

FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Convegno:

Ricerca e Innovazione per lo sviluppo di opere di ingegneria in sottterraneo

Roma, 29 febbraio 2024 - Aula del Chiostro - San Pietro in Vincoli - Via Eudossiana 18, Roma



Ing. R. Savi

Ing. A. Carri

ASE srl - Advanced Slope Engineering



Monitoraggio e Big Data management: strumenti avanzati a supporto delle attività di controllo delle opere in sottterraneo



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING

➤ Chi siamo?

ASE nasce come **Start Up** nel 2013

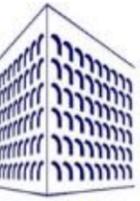
Ricerca e Sviluppo in collaborazione con l'Università di Parma

Monitoraggio Geotecnico e Strutturale

Approccio **multidisciplinare**

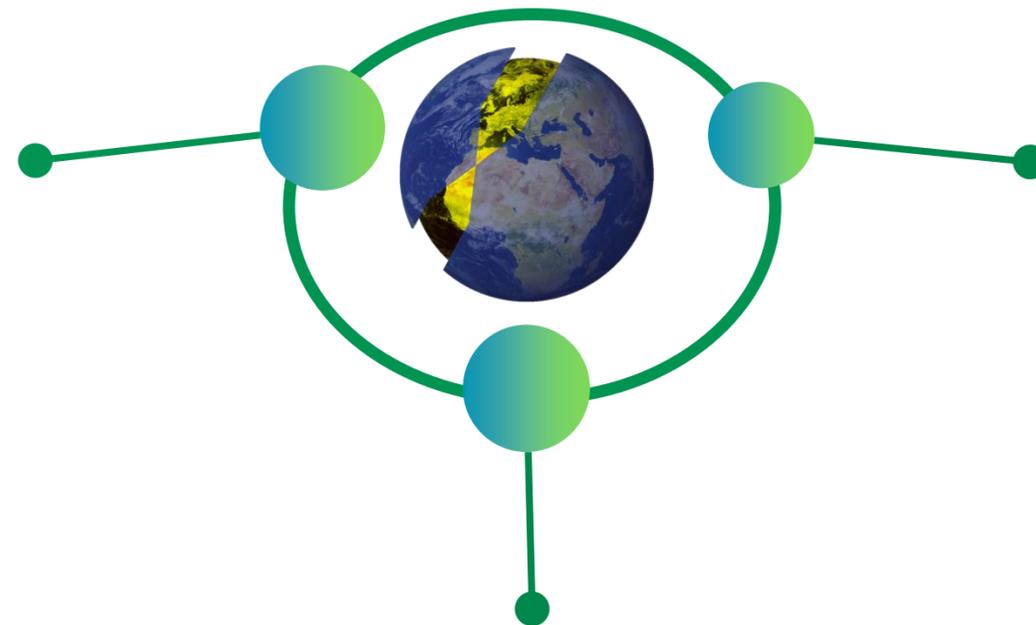
Oltre **8000 sensori** installati e gestiti in **11 stati**

“Per vincere una sfida è necessario innovare”



➤ Campi di applicazione

Progettazione e sviluppo di strumenti per il monitoraggio Geotecnico e Strutturale basati su filosofia **MUMS**

