

RAPPORTO SBU01

INSTALLAZIONE DI UNA CATENA INCLINOMETRICA NEL COMUNE DI SAN BENEDETTO ULLANO (CS)

MAGGIO 2022

CAMILab
Università della Calabria




Lab. di
Cartografia
Ambientale e
Modellistica Idrogeologica
UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



Comune di
San Benedetto
Ullano



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING

Sistema
Integrato di
Laboratori per
l'Ambiente



INSTALLAZIONE DI UNA CATENA INCLINOMETRICA NEL COMUNE DI SAN BENEDETTO ULLANO (CS)

Premessa

Nell'ambito del progetto SILA (Sistema Integrato di Laboratori per l'Ambiente), il Laboratorio CAMILab (Cartografia Ambientale e Modellistica Idrologica) ha installato una catena inclinometrica nel territorio del Comune di San Benedetto Ullano (CS). La strumentazione ha l'obiettivo di monitorare una frana lenta che interessa gran parte del centro abitato del Comune.

Individuazione del punto di installazione

La catena inclinometrica è stata installata nel Comune di Rota Greca (CS), in via Squillo, nei pressi della chiesa di San Rocco. (Figura 1).

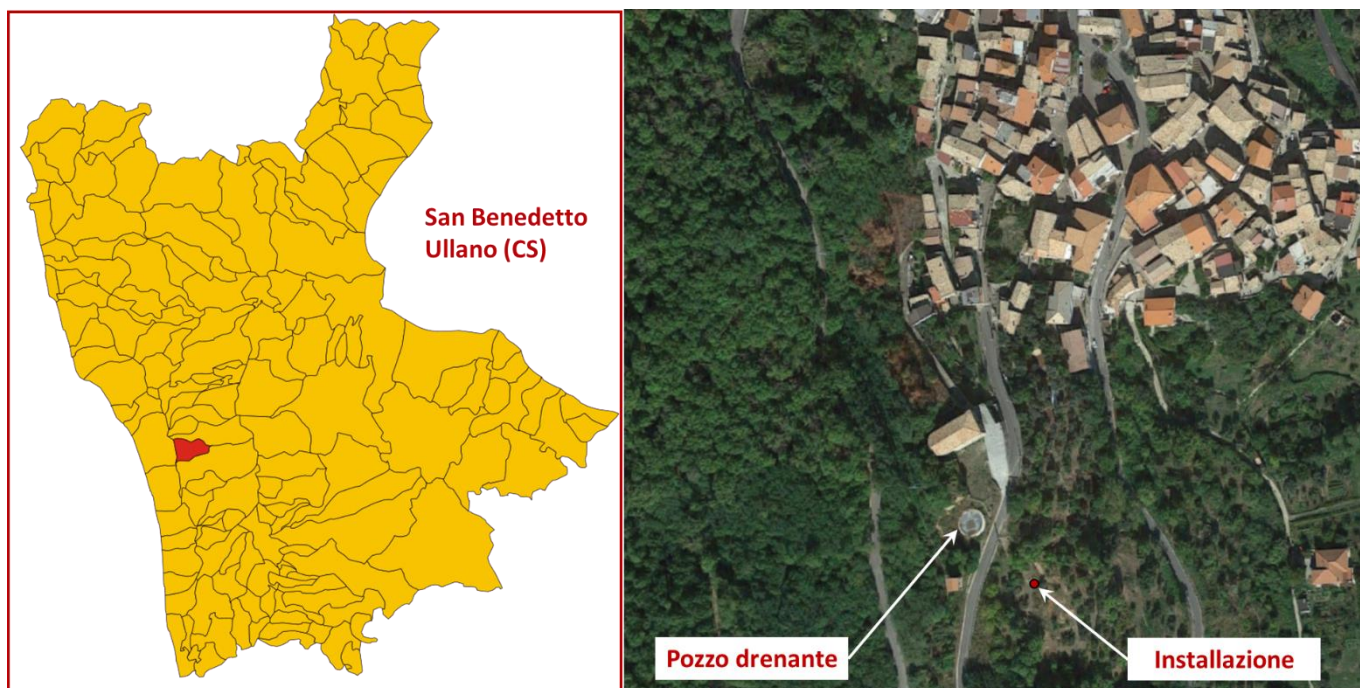


Figura 1: Individuazione del punto di installazione

Nella zona si hanno diverse evidenze che sia in atto un movimento franoso che interessa il centro abitato. Il Comune aveva già provveduto a realizzare degli interventi volti a ridurre il rischio da frana, come ad esempio un pozzo drenante visibile anche in Figura 1. Nella stessa zona sono installate altre attrezzature per il monitoraggio e l'allertamento. È installato un sensore di misura della precipitazione atmosferica, sensori piezometrici e

sensori inclinometrici. Sono inoltre disponibili altri fori di misura inclinometrica effettuabili con inclinometri mobili. I risultati delle misure inclinometriche confermano che nella zona è in atto un movimento franoso lento. Di seguito si riportano i risultati di tali misure, in particolare si riportano le misure effettuate nei fori S1 e S2 (Figura 2), posizionati a valle del nuovo foro per l'installazione della catena inclinometrica.



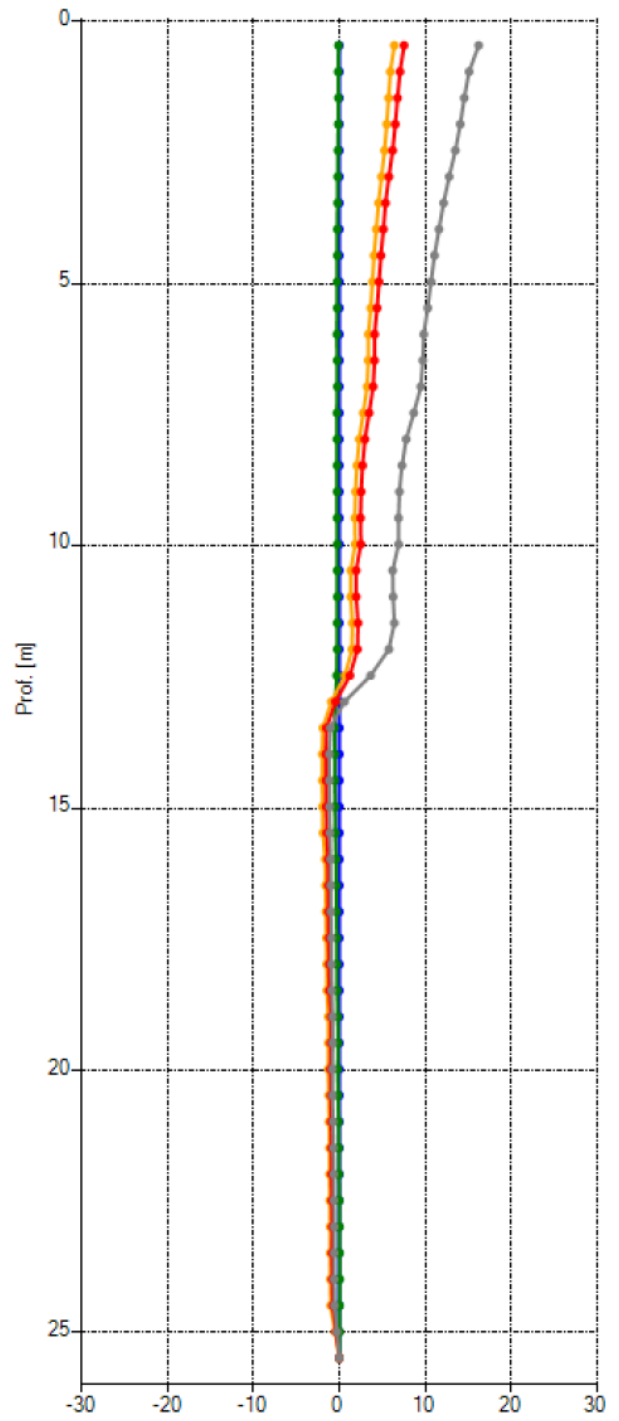
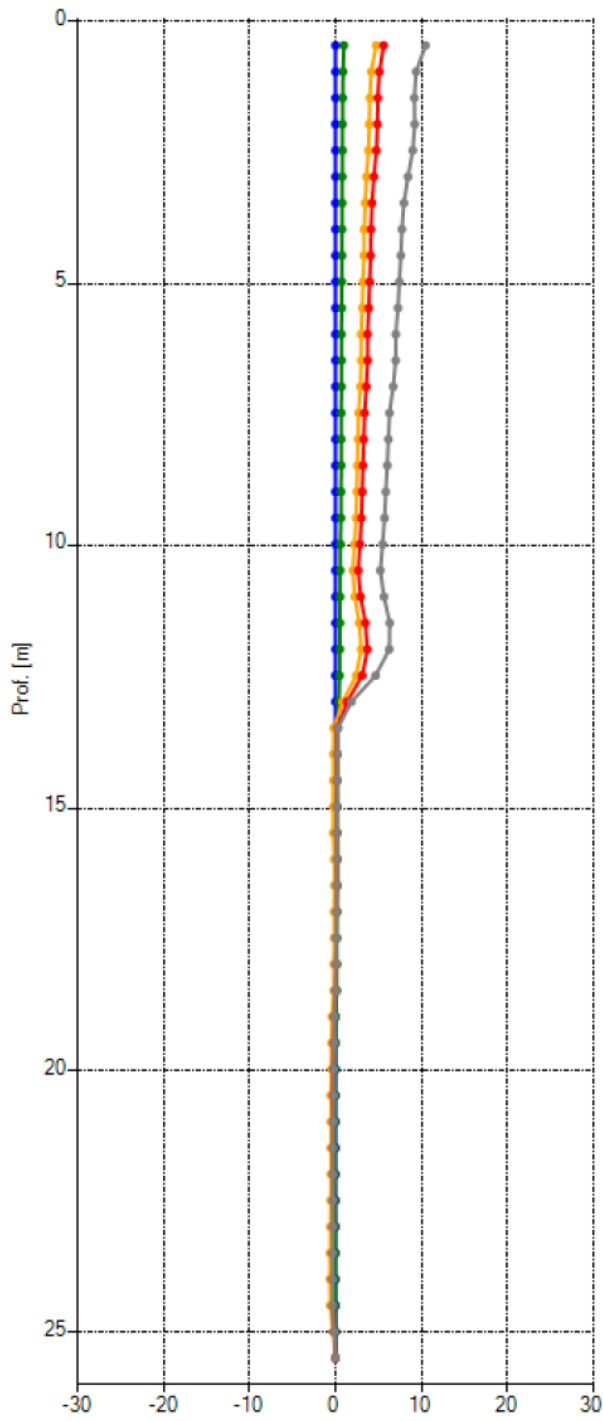
Figura 2: Individuazione dei fori di sondaggio S1 e S2



