno spostamento differenziale di circa 4.7 mm ad una profondità di 18.5 m. Le ultime letture evidenziano che il tubo non è più utilizzabile a causa delle deformazioni in corrispondenza della superficie di scivolamento posta a 18.5m di profondità dal piano di campagna.

I dati relativi al tubo I5 risultano molto rumorosi; sono però visibili delle deformazioni nella porzione sommitale, sostanzialmente invariate rispetto alle misure del 2015, anche se non risulta individuabile una ben definita zona di movimento. Per questo inclinometro non è stata ritenuta necessaria al momento un'ulteriore lettura.

L'inclinometro I8 non risulta più utilizzabile dal 2014, quando è stato interrotto alla profondità di 13.5 m. In sua sostituzione, è stato installato, poco distante dal precedente, il tubo I8bis e la prima misura è datata 30 agosto 2017. Il tubo in questione mostra uno spostamento differenziale di circa 2.1 mm ad una profondità di 13.5 m. Le ultime letture evidenziano che il tubo non è più utilizzabile a causa delle deformazioni in corrispondenza della superficie di scivolamento posta a 18.5 m di profondità dal piano di campagna.

L'inclinometro I9 è stato tagliato nella porzione superiore come conseguenza dei lavori di sistemazione del versante realizzati nel 2013-2014; i dati mostrano uno spostamento di circa 5 mm intorno alla profondità di 6.5 m, in leggero aumento rispetto alle misure del 2015.

Per quanto riguarda l'inclinometro I10bis, posizionato in sostituzione del tubo I10 non più attivo dal 2011, non si osservano spostamenti sostanziali nell'arco di tempo che va dalla misura zero (30 agosto 2017) al 25 ottobre 2022 ad eccezione di lievi deformazioni nei primi 2 metri a partire dal piano di campagna.

L'inclinometro I13 mostra uno spostamento differenziale di ca. 2 mm alla profondità di 2 m; tale spostamento risulta sostanzialmente inalterato rispetto alle misure precedenti.

I dati relativi al tubo I14 risultano molto rumorosi soprattutto nel tratto più superficiale, si evidenzia uno spostamento di lieve entità (ca. 1 mm) ad una profondità di ca. 18.5 m.

Anche il tubo I15 mostra dati rumorosi e non si osservano spostamenti sostanziali nel periodo considerato.

L'inclinometro I16 mostra una deriva sui dati cumulati a partire da 35 m per uno spostamento totale in superficie di ca. 10 mm. I dati di spostamento puntuale, tuttavia, suggeriscono l'assenza di movimenti imputabili a possibili superfici di scivolamento.

I dati relativi al tubo I17 mostrano a partire dalla lettura di aprile 2022 un evidente spostamento alla profondità di ca. 15 m. La lettura del 20 settembre del 2022 ha confermato la presenza di movimenti a suddetta profondità (ca. 15 mm).

In virtù di quanto sopra è stato ritenuto opportuno effettuare una ulteriore misura nel corso del 2023. La misura effettuata il 22 settembre 2023 mostra il perdurare degli spostamenti con velocità pressoché analoghe alla profondità di 15 m. I dati evidenziano uno spostamento totale di 19 mm a tale profondità.

## 4 Conclusioni

Le condizioni di instabilità dei versanti che delimitano l'abitato di Ricasoli sono note e sono state oggetto di studio nell'ambito di precedenti convenzioni ed accordi stipulati fra il Comune di Montevarchi (AR) e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze (DST-UNIFI).

L'accordo in essere, stipulato tra il Comune di Montevarchi ed il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI), è mirato al mantenimento dell'attività di monitoraggio dei fenomeni di dissesto attraverso la rete di sensori *wireless* integrata nel tempo, attualmente costituita da 11 estensimetri a barra, 5 clinometri, 2 celle di carico e una stazione meteo. Tale rete di monitoraggio in tempo reale è accompagnata da una rete di monitoraggio degli spostamenti profondi composta da 16 tubi inclinometrici, di cui 5 ormai non più utilizzabili per eccessive deformazioni. Nel marzo 2022 la rete di sensori preesistente è stata ampliata aggiungendo due nuovi nodi connessi a delle celle di carico poste sulla palificata realizzata nella porzione Sud del promontorio e sono stati riposizionati alcuni dei sensori in aree ritenute più significative; inoltre, è stata effettuata una completa manutenzione per tutta la rete WSN.

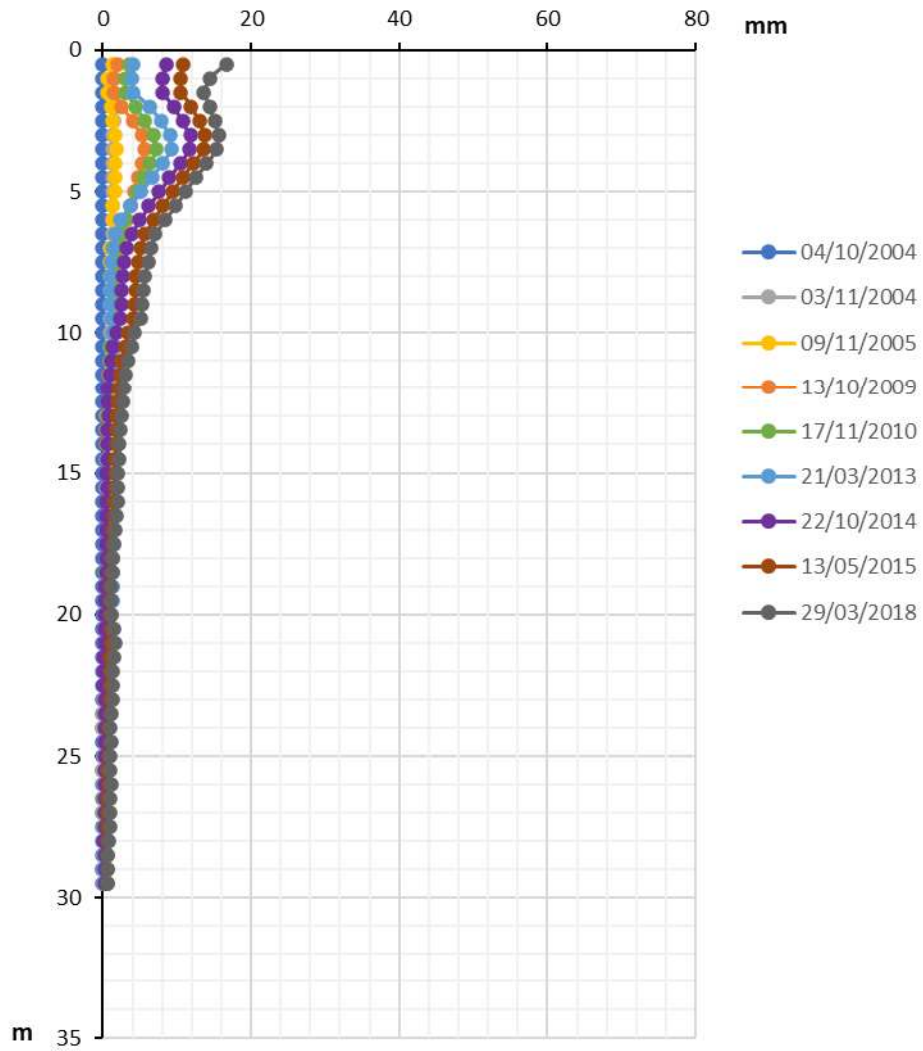
I dati acquisiti dalla rete WSN nel periodo di osservazione non sembrano indicare la presenza di movimenti rilevanti sugli edifici monitorati, visto l'assenza di *trend* di deformazioni significativi per ciascuno dei sensori.

Relativamente al monitoraggio inclinometrico si sottolinea come sul settore Nord perduri l'attività della frana a valle dell'abitato che ha portato al danneggiamento dei tubi inclinometrici I4bis e I8bis. La superficie di scivolamento intercettata alle profondità rispettivamente di 18.5 m e 13.5 m evidenzia velocità medie di spostamento di ca. 0.5 mm/anno. Per il proseguo dell'attività di monitoraggio su questi inclinometri, data l'impossibilità di effettuare letture manuali se non tramite la realizzazione di due nuovi tubi, si suggerisce di attrezzare i fori presenti, se possibile, con sensori posizionati alla profondità di interesse e connessi alla rete WSN attualmente presente sull'abitato. Nel settore Sud si sottolineano il perdurare con velocità praticamente costante degli spostamenti registrati dall'inclinometro I17, spostamenti che al settembre del 2023 hanno raggiunto un valore di ca. 19 mm alla profondità di 15 m. Si sottolinea che tale inclinometro non aveva mostrato movimenti fino alla misura del 24/01/2018 compresa, quindi l'inizio delle deformazioni è individuabile nel periodo compreso tra il 24/01/2018 e il 13/04/2022.