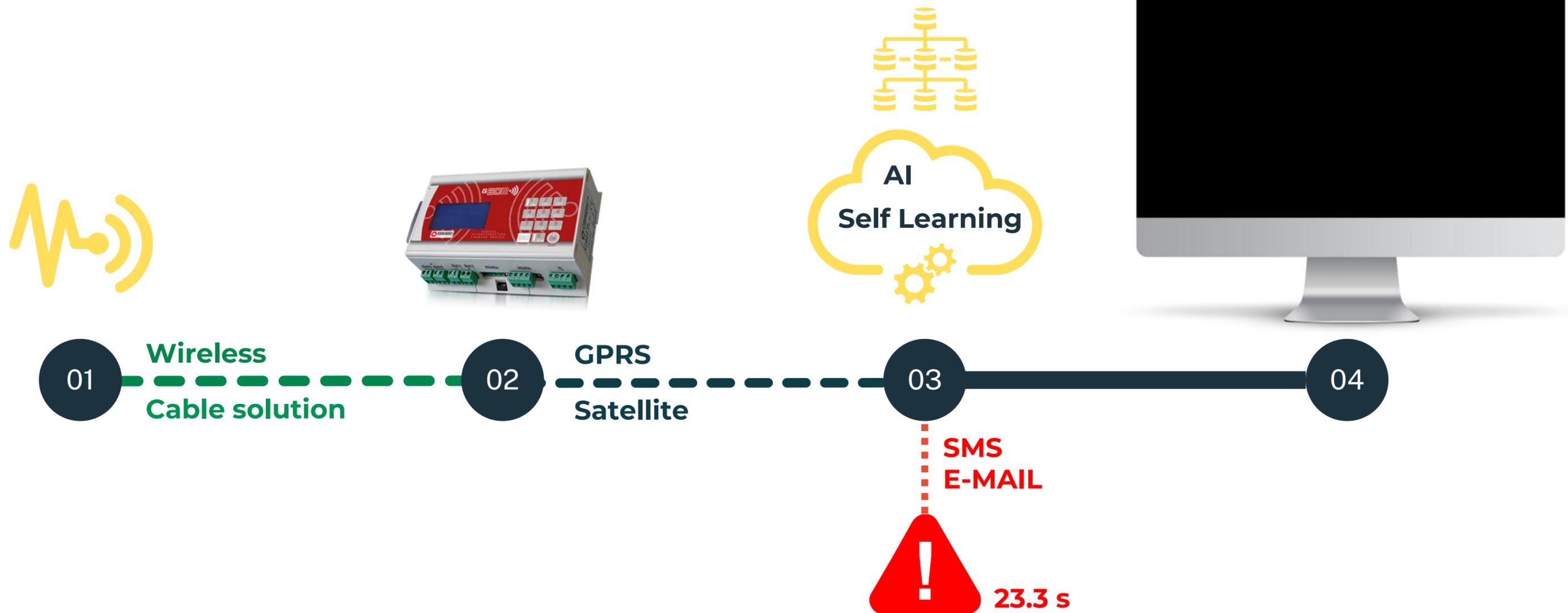


Sviluppo di soluzioni **Hardware e Software** per la gestione dei dati

Fornitura di **sistemi di acquisizione e sensori di monitoraggio** classici



Il sistema





01

02

03

04

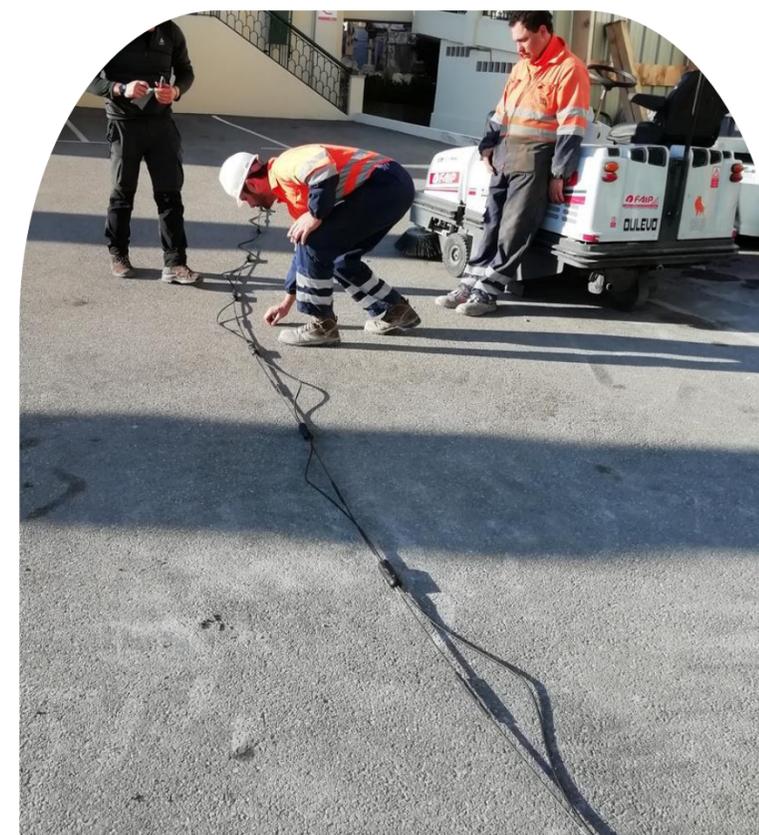
➤ Filosofia MUMS

Strumenti, definiti **Array**, costituiti da sensori collegati in serie mediante un unico cavo elettrico quadripolare

Sensori annegati all'interno di nodi in resina

Impiego di accelerometri **MEMS** ad elevata risoluzione per misure statiche e, per alcune applicazioni, **magnetometri**

Connessione tra nodi mediante aste in fibra di vetro o cavo in kevlar