Figura 3: Misure nel foro di sondaggio S1

Spostamento Nord [mm]

Spostamento Est [mm]



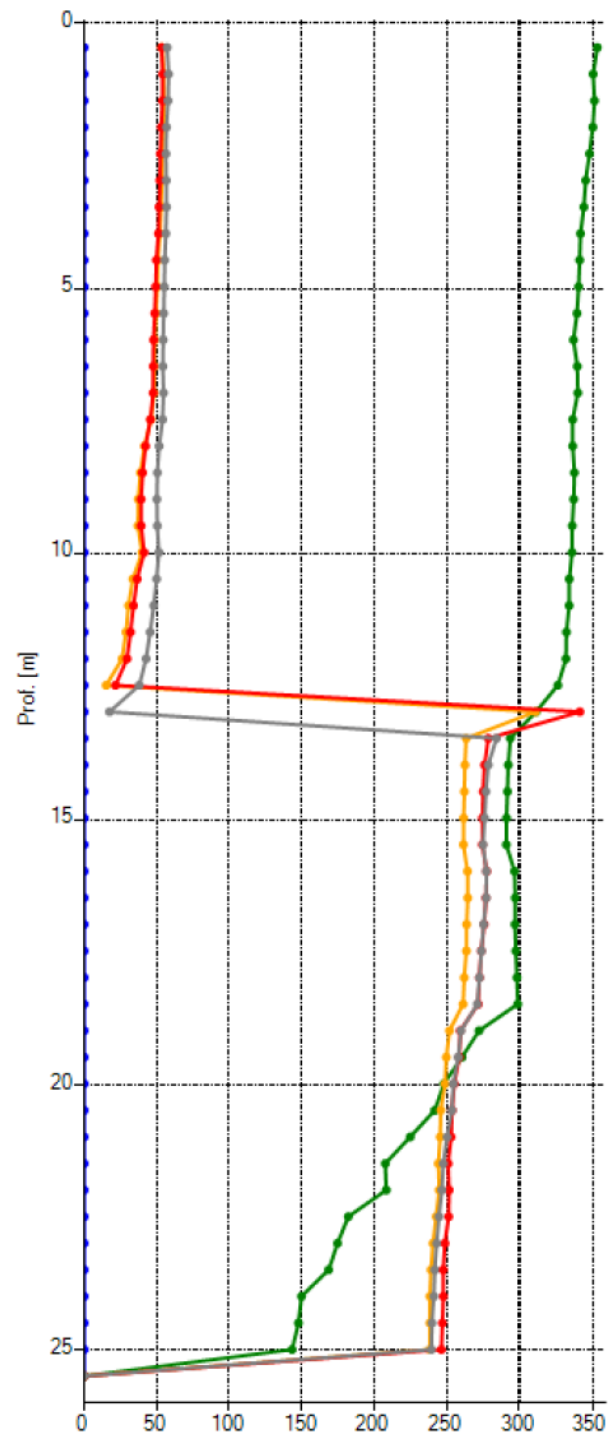
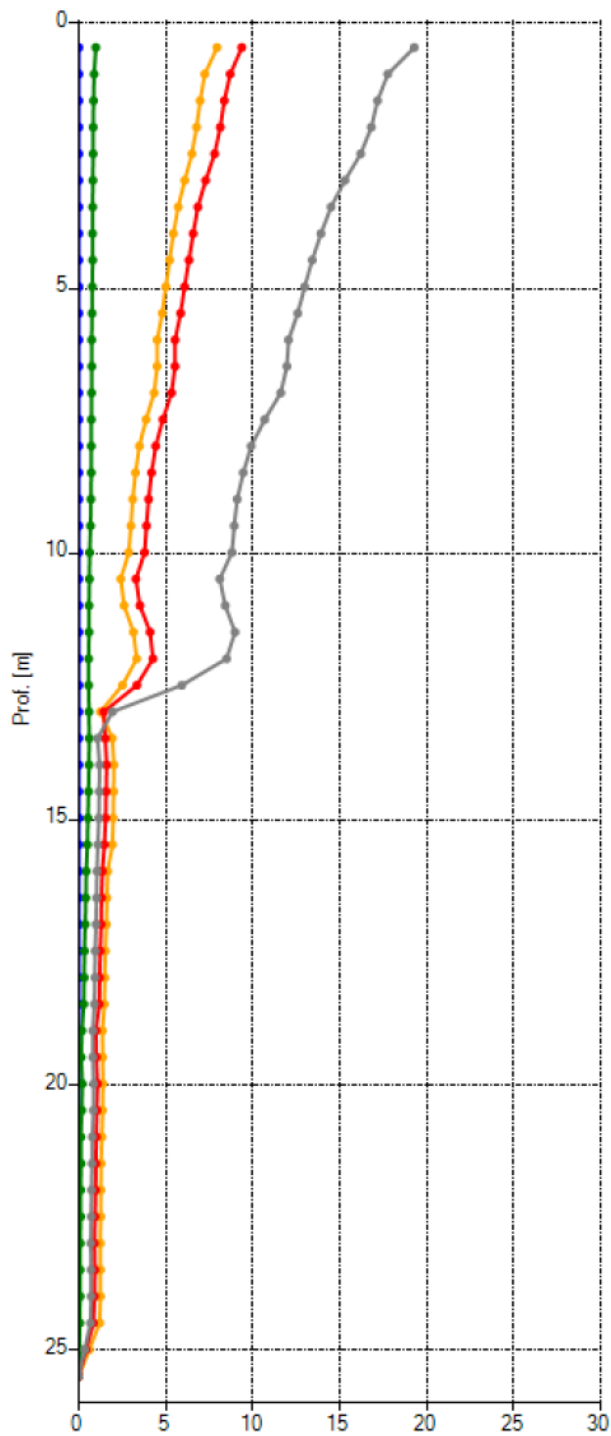
■ 23-Nov-21 12:00:00 AM ■ 14-Dec-18 12:00:00 AM ■ 11-Jul-18 12:00:00 AM ■ 18-Jan-16 12:00:00 AM ■ 11-Sep-15 12:00:00 AM
●●●●● Soglia allerta

Misura inclinometrica di riferimento 11-Sep-15 12:00 AM

Figura 4: Spustamenti Nord ed Est misurati con l'inclinometro

Risultante [mm]

Azimuth [°]

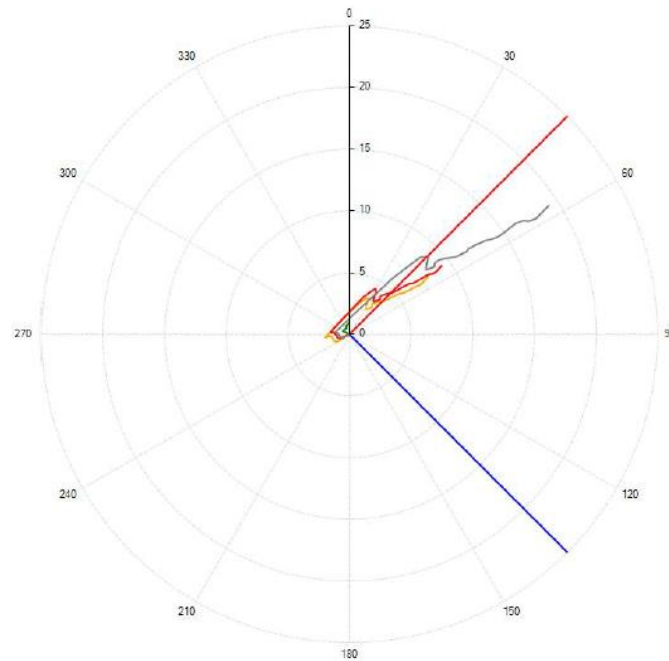


■ 23-Nov-21 12:00:00 AM ■ 14-Dec-18 12:00:00 AM ■ 11-Jul-18 12:00:00 AM ■ 18-Jan-16 12:00:00 AM ■ 11-Sep-15 12:00:00 AM