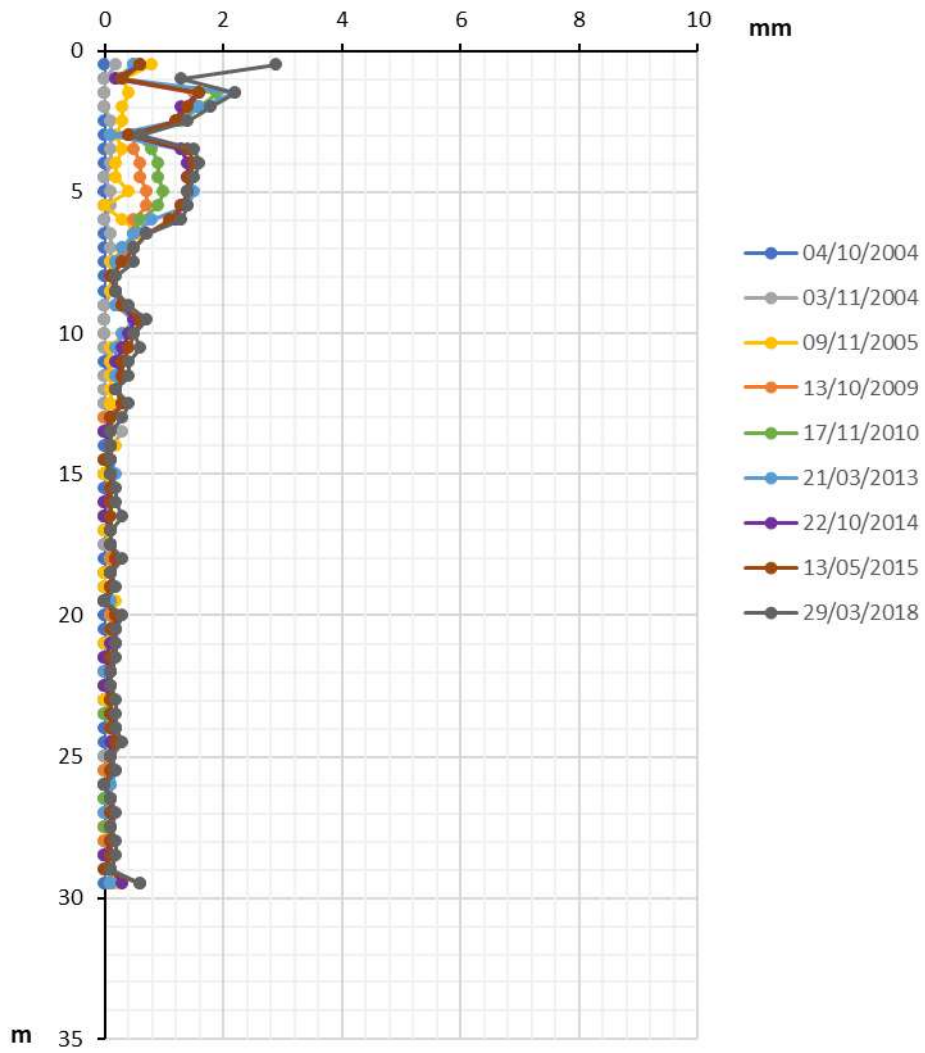
## ALLEGATO 1



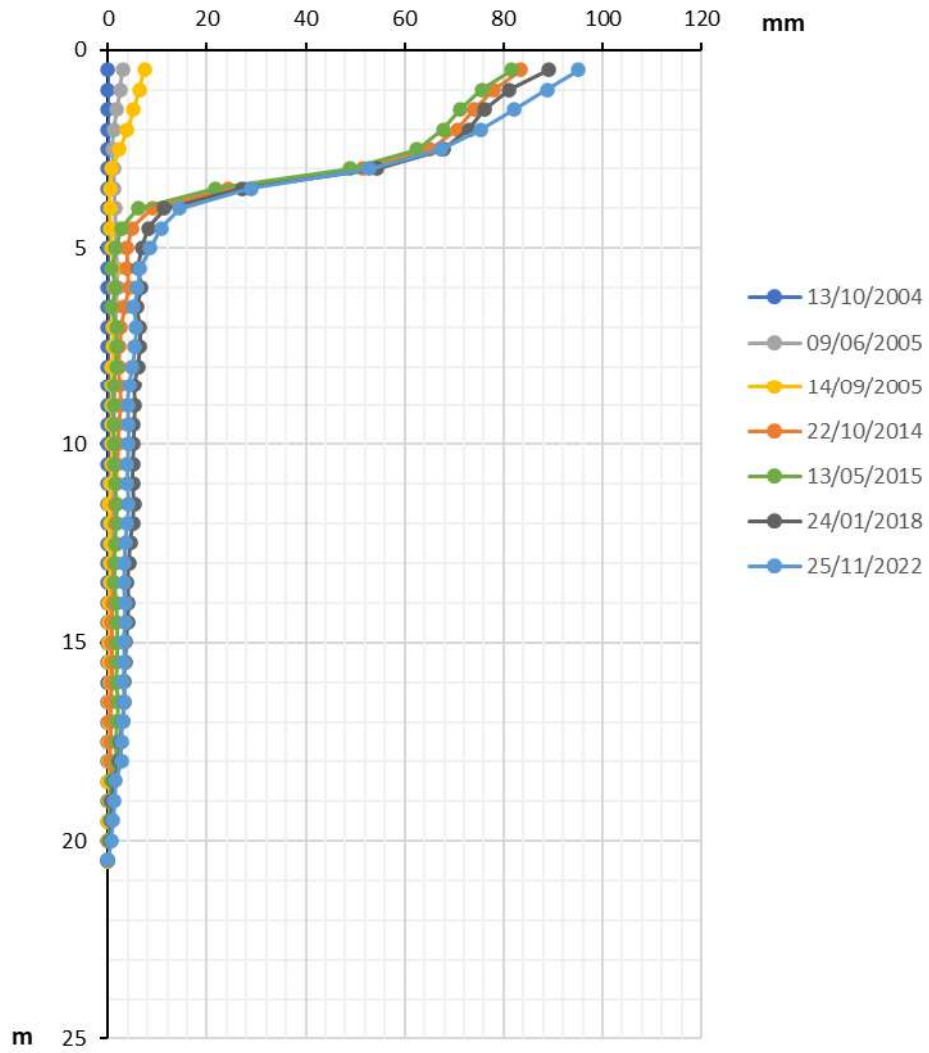
## Spostamenti cumulati - I2



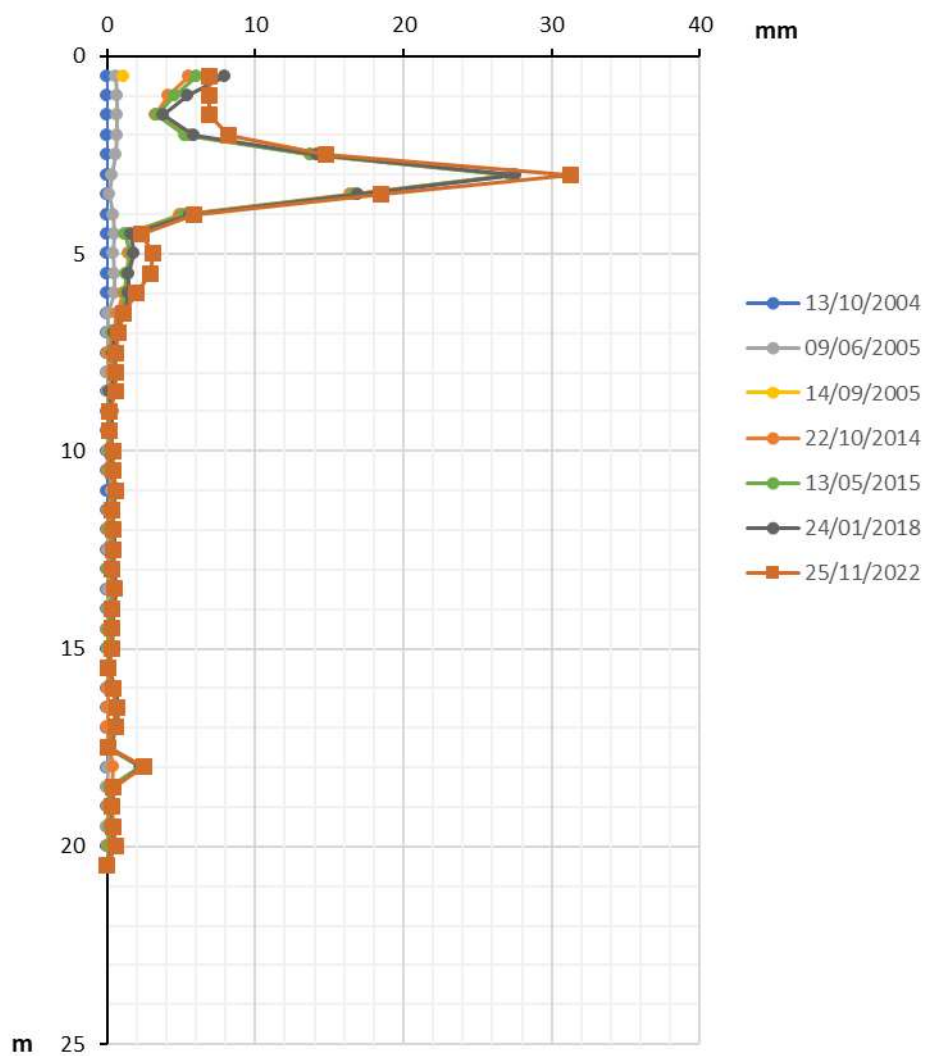
## Spostamenti puntuali - I2



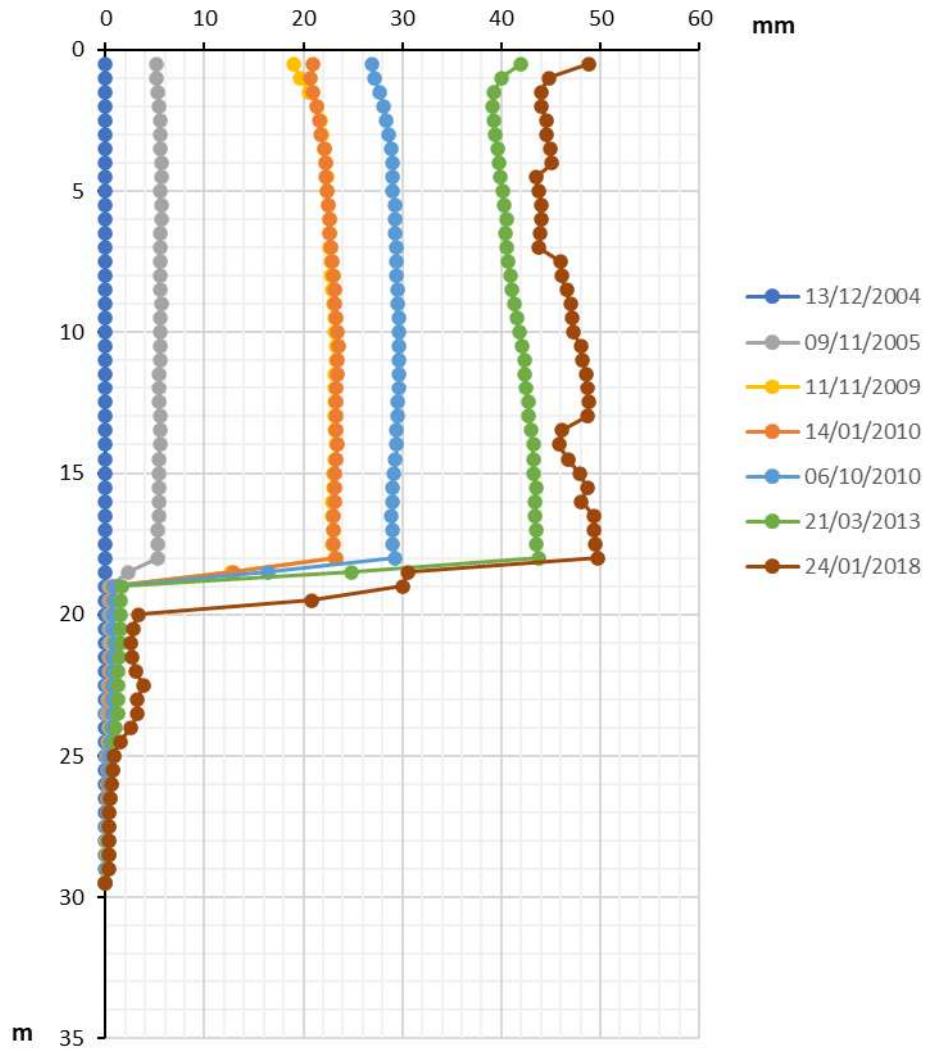
# Spostamenti cumulati - I3



## Spostamenti puntuali - I3

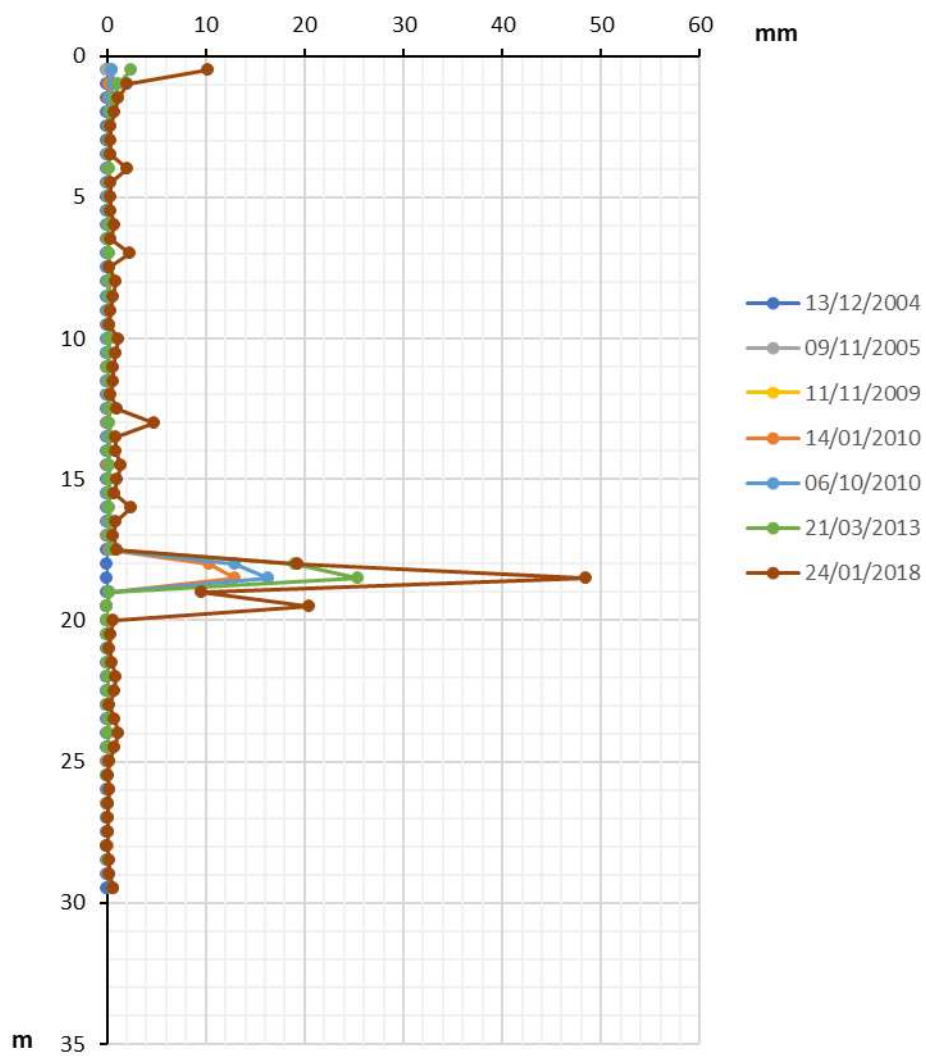


# Spostamenti cumulati - I4

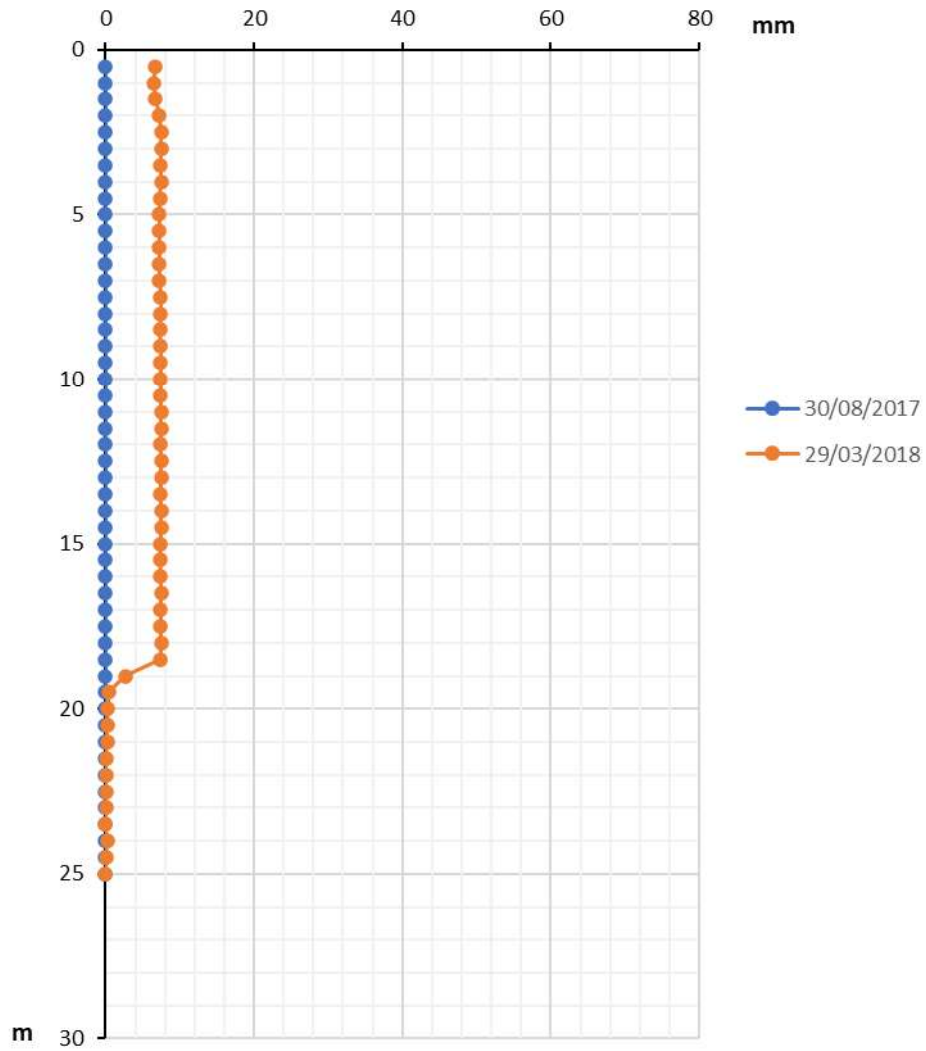




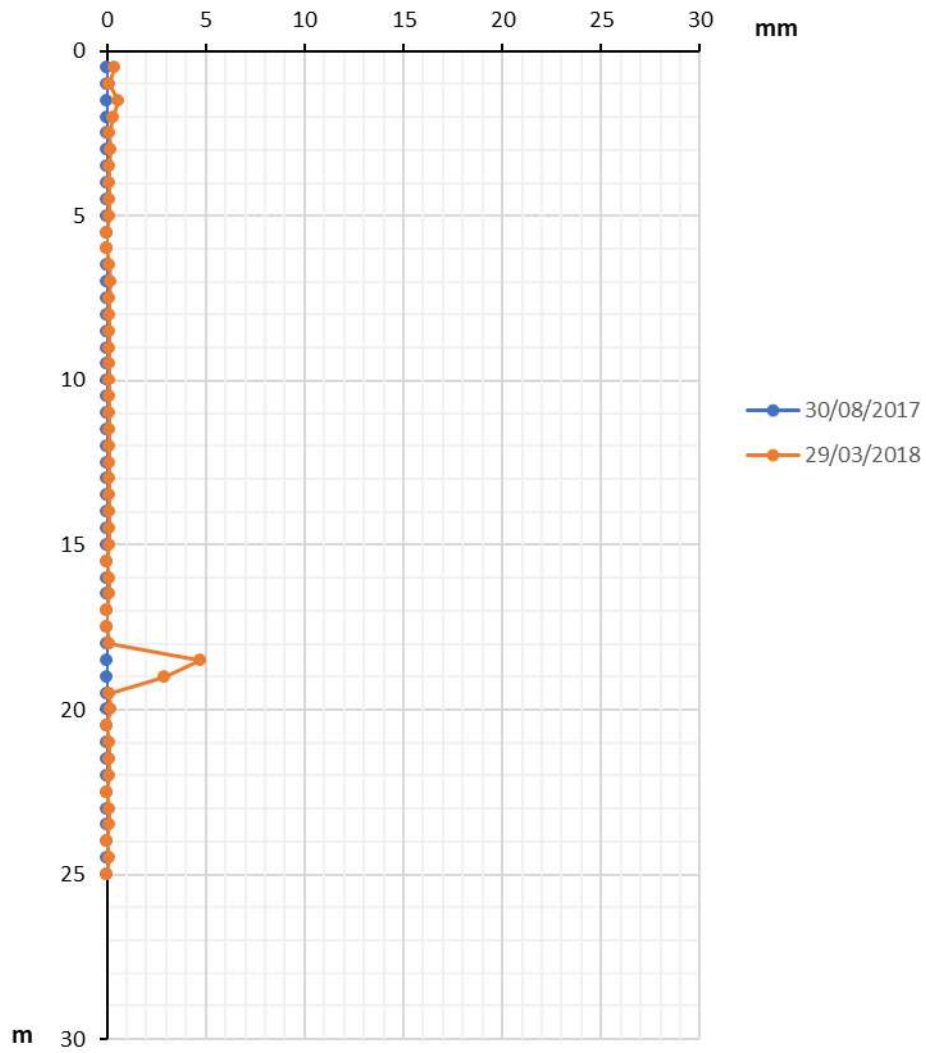
## Spostamenti puntuali - I4



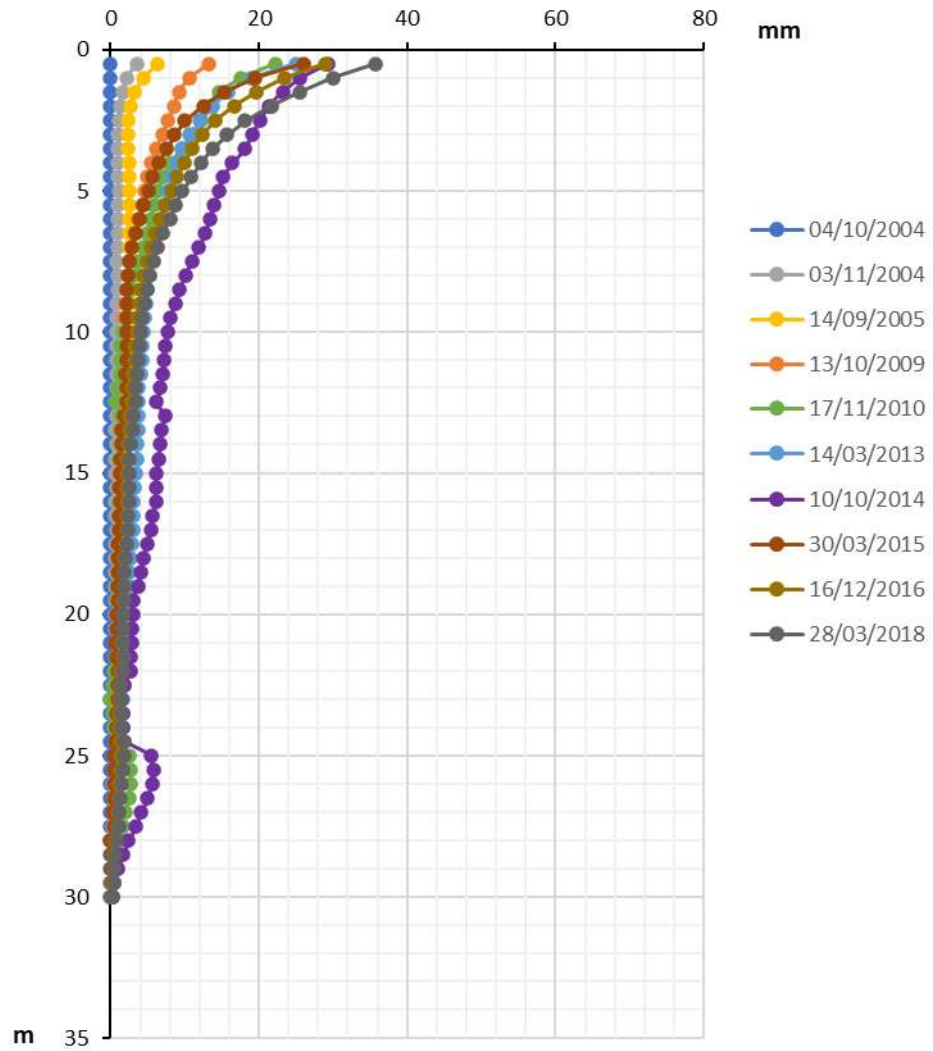
# Spostamenti cumulati - I4bis



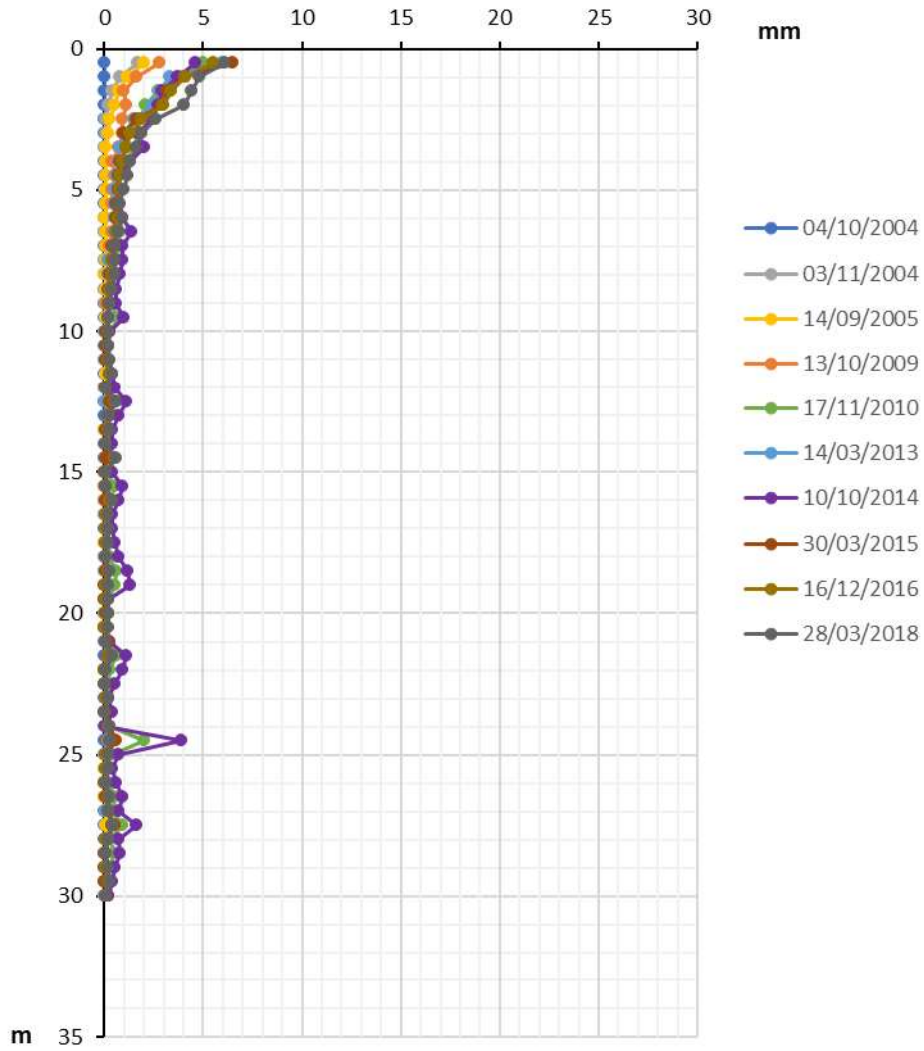
## Spostamenti puntuali - I4bis



## Spostamenti cumulati - I5

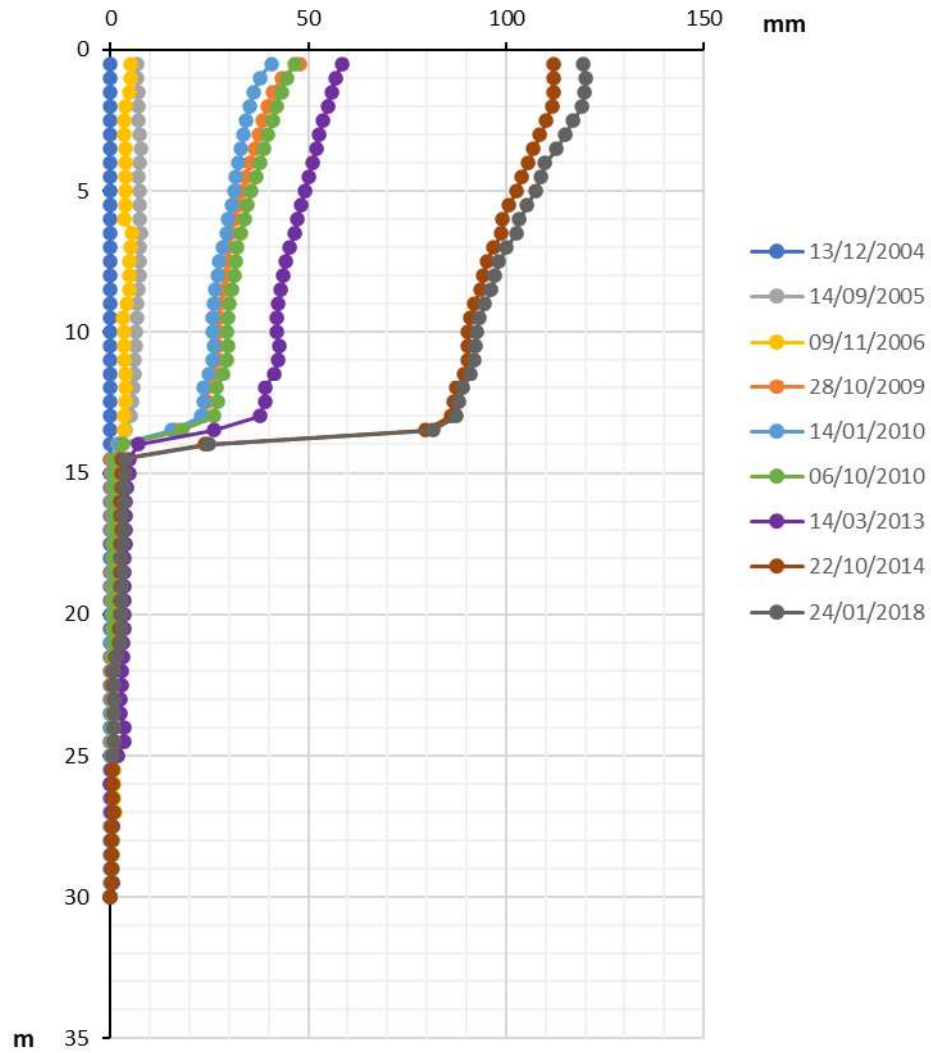