Struttura del sistema

(Sistema di connessione, tipologia e orientazione dei sensori, interdistanza tra i P.C.)



Algoritmi di calcolo

(Algoritmi basati su trigonometria o quaternioni, filtri, moving average, de-spike, AI, ecc.)



Cir Array
PreConv Array
Vertical Array



MEMS

Magnetometro

Termometro



01

02

03

04

Strumenti - PreConv Array

Funzione

Monitoraggio diretto della pre-convergenza e dei fenomeni deformativi nel nucleo di avanzamento

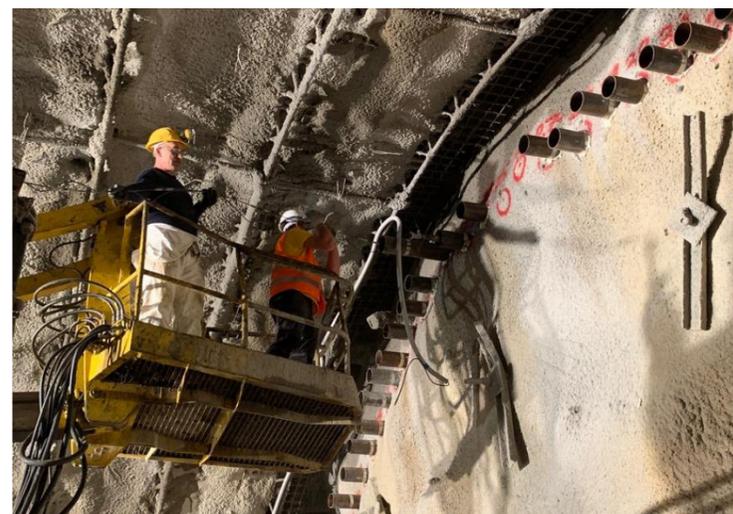
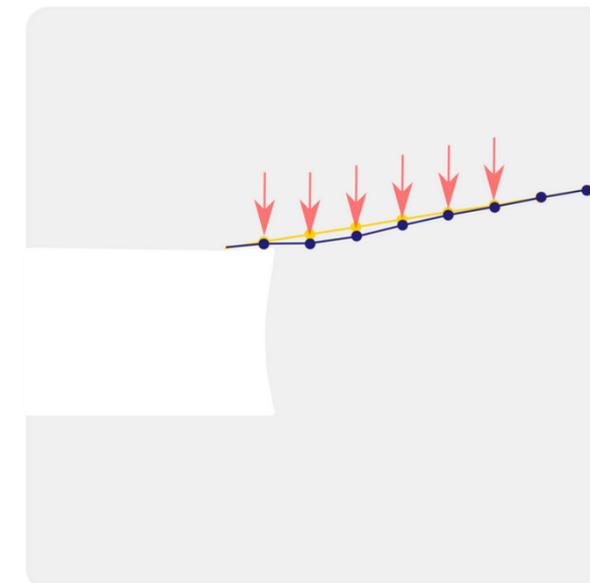
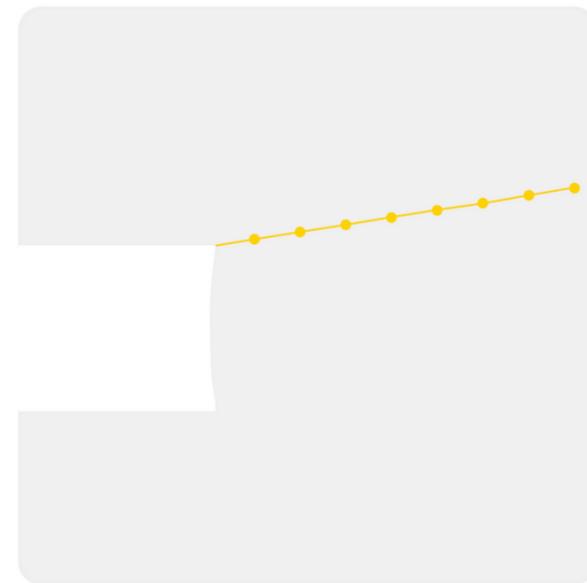
Sensori e Struttura