Misura inclinometrica di riferimento 11-Sep-15 12:00 AM

Figura 5: Risultante dello spostamento e Azimut

Polare



— A+ — B+

■ 23-Nov-21 12:00:00 AM ■ 14-Dec-18 12:00:00 AM ■ 11-Jul-18 12:00:00 AM ■ 18-Jan-16 12:00:00 AM ■ 11-Sep-15 12:00:00 AM

Misura inclinometrica di riferimento 11-Sep-15 12:00 AM

Figura 6: Polare

S1 Curva Cumulata 3D

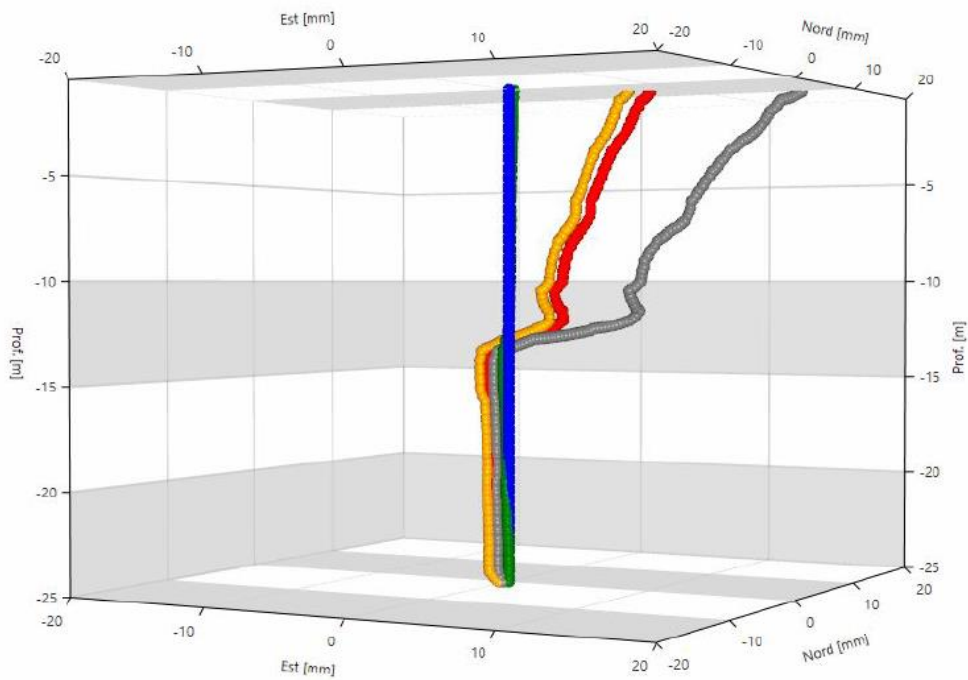


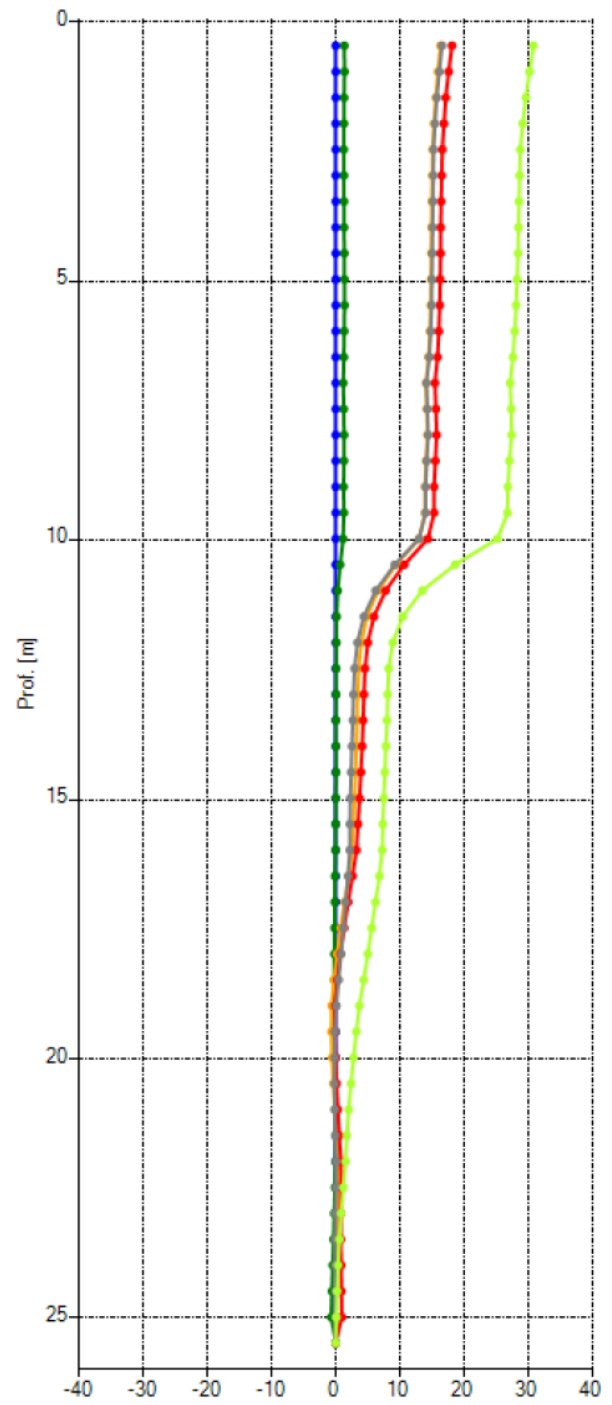
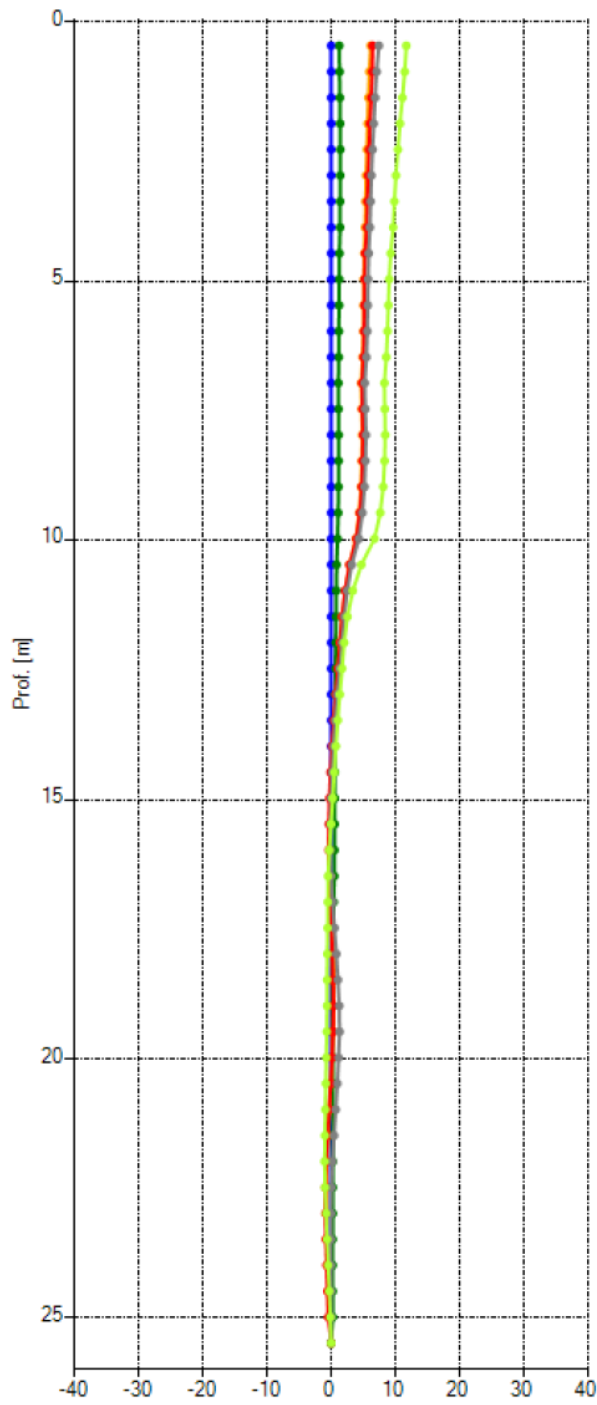
Figura 7: Grafici 3D dell'inclinazione e dello spostamento



Figura 8: Misure nel foro di sondaggio S2

Spostamento Nord [mm]

Spostamento Est [mm]