## Spostamenti puntuali - I5

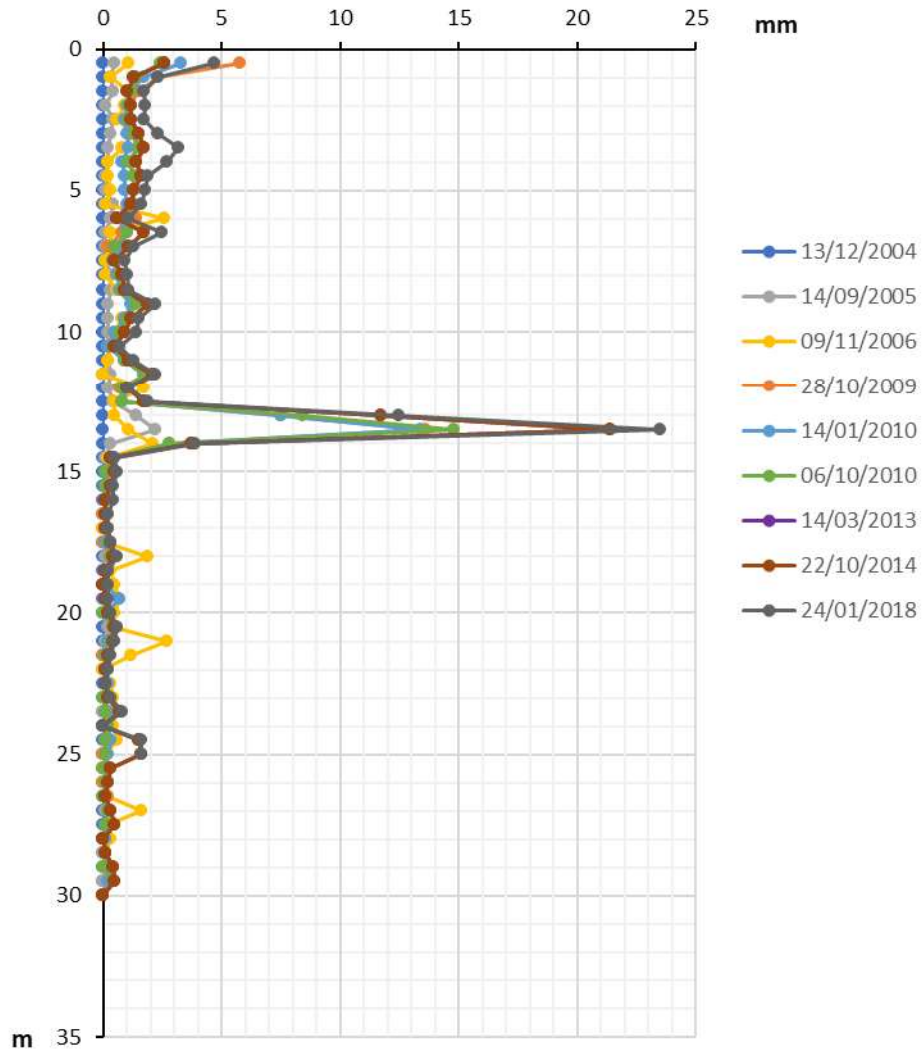




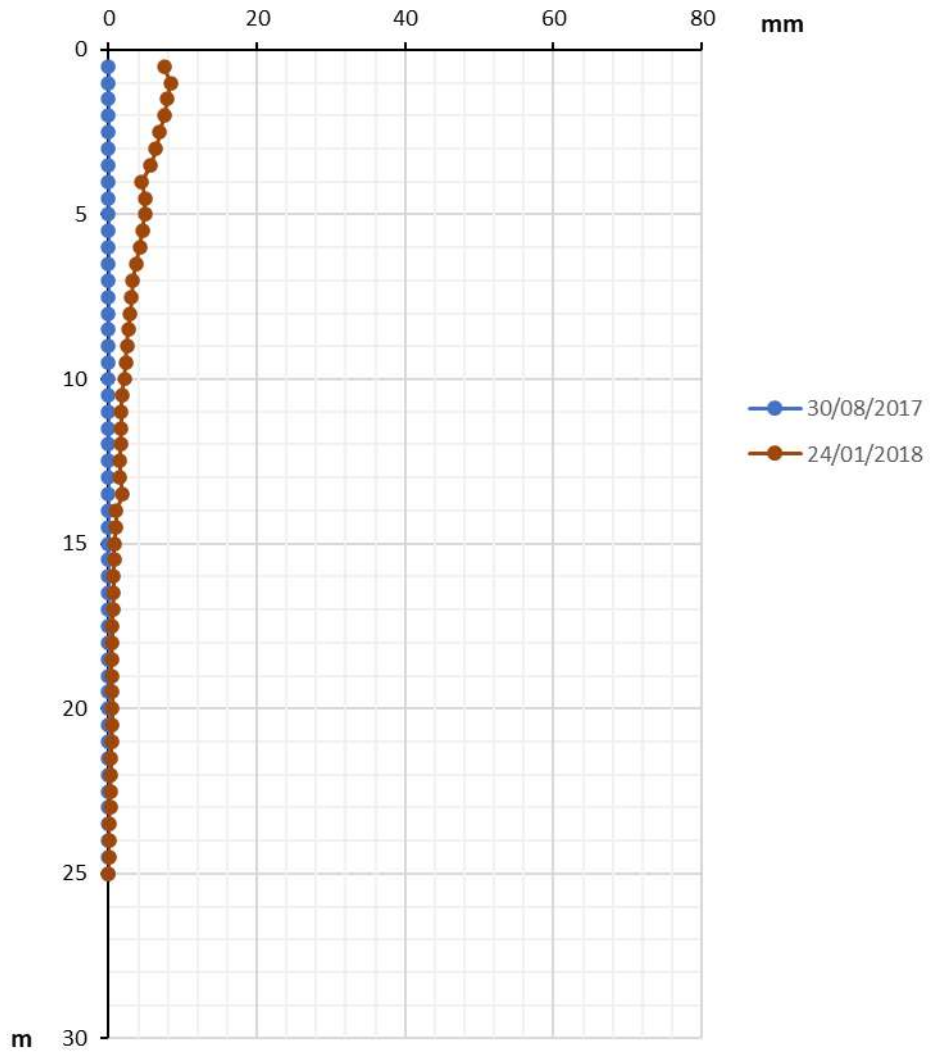
## Spostamenti cumulati - I8



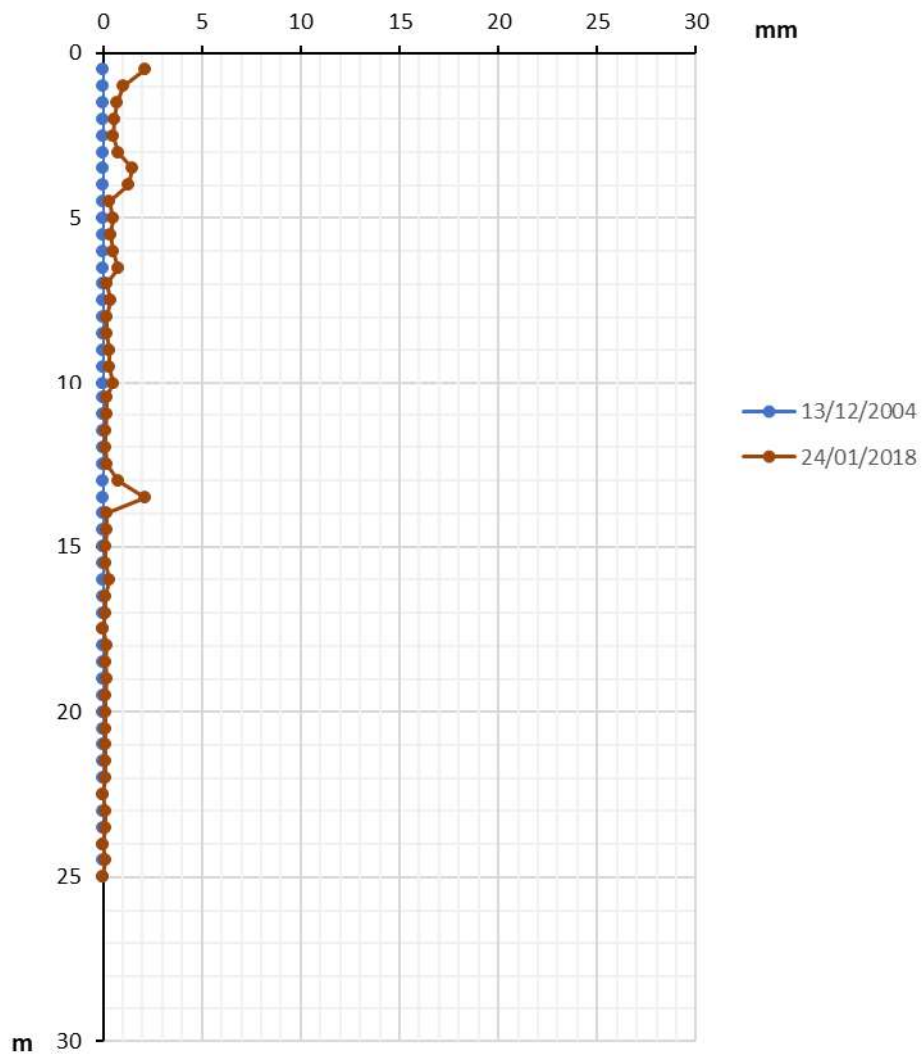
## Spostamenti puntuali - I8



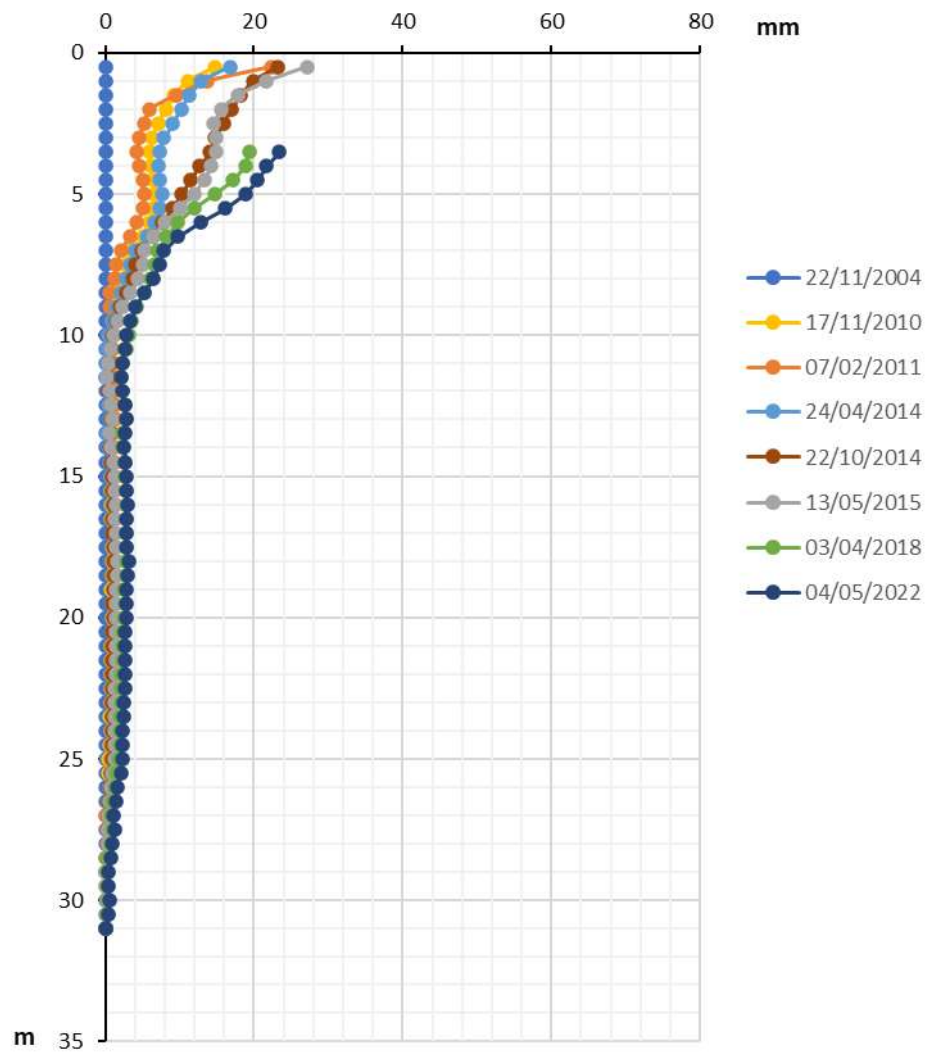
# Spostamenti cumulati - I8bis



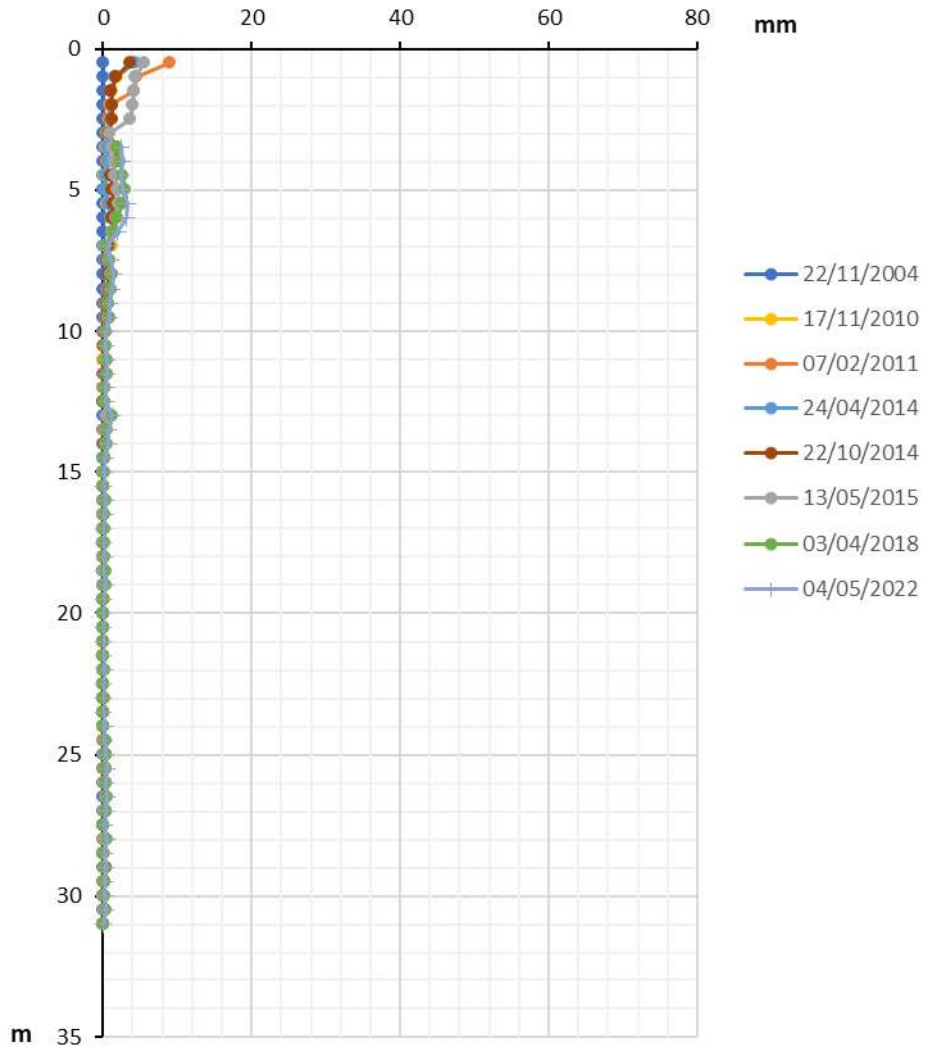
## Spostamenti puntuali - I8bis



## Spostamenti cumulati - I9

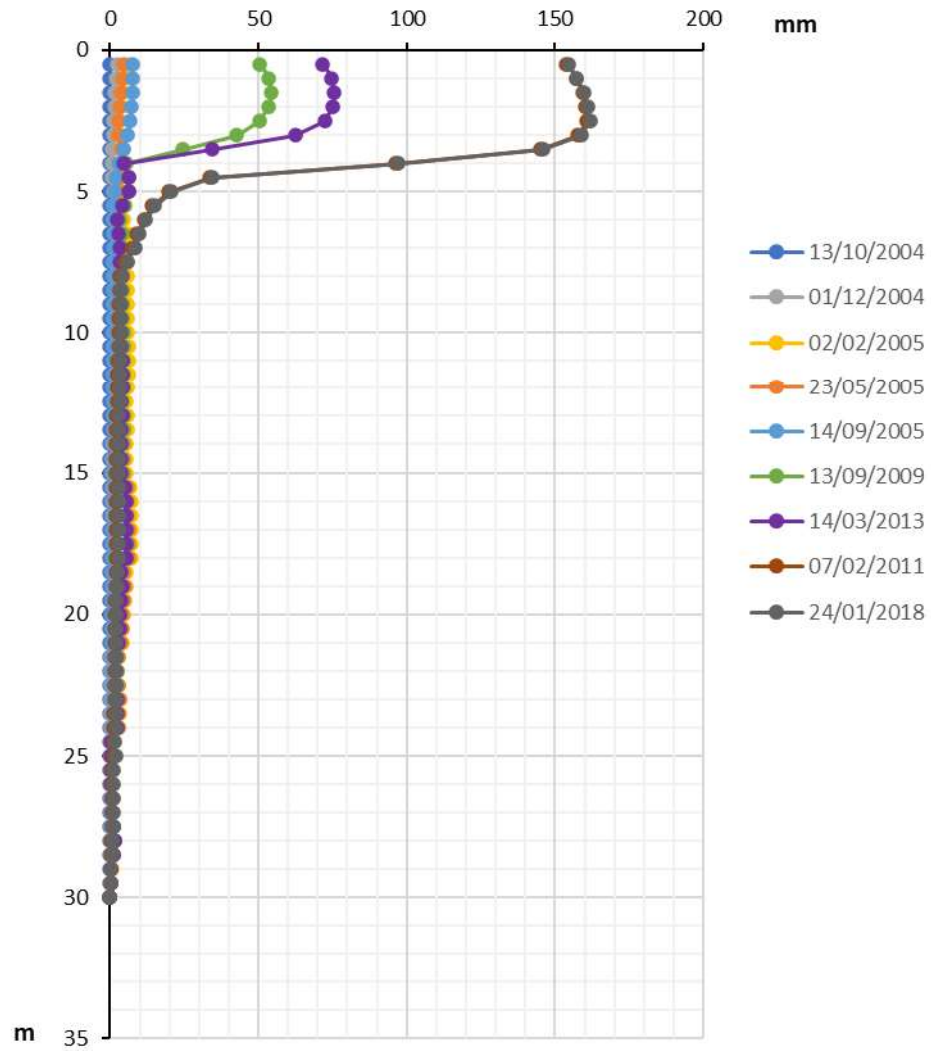


## Spostamenti puntuali - I9

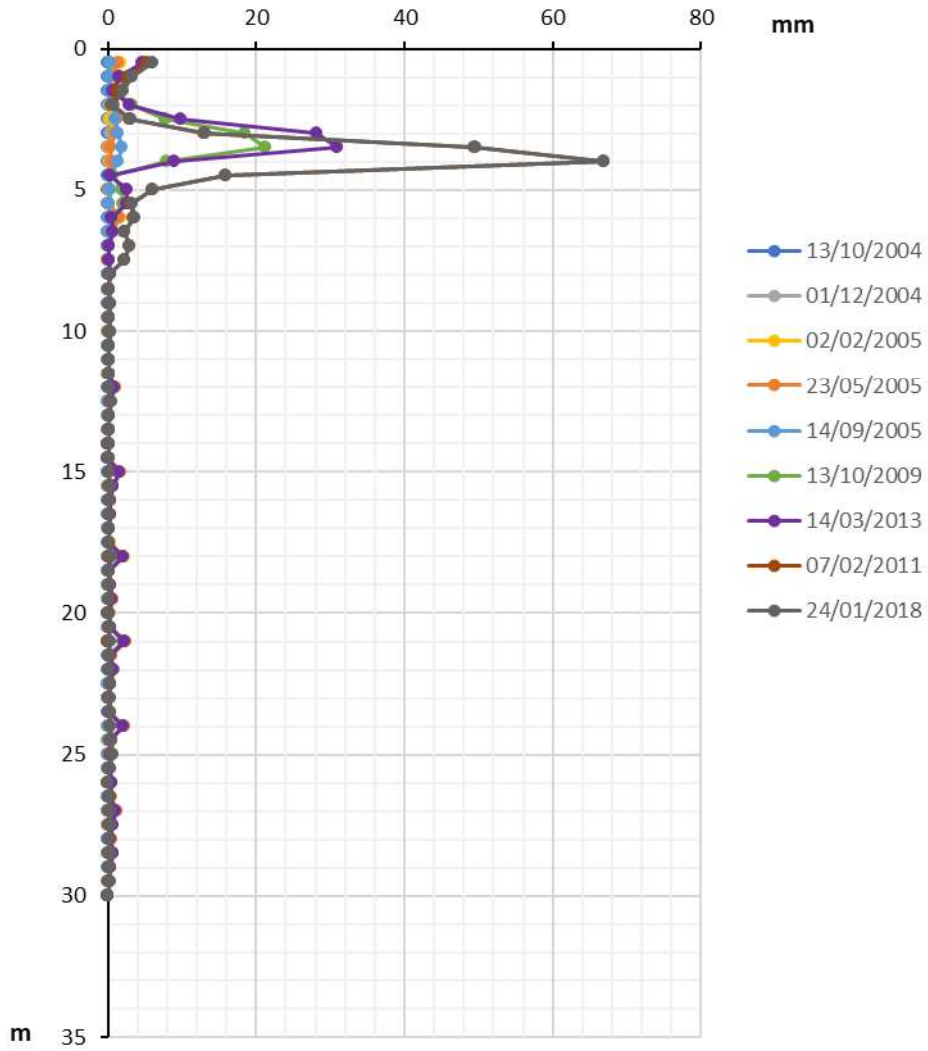




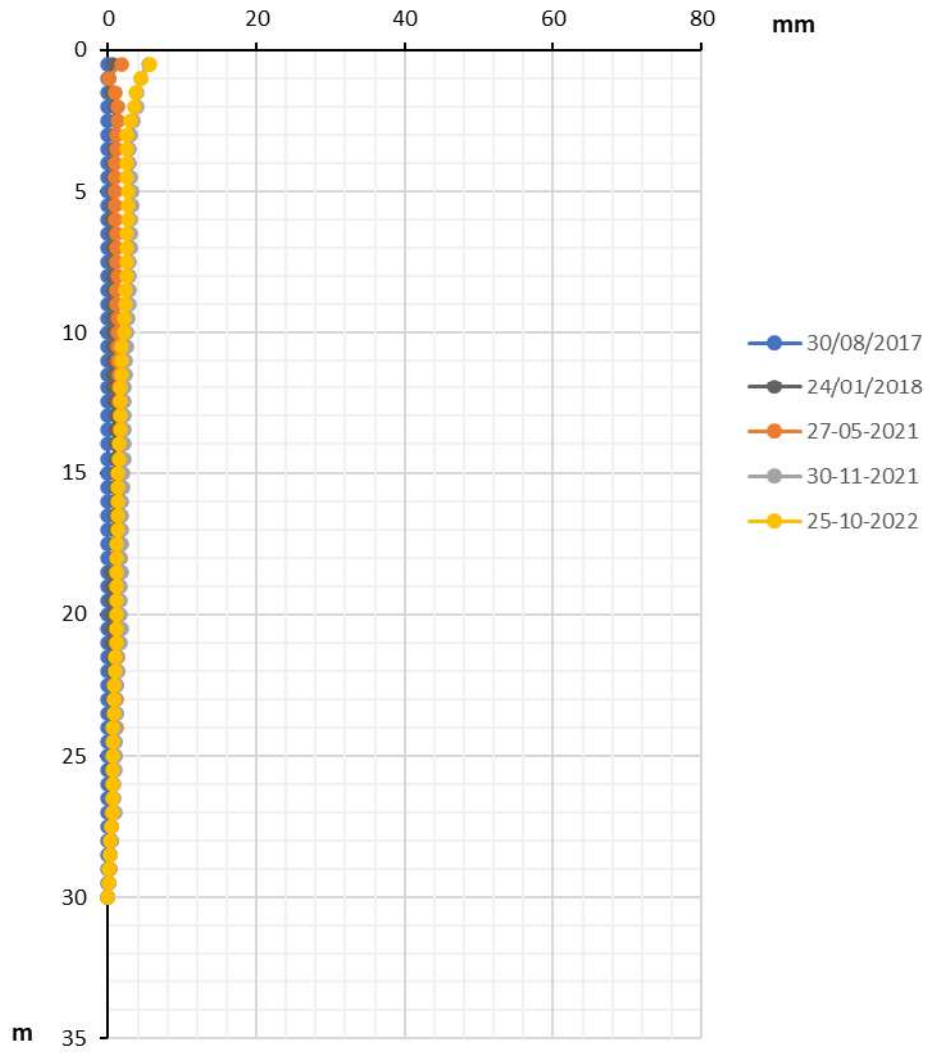
# Spostamenti cumulati - I10



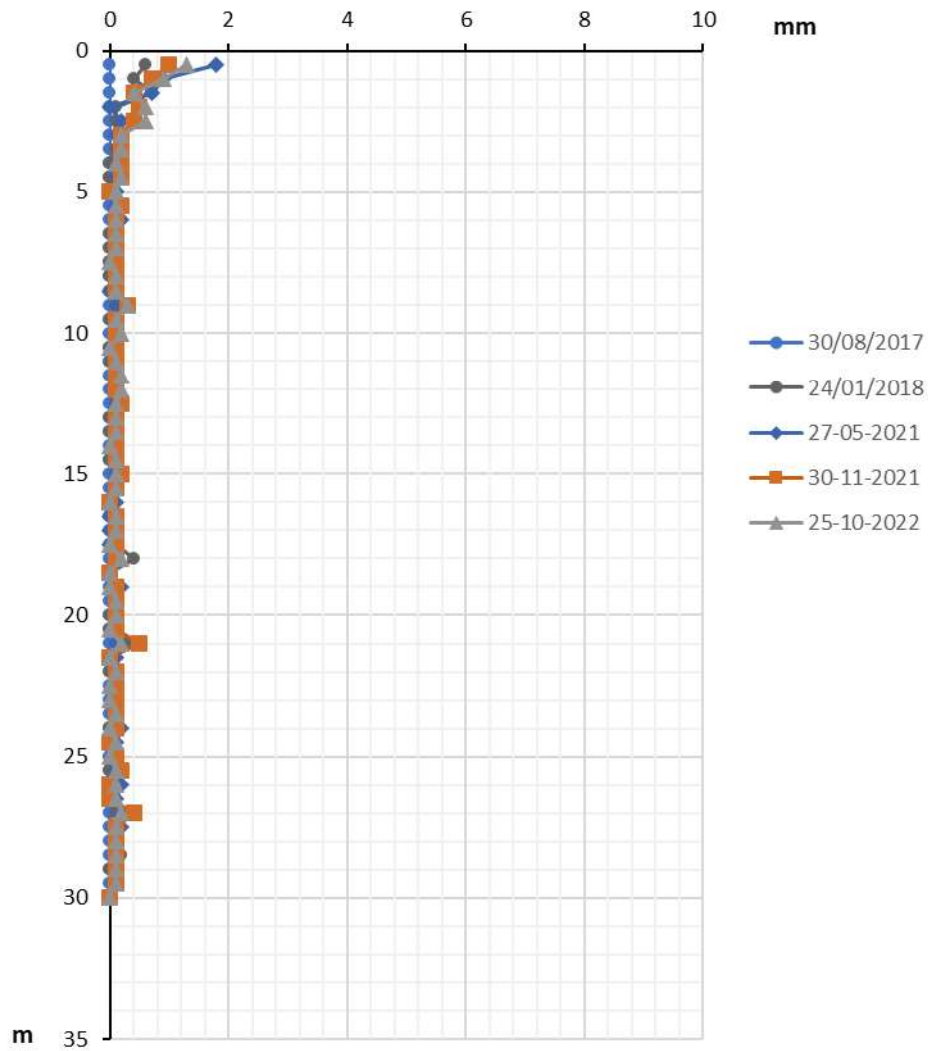
# Spostamenti puntuali - I10



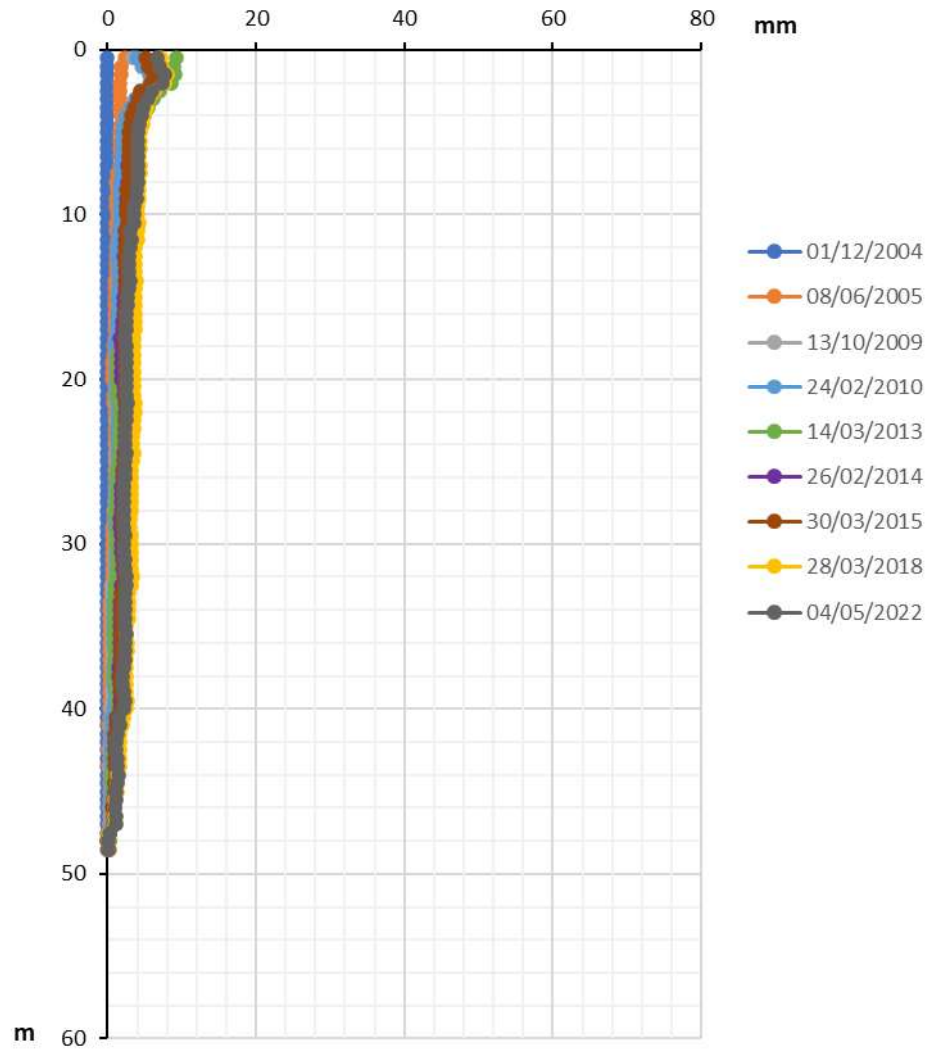