Nodi in resina uniti mediante aste in fibra di vetro

Sensore MEMS + termometro

Installazione

Installato all'interno di una perforazione appositamente realizzata oppure in tubi di infilaggio.





01

02

03

04

PreConv Array - Risultati

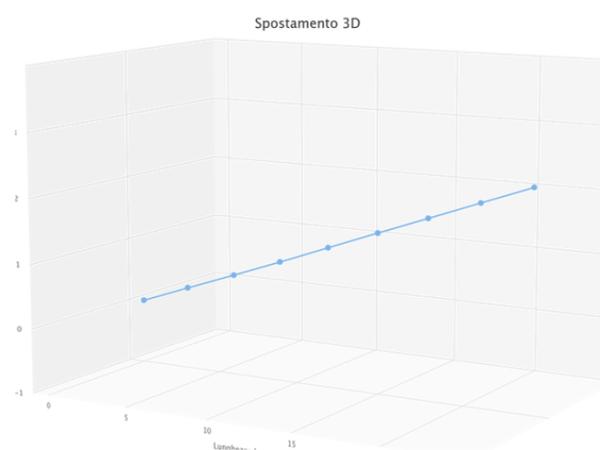
- **Spostamenti cumulati rispetto a punto fisso**
- Spostamenti locali
- **Andamento nel tempo spostamenti locali (Y-Z)**
- Andamento nel tempo spostamenti cumulati (Y-Z)
- Andamento nel tempo dell'accelerazione
- Rollio nel tempo
- Inclinazione singolo nodo nel tempo
- Temperatura di ogni singolo nodo
- Spostamento 3D
- Temperatura e Livello Batteria (Gateway - LoRa Device)



Modifica data di scavo

Data Nodo	Data
Data Nodo 1	2024-02-08 11:47
Data Nodo 2	2024-02-07 18:00
Data Nodo 3	2024-01-30 03:37
Data Nodo 4	2024-01-29 15:37
Data Nodo 5	2024-01-24 15:37
Data Nodo 6	2023-11-28 11:35
Data Nodo 7	2023-11-21 07:35
Data Nodo 8	2023-11-14 13:35
Data Nodo 9	2023-11-06 07:35