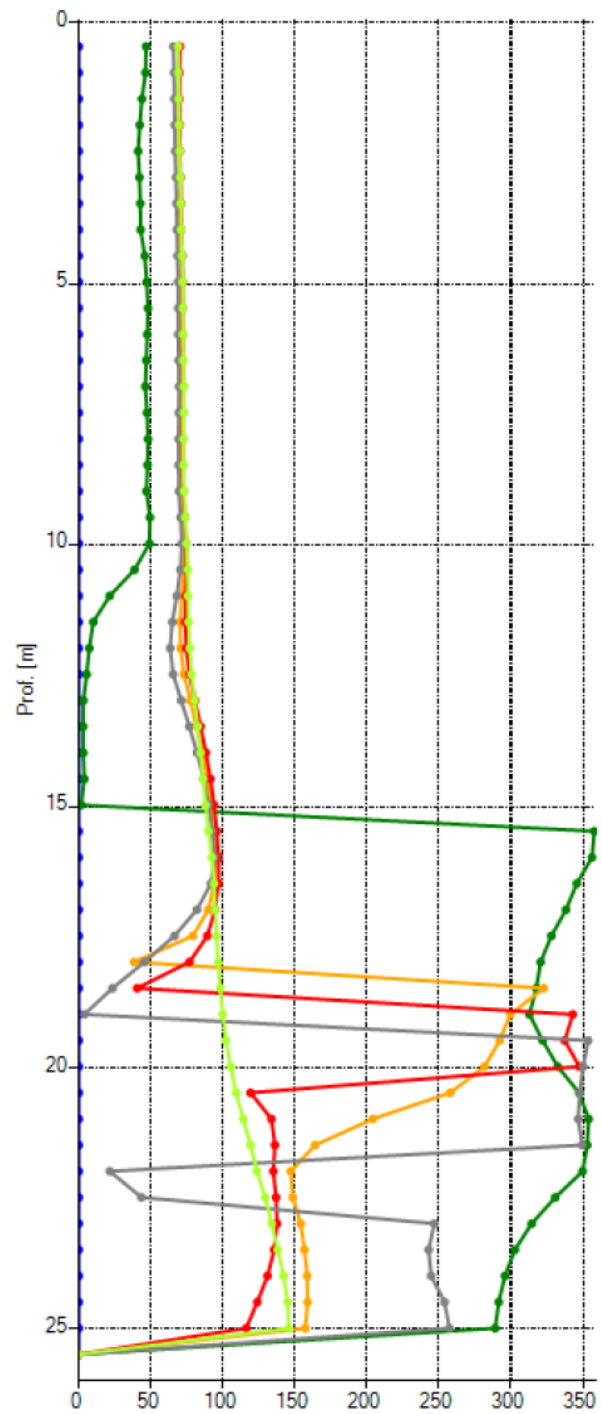
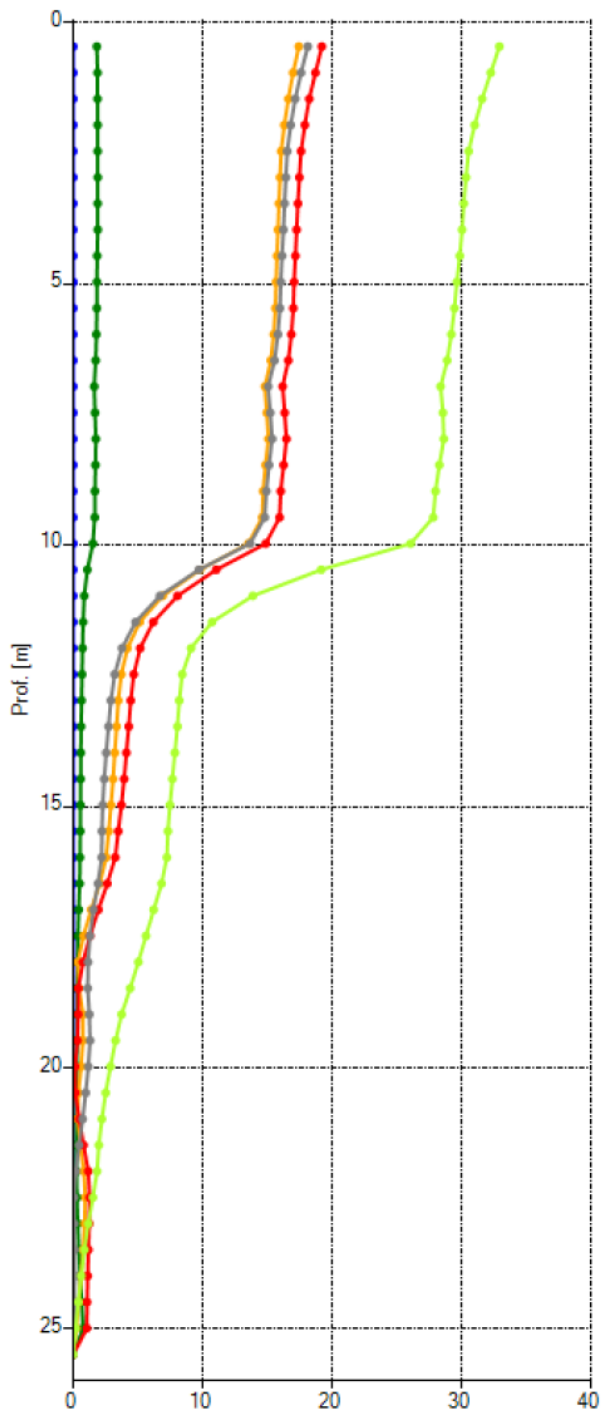


23-Nov-21 12:00:00 AM 14-Dec-18 12:00:00 AM 11-Jul-18 12:00:00 AM 20-Apr-18 12:00:00 AM 18-Jan-16 12:00:00 AM
23-Sep-15 12:00:00 AM Soglia allerta
Misura inclinometrica di riferimento 23-Sep-15 12:00 AM

Figura 9: Spostamenti Nord ed Est misurati con l'inclinometro

Risultante [mm]

Azimuth [°]



23-Nov-21 12:00:00 AM 14-Dec-18 12:00:00 AM 11-Jul-18 12:00:00 AM 20-Apr-18 12:00:00 AM 18-Jan-16 12:00:00 AM
23-Sep-15 12:00:00 AM