# Spostamenti cumulati - I10bis



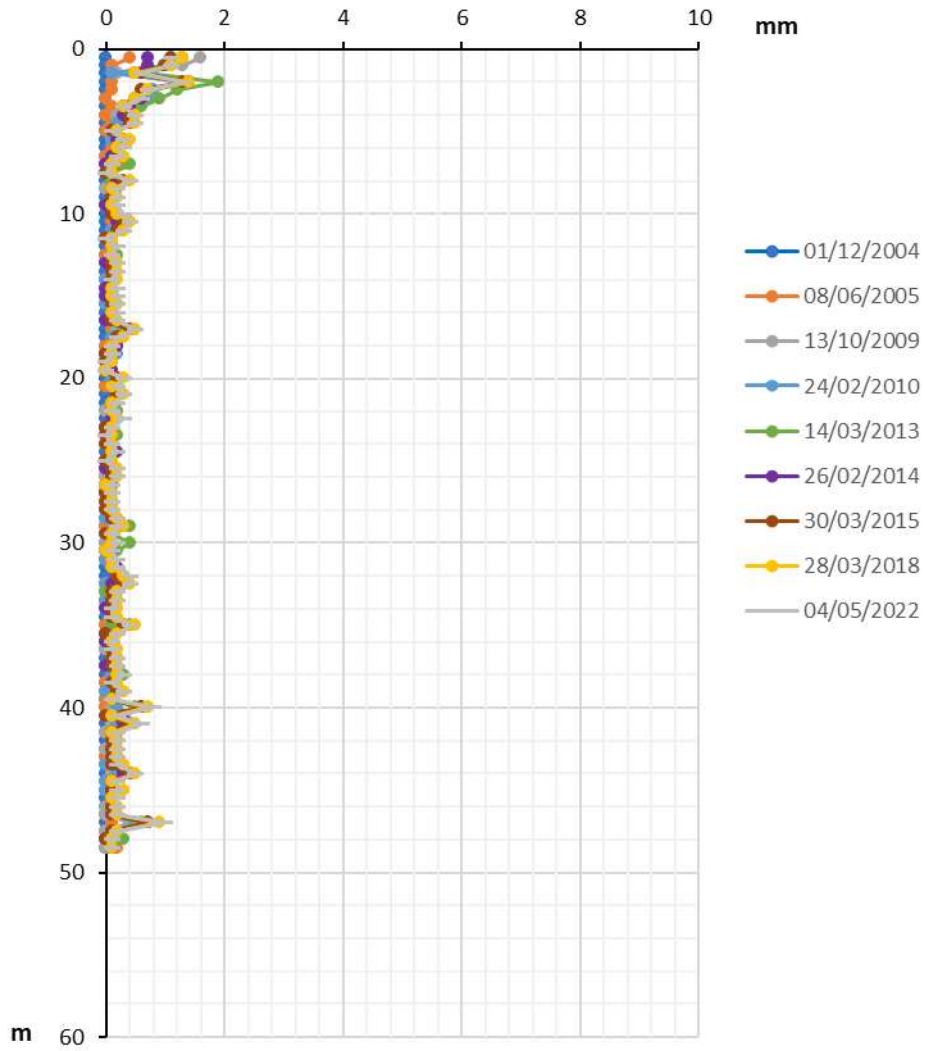
## Spostamenti puntuali - I10bis



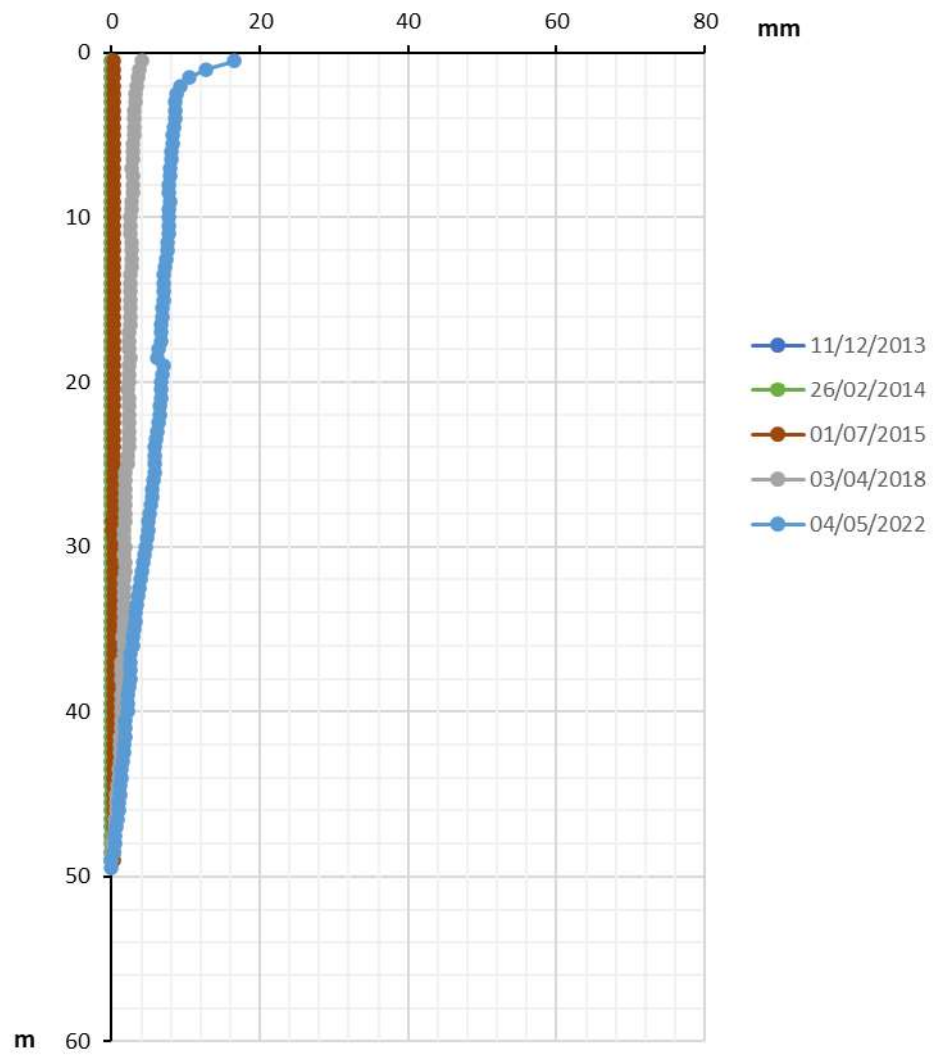
## Spostamenti cumulati - I13



## Spostamenti puntuali - I13

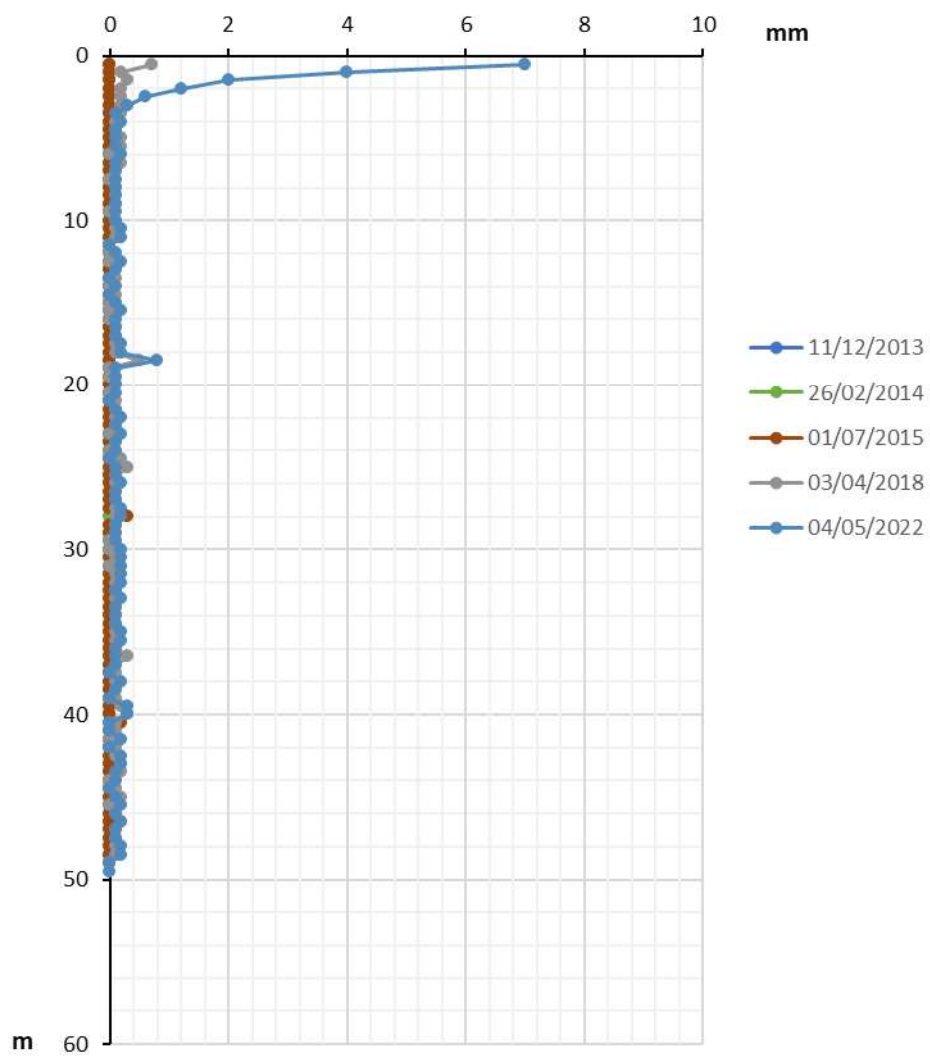


## Spostamenti cumulati - I14

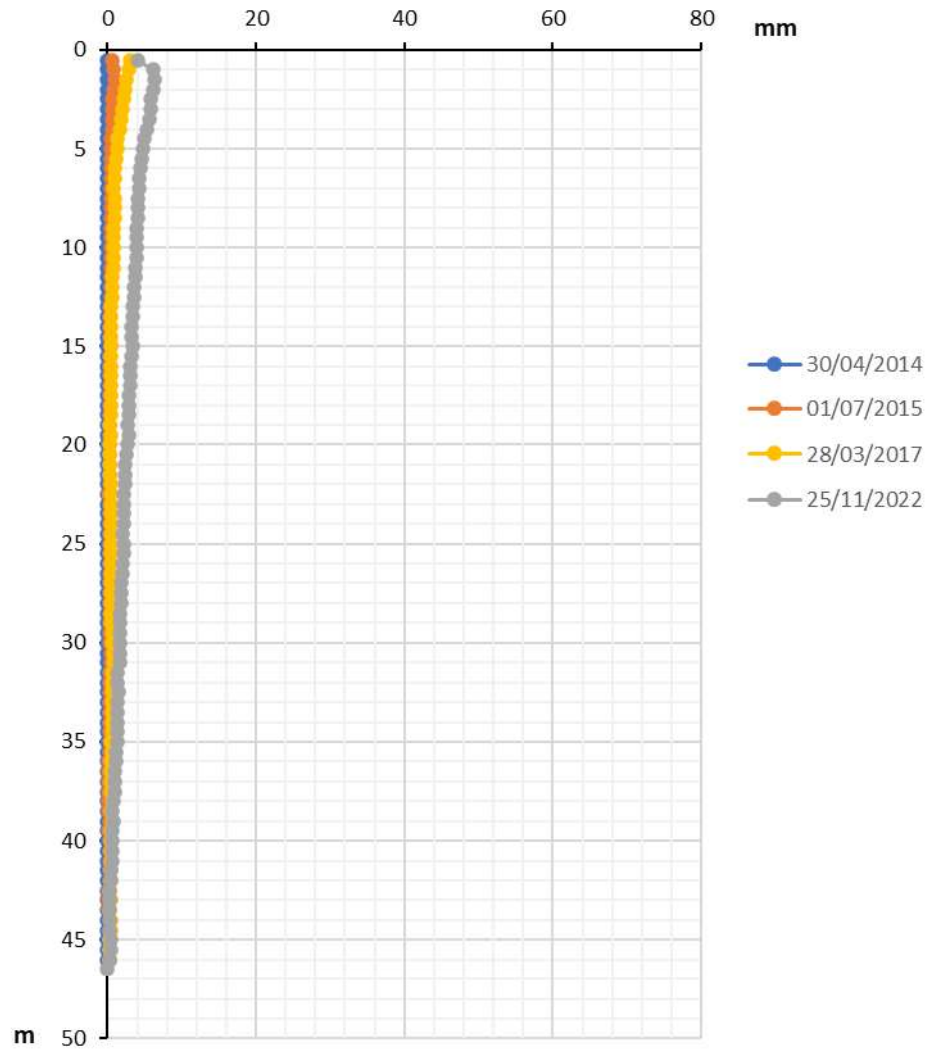




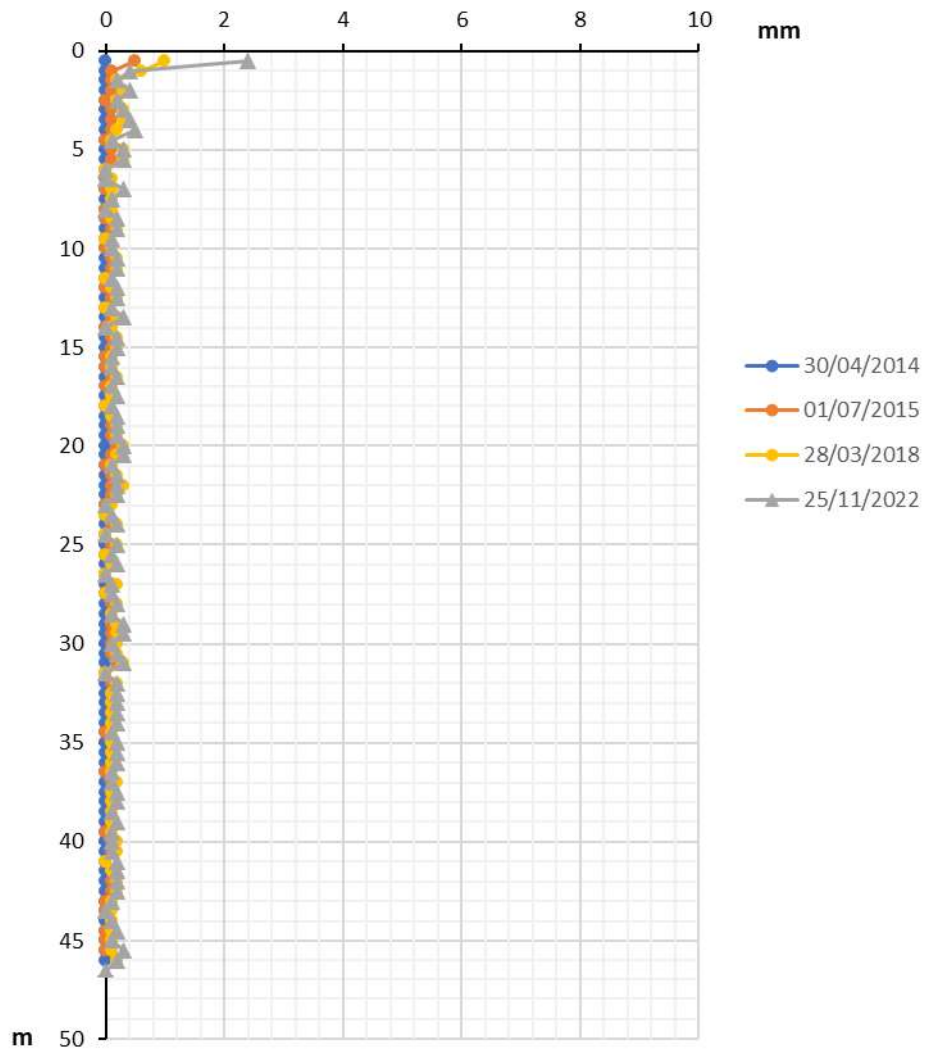
## Spostamenti puntuali - I14



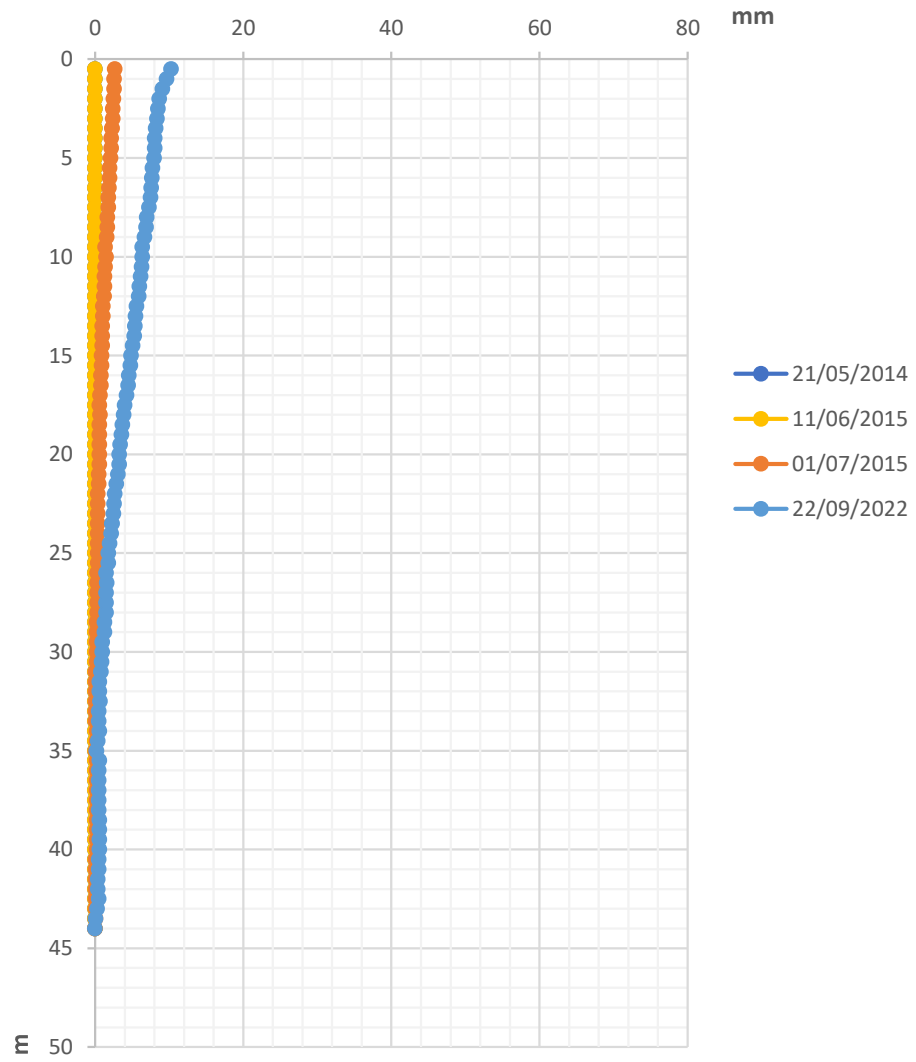
## Spostamenti cumulati - I15



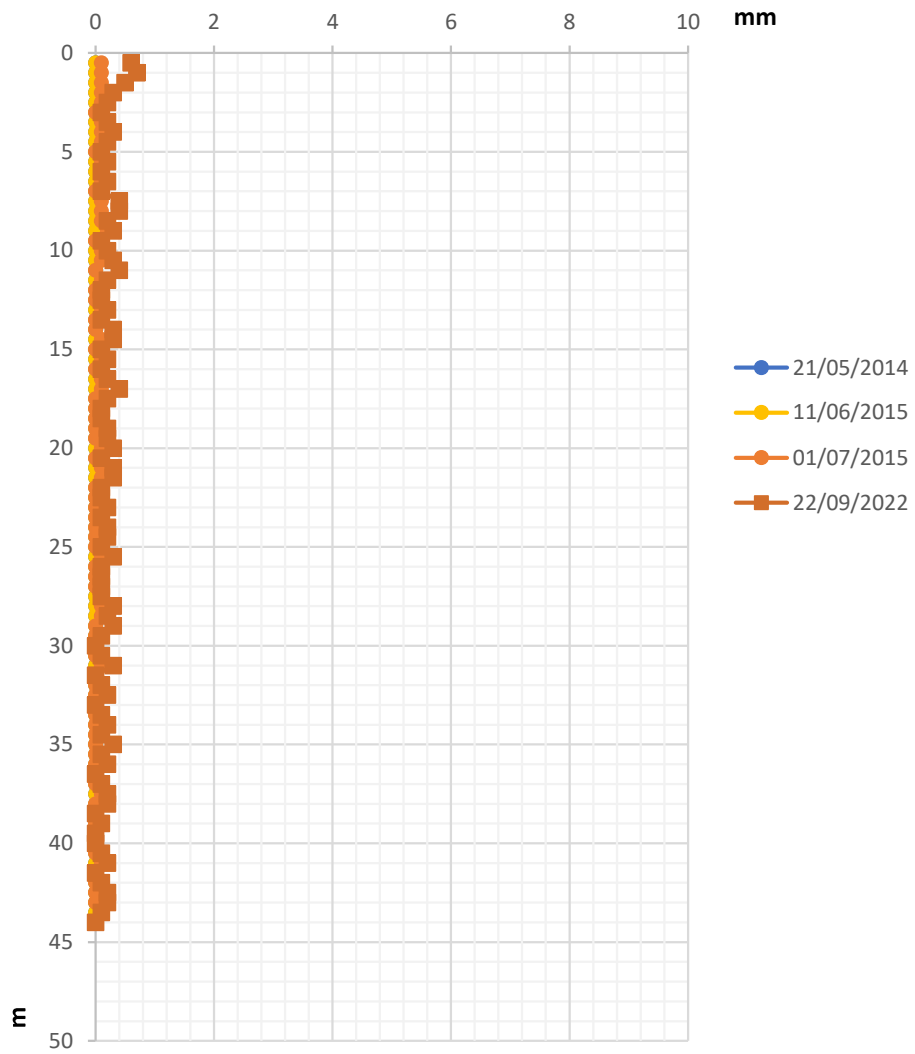
# Spostamenti puntuali - I15



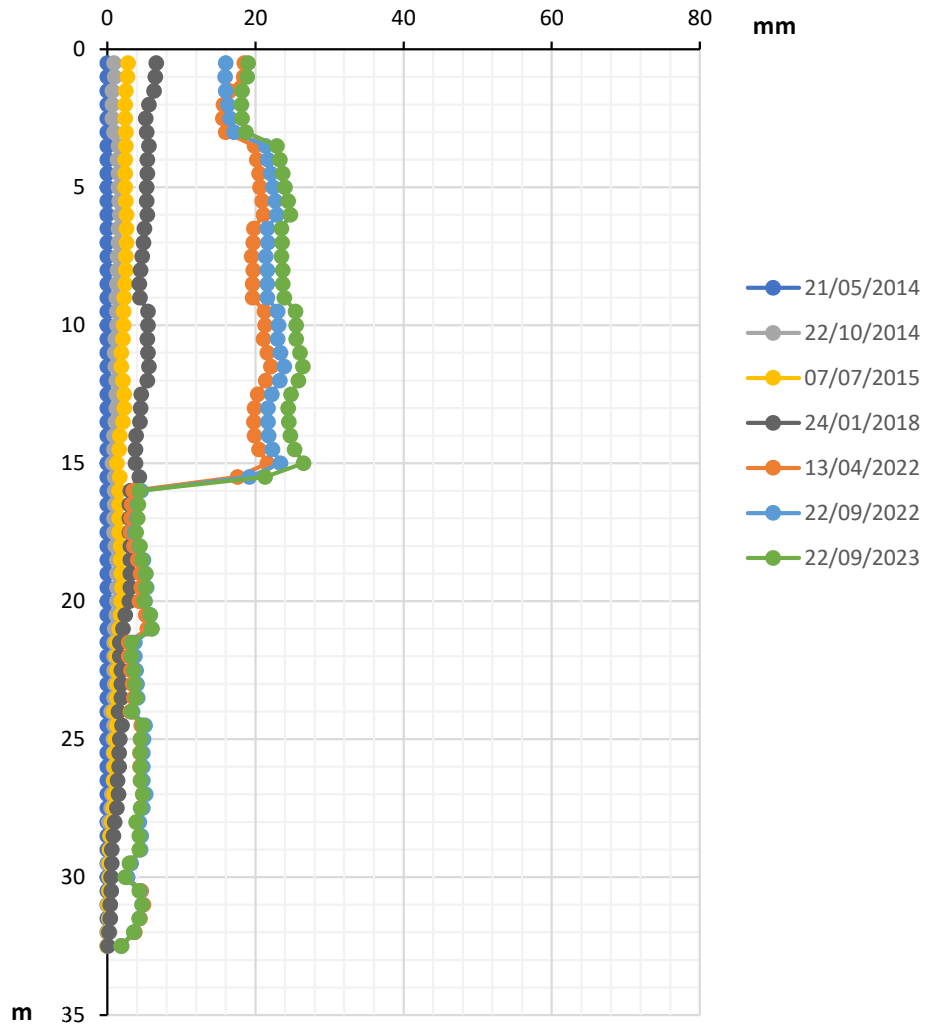
# Spostamenti cumulati - I16



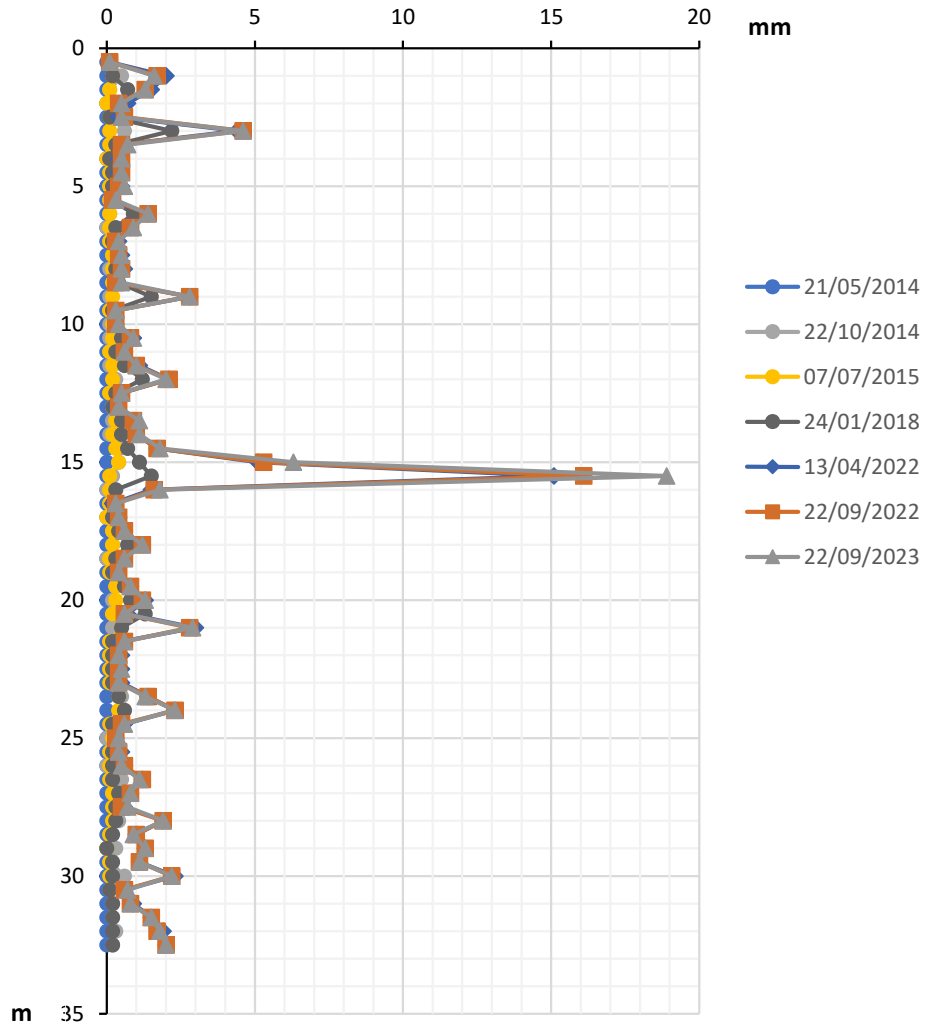