ANNULLA SALVA





01

02

03

04

Strumenti - Cir Array

Funzione

Monitoraggio convergenza e fenomeni deformativi in galleria

Sensori e Struttura

Nodi in resina uniti mediante aste in fibra di vetro o kevlar

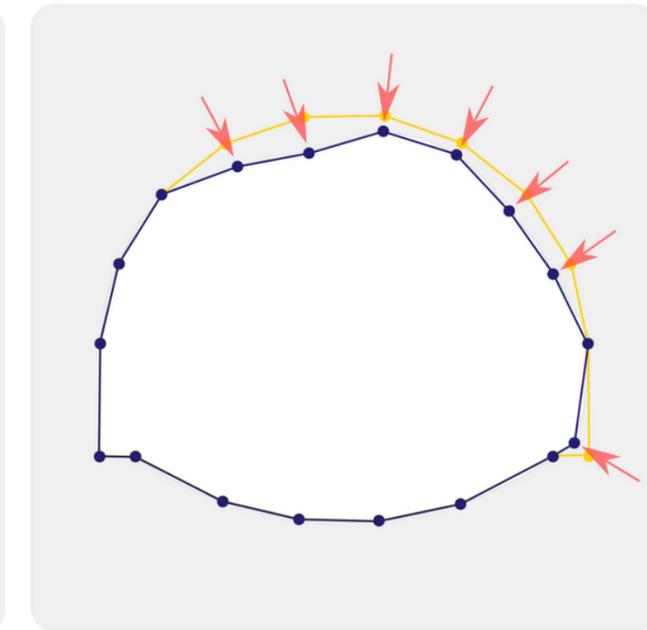
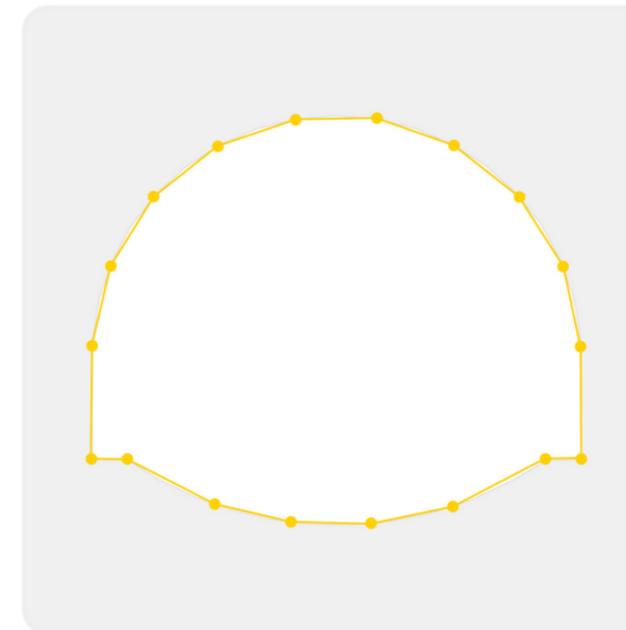
Sensore MEMS + termometro