Misura inclinometrica di riferimento 23-Sep-15 12:00 AM

Figura 10: Risultante dello spostamento e Azimut

Polare

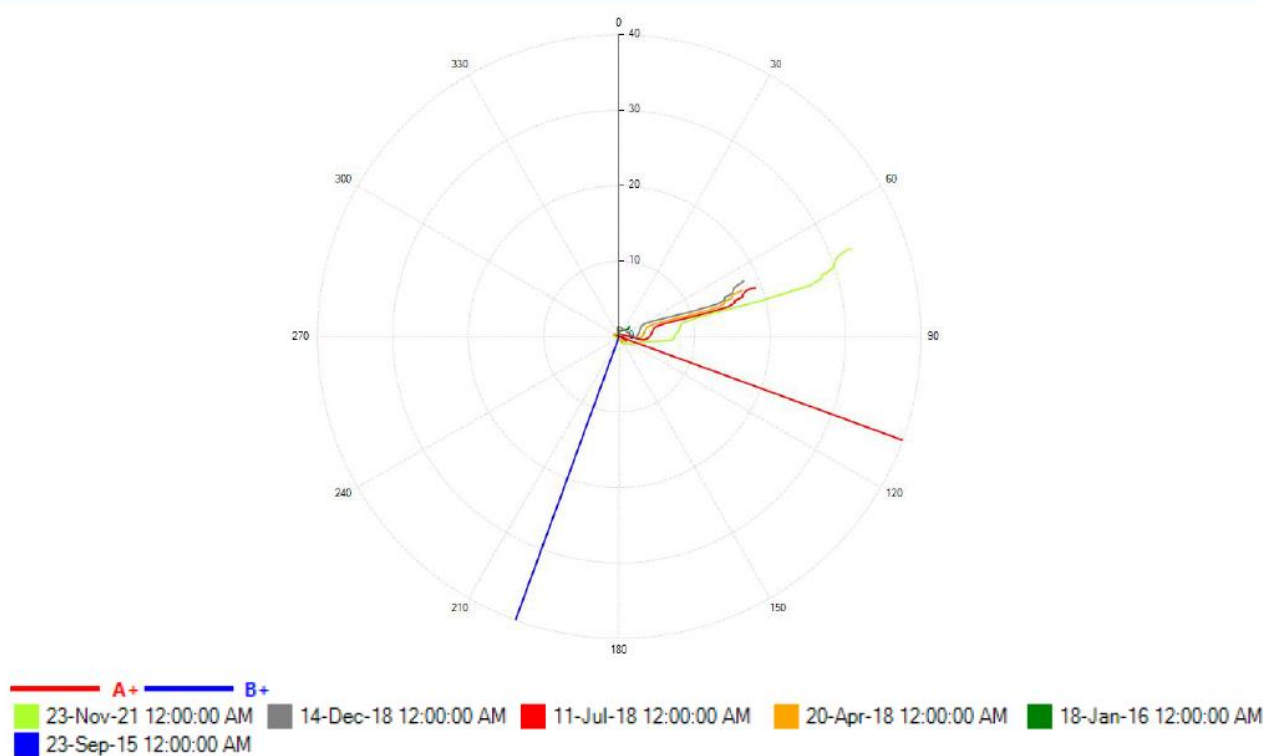


Figura 11: Polare

S2 Curva Cumulata 3D

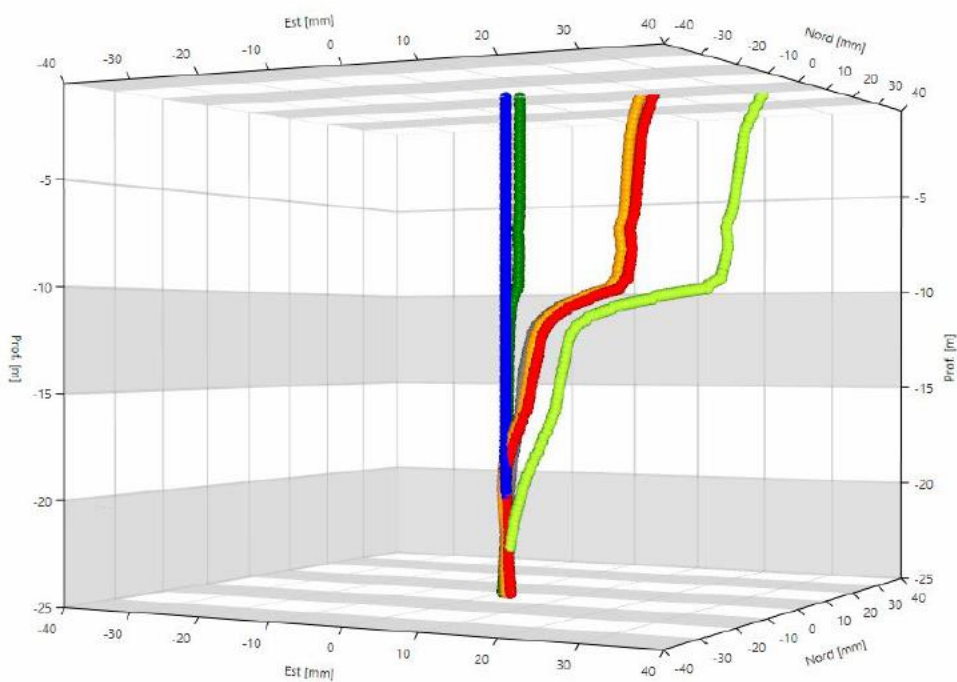


Figura 12: Grafici 3D dell'inclinazione e dello spostamento

La strumentazione: Vertical Array

Il Vertical Array è un inclinometro automatico 3D intelligente progettato per monitorare gli spostamenti a diverse profondità in frane e rilevati. Si presenta come una sequenza di nodi ermetici IP69 uniti mediante un cavo in kevlar e un cavo di segnale quadripolare. Ogni nodo contiene al proprio interno un sensore MEMS 3D ad alta risoluzione, un magnetometro e un termometro. A seconda delle esigenze di progetto è possibile definire il numero di sensori di misura, la spaziatura e la lunghezza dello strumento. Il Vertical Array può essere fornito all'interno di un tubo in materiale plastico che funge da protezione per i sensori e che ne permette lo scorrimento. Il Vertical Array può essere gestito dalle centraline G802, G301 oppure da qualsiasi altro Datalogger compatibile con il protocollo RS485 Modbus RTU.

Dalle misure effettuate con l'inclinometro mobile, nella verticale S1, si identifica in maniera chiara ed univoca un movimento del terreno verso valle alla profondità di circa 13 metri. Questo movimento interessa lo strato definito «livello quarzatico (Figura 13). Nella verticale S2, si identificano invece 2 movimenti. Il primo ad una profondità di circa 18 metri che interessa lo strato definito «livello quarzatico». Il secondo, più importante, a circa 12 metri che interessa la parte inferiore dello strato «gneiss», quasi all'interfaccia con lo strato «livello quarzatico» (Figura 14).

In virtù delle evidenze mostrate nelle verticali S1 e S2, nella verticale in cui si è deciso di installare la catena inclinometrica, si è ritenuto che fosse opportuno infittire i sensori nello strato «livello quarzatico e all'interfaccia dello stesso con lo strato superiore di «gneiss». Non avendo però, una stratigrafia del sito di installazione e considerando che il sito si trova a monte delle verticali analizzate, è presumibile che il movimento franoso interessi uno strato più superficiale. Per questo motivo, si è infittito fino ad una profondità non superiore ai 20 metri. La strumentazione installata ha le seguenti caratteristiche:

- Centralina G301
- Lunghezza catena 30 Metri
- Tubo protettivo Cristalcord
- 23 Sonde inclinometriche distribuite come in tabella 1

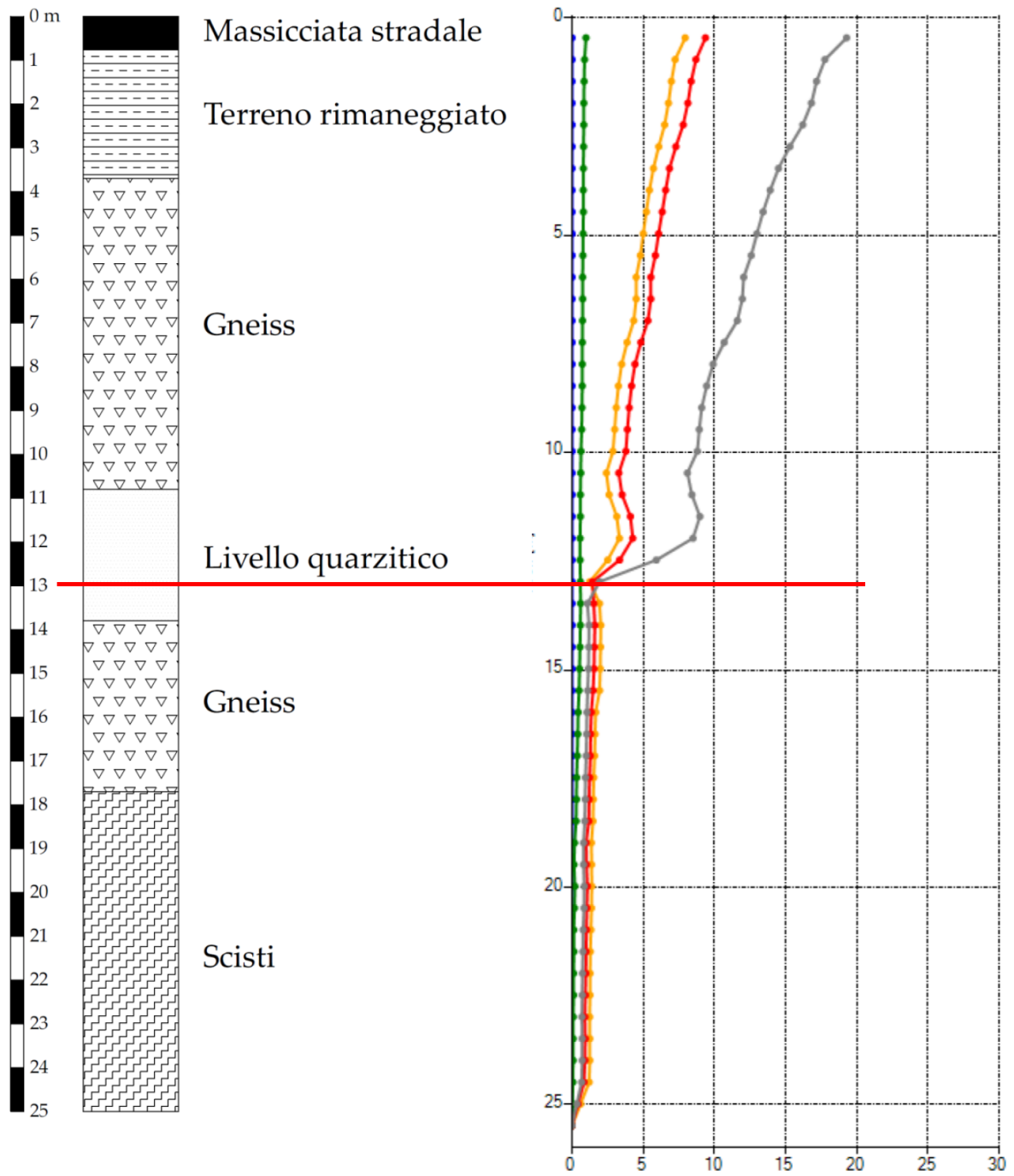


Figura 13: Individuazione della profondità del movimento franoso nella verticale S1