## Spostamenti puntuali - I16



# Spostamenti cumulati - I17



# Spostamenti puntuali - I17





## ALLEGATO 2



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

CENTRO PER LA PROTEZIONE CIVILE

Al Comune di Montevarchi  
Ufficio Ambiente  
3° Settore – Lavori Pubblici e Ambiente  
Palazzo Martini – Via Roma, 91  
Montevarchi

**Oggetto:** Resoconto del sopralluogo eseguito il giorno 16/12/2022 dal personale del Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze presso l'abitato di Ricasoli, Montevarchi (AR).

Il giorno venerdì 16 dicembre 2022, il personale del Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze ha eseguito un sopralluogo presso l'abitato di Ricasoli, a seguito del verificarsi di un fenomeno franoso innescato dalle piogge occorse nei giorni 15-16 dicembre.

Tale fenomeno interessa un'area di limitata estensione alla base della scarpata sud della collina su cui sorge il centro abitato (Figura 1).



**Figura 1 - Frana sul versante sud dell'abitato di Ricasoli, che ha coinvolto una porzione delle opere di sistemazione del versante.**

Nel dettaglio, la frana ha coinvolto un tratto di circa 6 metri delle opere di sistemazione del versante, costituite da gradonature ottenute mediante messa in posto di scogliere in roccia.

Nell'occasione alcuni blocchi litici sono stati coinvolti in un movimento rototraslativo, evoluto in colata, il cui accumulo ha interessato la parte sottostante del terreno coltivato a oliveto (Figura 2).