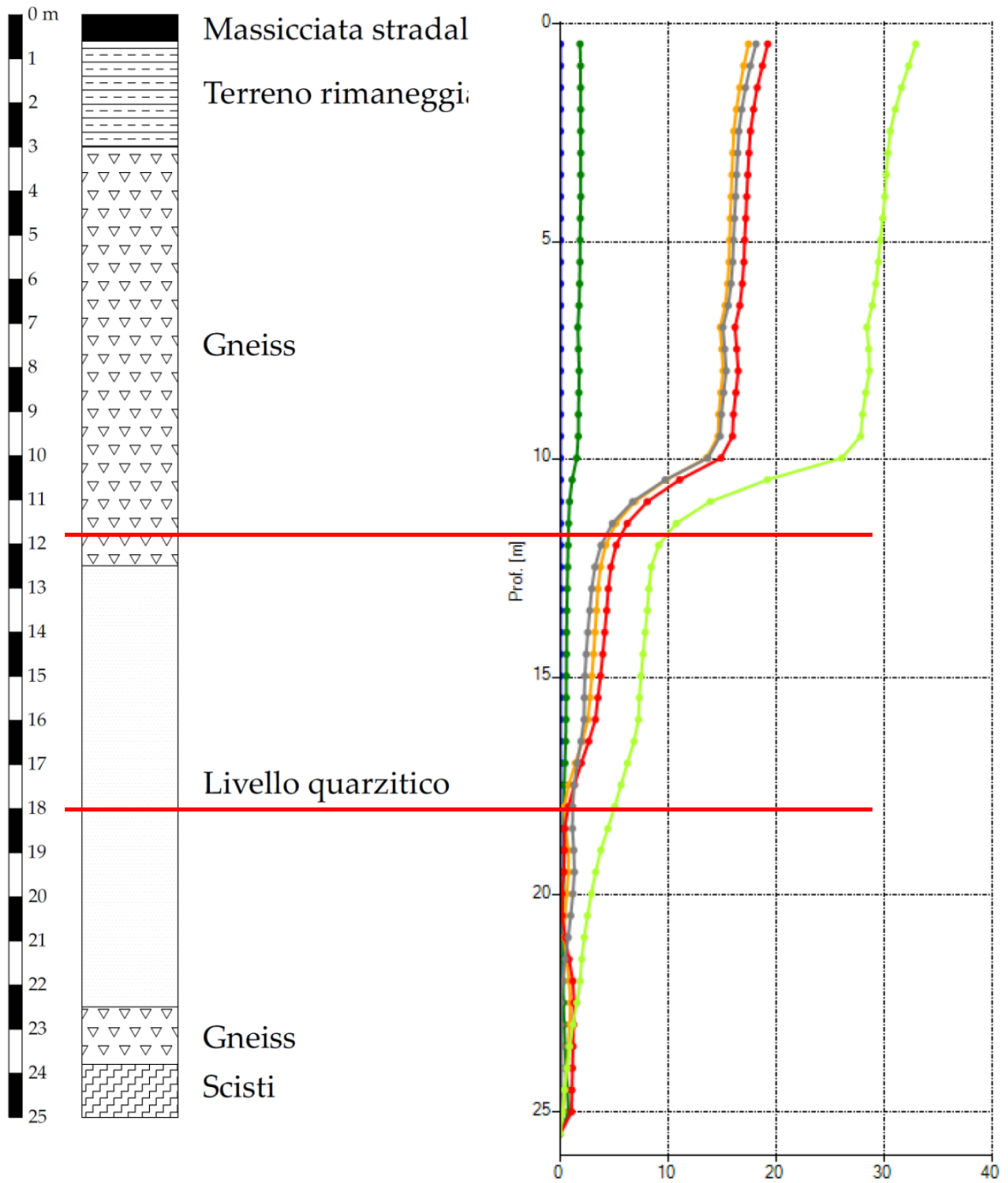


Figura 14: Individuazione della profondità del movimento franoso nella verticale S2

Profondità	Nodo
0	
0,5	
1	
1,5	Sensore 1
2	
2,5	
3	Sensore 2
3,5	
4	Sensore 3
4,5	
5	Sensore 4
5,5	
6	Sensore 5
6,5	
7	Sensore 6
7,5	
8	Sensore 7
8,5	
9	Sensore 8
9,5	
10	Sensore 9
10,5	
11	Sensore 10
11,5	
12	Sensore 11
12,5	
13	Sensore 12
13,5	
14	Sensore 13
14,5	
15	Sensore 14

Profondità	Nodo
15,5	
16	Sensore 15
16,5	
17	Sensore 16
17,5	
18	Sensore 17
18,5	
19	Sensore 18
19,5	
20	Sensore 19
20,5	
21	Sensore 20
21,5	
22	
22,5	Sensore 21
23	
23,5	
24	
24,5	
25	Sensore 22
25,5	
26	
26,5	
27	
27,5	Sensore 23
28	
28,5	
29	
29,5	Ancora 1 m
30	

Tabella 1: Distribuzione delle sonde

Fasi dell'Installazione

Fase preliminare

Per l'alloggiamento della catena inclinometrica, è stato realizzato un foro ex novo. Si è deciso di installare la centralina di registrazione vicino ad un'altra centralina che registra altra strumentazione, al fine di utilizzare la stessa alimentazione elettrica. Per questo motivo è stato predisposto un corrugato sottotraccia che collegasse il pozzetto al sito di alloggiamento della centralina (Figura 15).



Figura 15: A sinistra il pozzetto da cui parte il corrugato, a destra il sito di alloggiamento della centralina.

Installazione

Si riporta in maniera schematica le fasi dell'installazione.

1. Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti (Figura 16).
2. Srotolamento della catena inclinometrica (Figura 17).
3. Fissaggio dell'ancora alla catena (Figura 18).
4. Inserimento della catena nel foro (Figure 19).
5. Ancoraggio superiore della catena (Figura 20).

6. Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore (Figura 21).
7. Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori (Figura 22).
8. Test dei sensori in sede (Figura 23).
9. Passaggio dei cavi all'interno del corrugato (Figura 24).
10. Installazione della centralina (Figura 25).
11. Installazione del trasformatore elettrico (Figura 26).
12. Cablaggio dei sensori alla centralina (Figura 27).
13. Test dei sensori (Figura 28).
14. Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore (Figura 29).



Figura 16: Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti



Figura 17: Srotolamento della catena inclinometrica



Figura 18: Fissaggio dell'ancora alla catena



Figura 19: Inserimento della catena nel foro



Figura 20: Ancoraggio superiore della catena



Figura 21: Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore



Figura 22: Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori



Figura 23: Test dei sensori in sede



Figura 24: Passaggio dei cavi all'interno del corrugato



Figura 25: Installazione della centralina

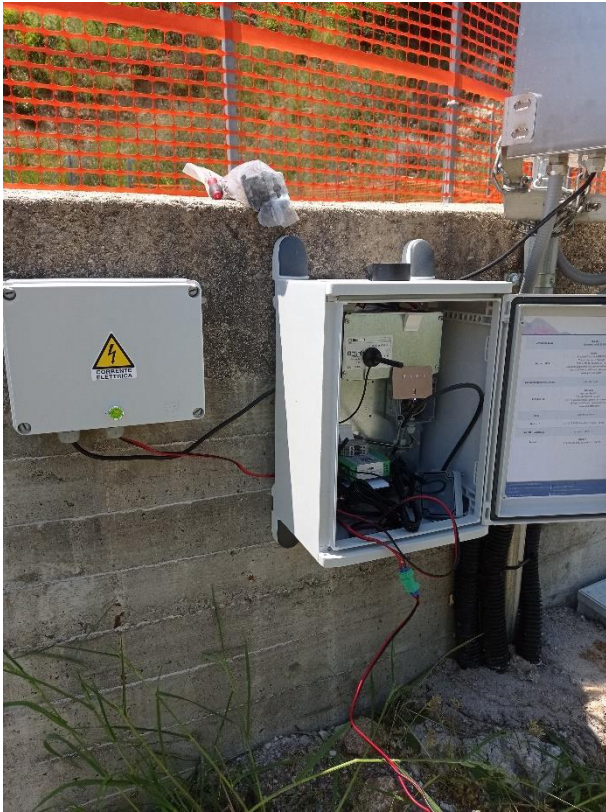


Figura 26: Installazione del trasformatore elettrico



Figura 27: Cablaggio dei sensori alla centralina

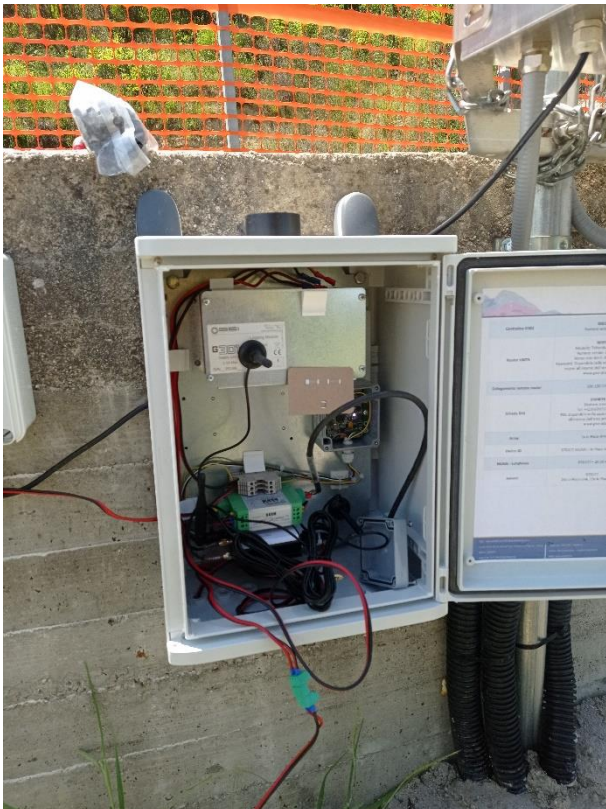


Figura 28: Test dei sensori



Figura 29: Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore



Figura 30: Installazione completata

Visualizzazione e monitoraggio

La visualizzazione dei dati registrati dai sensori avviene mediante la piattaforma Geo-Atlas. È una piattaforma progettata per la gestione, lo storage, l'elaborazione e la visualizzazione dinamica dei dati provenienti da sistemi di monitoraggio. La tecnologia è composta dai seguenti componenti:

- Il sistema di immagazzinamento e storage dei dati su Cloud con backup su Server fisico;
- Il Software, basato su algoritmi di deep learning per l'elaborazione e la pre-validazione dei dati di monitoraggio;
- La Piattaforma web-based ad accesso controllato per la visualizzazione dei dati.

Il software

Il software di calcolo elabora automaticamente i dati di monitoraggio non appena questi raggiungono il Cloud Server, convertendo i dati grezzi in unità fisiche (se non già convertiti in precedenza tramite il Datalogger). Algoritmi di tipo statistico processano le informazioni, eliminando outliers ed errori accidentali, eseguendo una prima validazione automatica dei dati del sito. Al termine dell'elaborazione, al superamento di soglie pre-

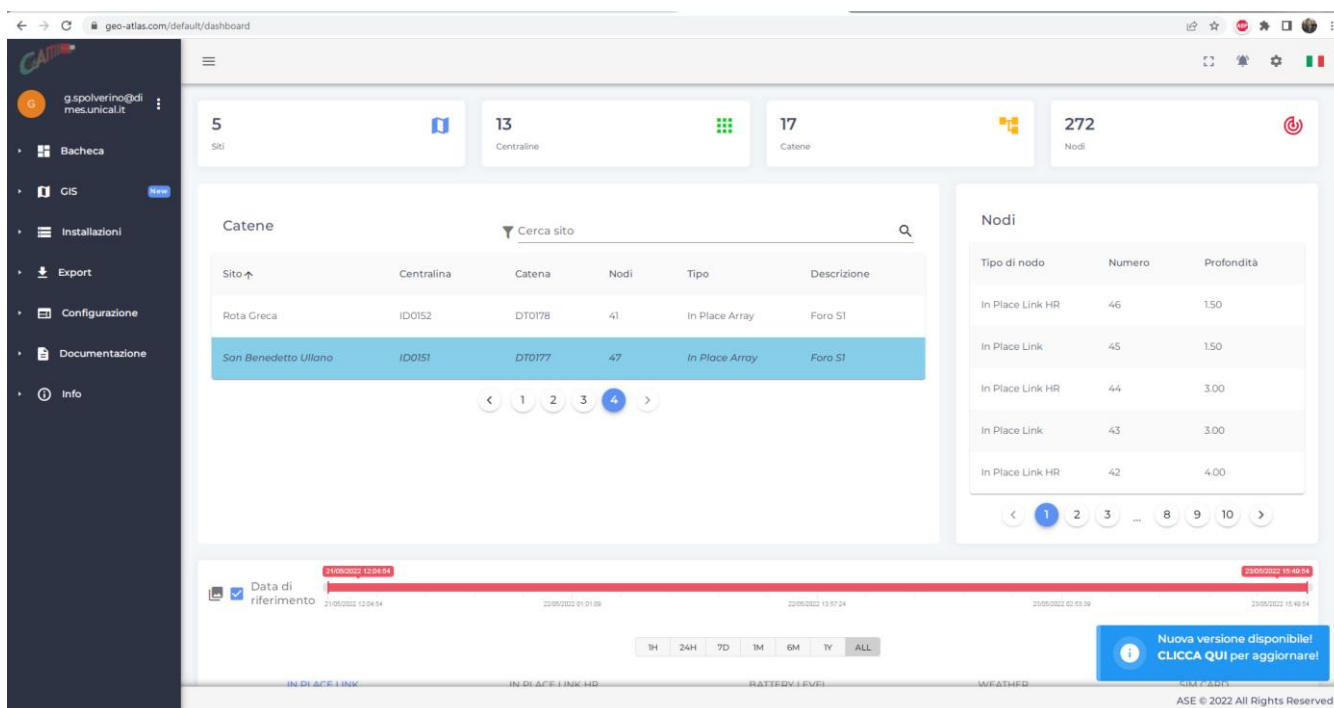
impostate viene attivato il sistema di allertamento. Il servizio prevede l'invio di email ed SMS, nonché l'attivazione remota di dispositivi luminosi o sonori.