**Figura 2 - Visione frontale della porzione del versante sud della collina di Ricasoli interessata dal movimento franoso. Si nota in primo piano l'accumulo della frana sul terreno agricolo sottostante.**

Inoltre, procedendo lungo la scogliera in direzione ovest sono state rinvenute alcune fratture nel terreno che indicano movimento incipiente di ulteriori settori della gradonatura. Per questa ragione non possono essere esclusi ulteriori cedimenti dell'opera, qualora le precipitazioni dovessero perdurare ulteriormente. Si ritiene che tale dissesto abbia interessato unicamente la coltre di materiale di riporto della gradonatura sostenuto della scogliera in roccia, che, a seguito delle piogge, ha raggiunto condizioni di saturazione, provocando il cedimento.

Si ritiene comunque che, data l'assenza di movimenti significativi sui dati acquisiti dalla rete di monitoraggio, i fenomeni osservati non interessino le abitazioni situate in prossimità della scarpata sud del paese. Si esclude, altresì, ogni possibile corrispondenza tra i fenomeni osservati nel corso del sopralluogo ed eventuali attivazioni dei fenomeni franosi profondi, già oggetto di monitoraggio.

Il Centro per la Protezione Civile continuerà nei prossimi giorni a monitorare la situazione, fornendo, se necessario, eventuali aggiornamenti in merito.

Cordiali Saluti

Il Presidente  
Prof. Nicola Casagli