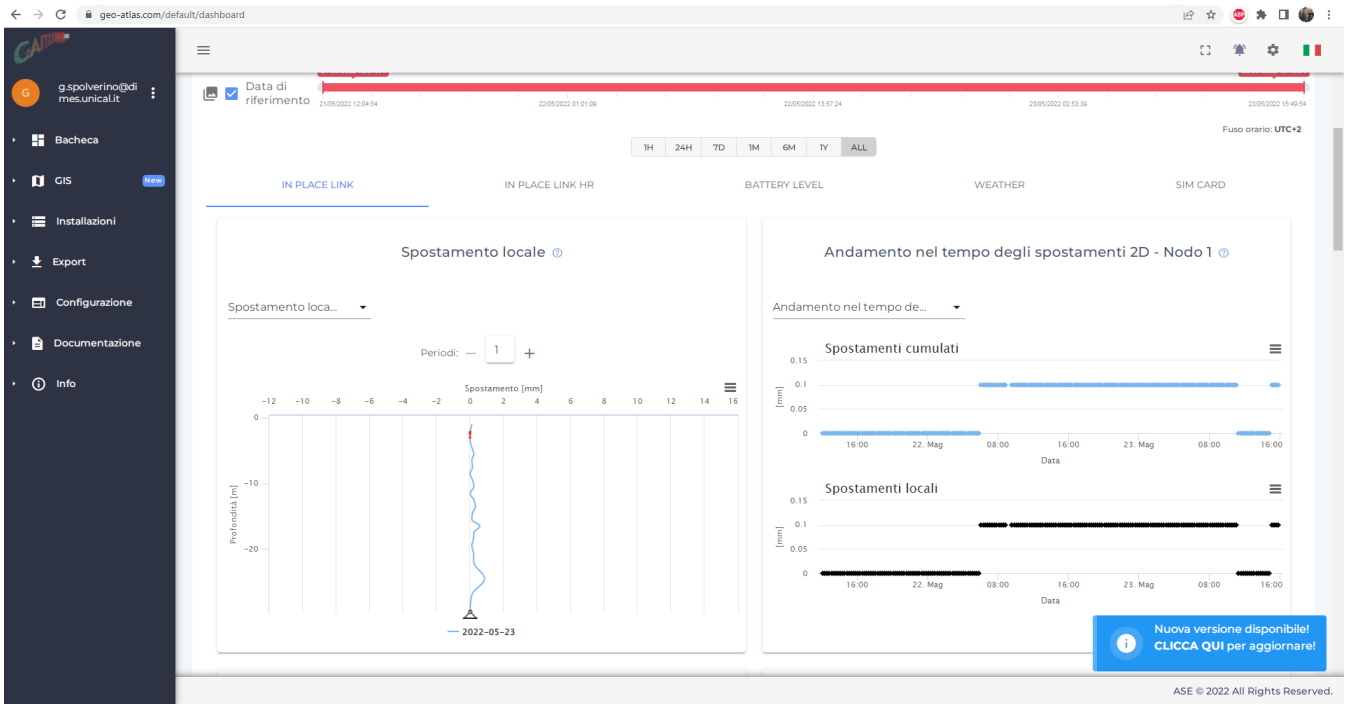
La piattaforma

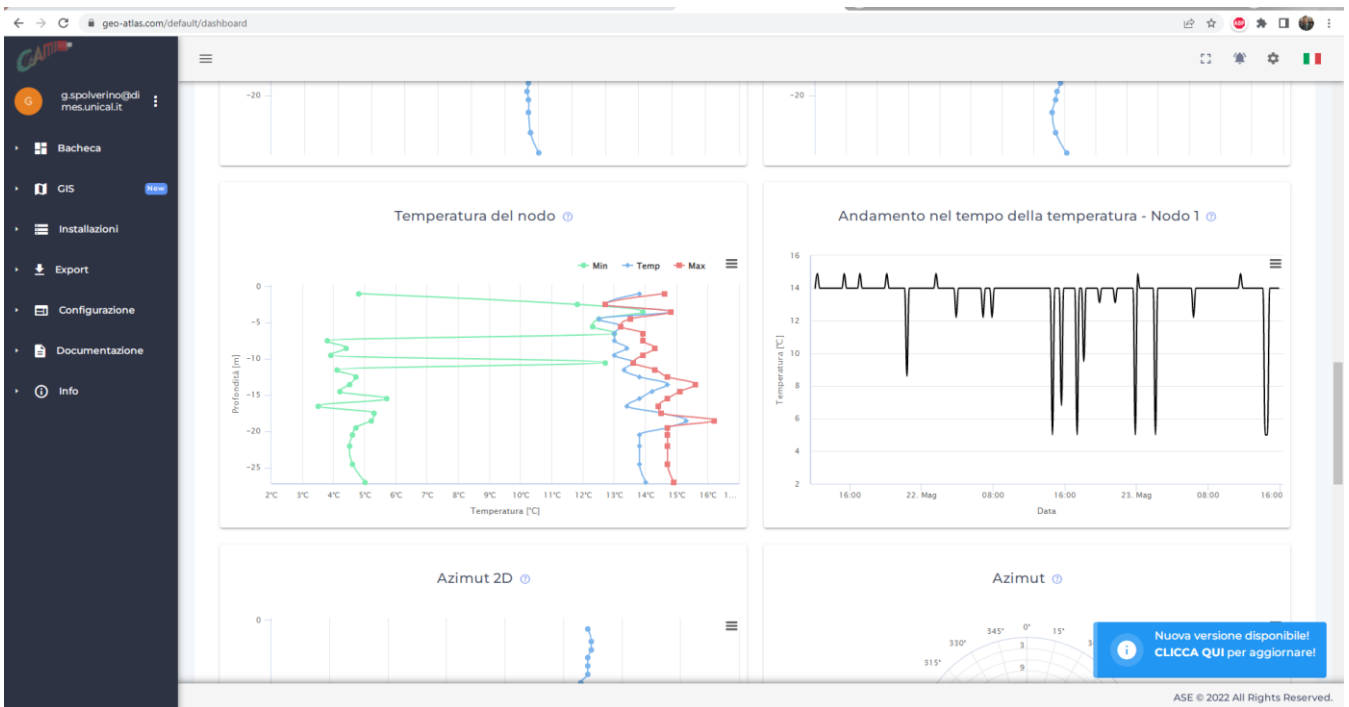
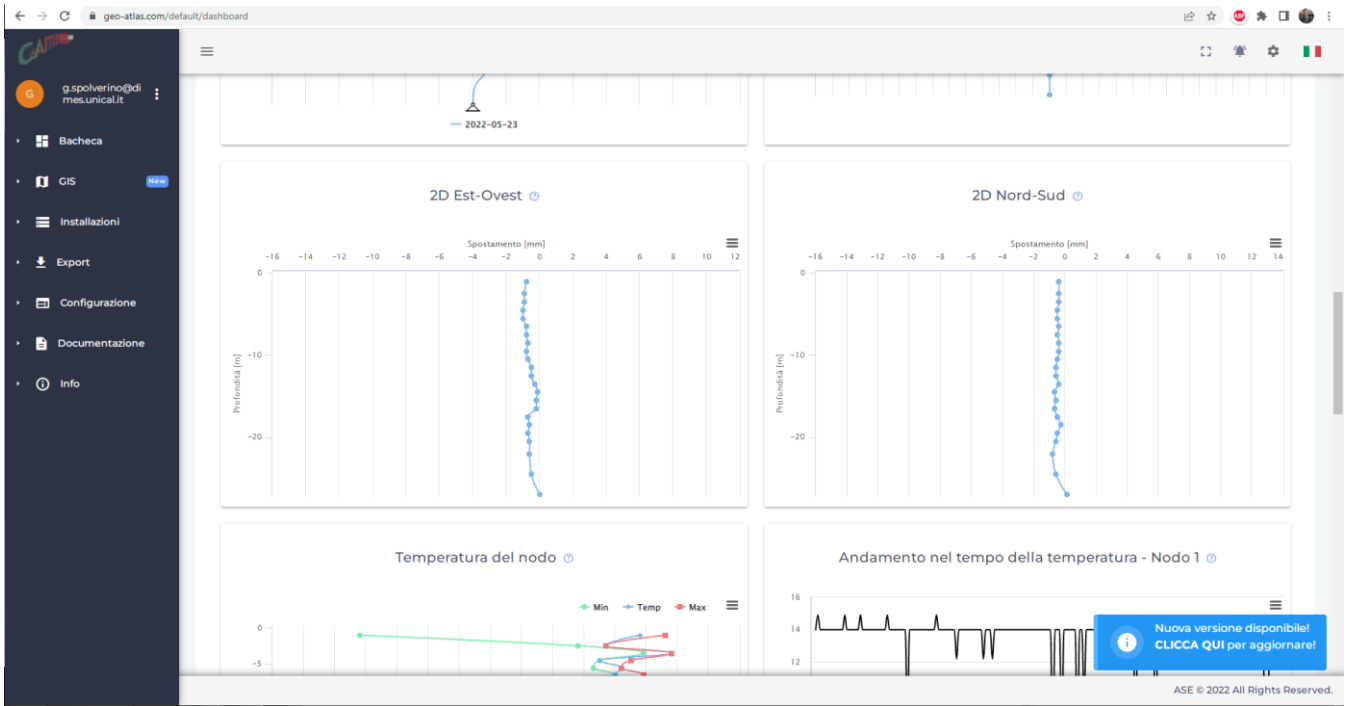
La rappresentazione dei risultati avviene mediante piattaforma dinamica web-based la quale, attraverso differenti tools, permette di ottenere un'indicazione immediata dei possibili fenomeni in atto nel sito. La piattaforma è ad accesso controllato H24 con diversi livelli di autenticazione ed è consultabile da molteplici periferiche (PC, Smartphone, Tablet, ecc.), secondo i principi dell'IoT.

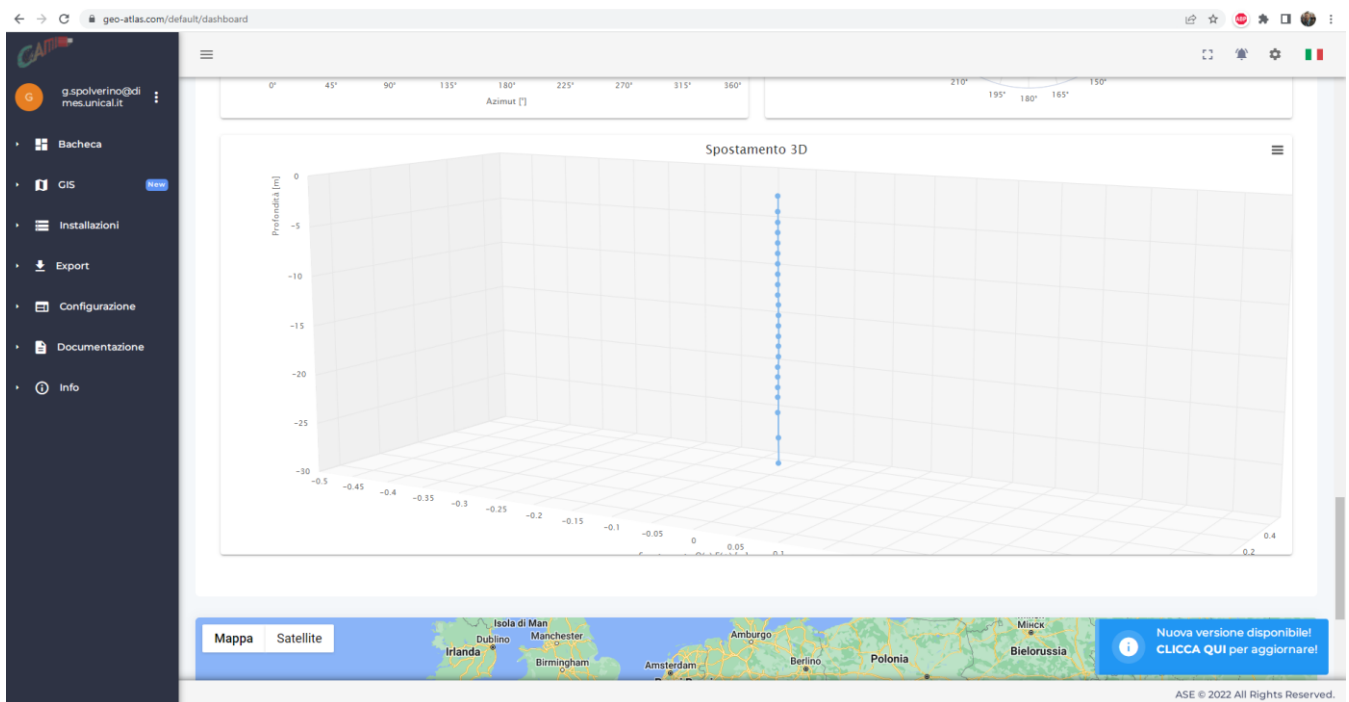
Al superamento di soglie definibili tramite la piattaforma, il sistema è in grado di spedire, automaticamente, allerte e/o allarmi secondo differenti livelli, per mezzo di email o SMS. Le soglie possono riguardare un singolo sensore o un insieme di strumenti, ed essere basate su dati assoluti o differenziali. Il sistema inoltre invia in automatico una email nel caso sia stato individuato un livello di batteria insufficiente oppure in caso di mancata ricezione dei dati.

Di seguito si riportano le schermate visualizzabili dalla piattaforma.









Come è possibile notare dall'ultima schermata, essendo una nuova installazione, non si apprezza ancora alcun movimento significativo lungo la verticale.