Campi di impiego

Monitoraggio ammasso roccioso, rivestimento preliminare, rivestimento definitivo

Installazione

In funzione dell'elemento monitorato





01

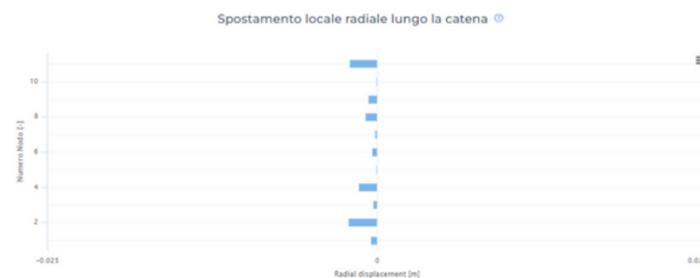
02

03

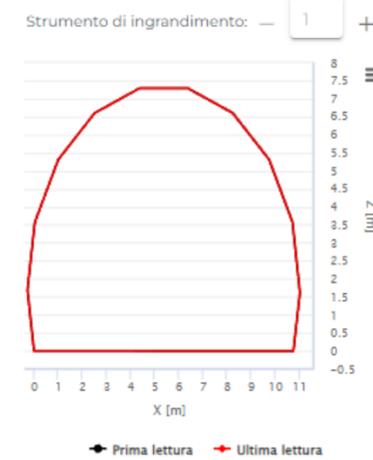
04

Cir Array - Risultati

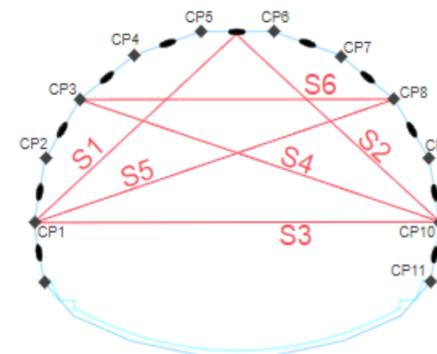
- **Spostamenti cumulati**
- Spostamenti locali
- Andamento nel tempo spostamenti locali (X-Z)
- **Andamento nel tempo spostamenti cumulati (X-Z)**
- Andamento nel tempo della velocità/accelerazione
- Andamento nel tempo segmenti di convergenza
- Lunghezza segmenti di convergenza (prima/ultima lettura)
- Temperatura di ogni singolo nodo
- Spostamento locale radiale lungo la catena
- Grafico 3D
- Andamento nel tempo dell'area
- Temperatura e Livello Batteria (Gateway - LoRa Device)



Spostamento X e Z locale



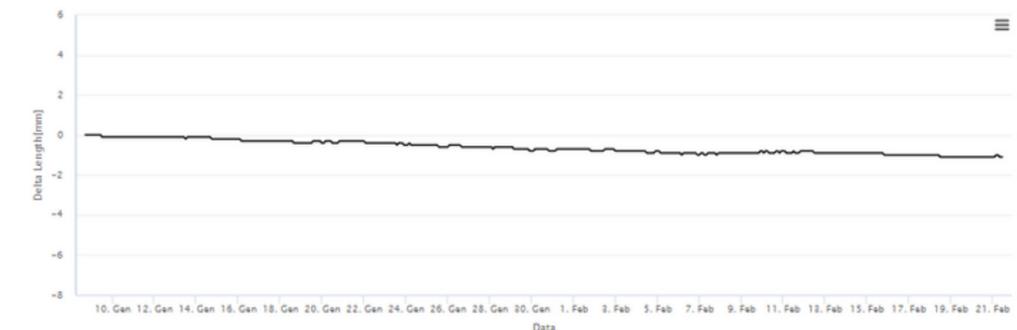
Stella di convergenza



Andamento nel tempo del Delta X(Delta Z) - Punto di calcolo 5



Andamento nel tempo della differenza di lunghezza S6





01

02

03

04

Strumenti - Vertical Array

Funzione

Monitoraggio Inclino metrico 3D

Sensori e Struttura

Nodi in resina uniti mediante:

- Aste in fibra di vetro
- Cavo in kevlar
- Struttura metallica (recuperabile)

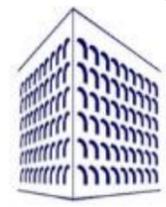
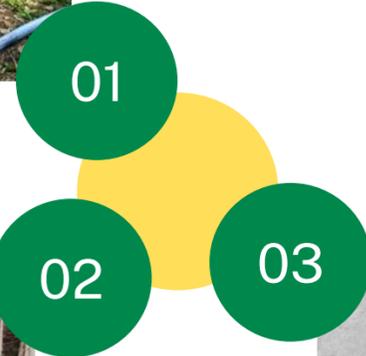
Sensore MEMS + magnetometro + termometro

Campi di impiego

Monitoraggio paratie, pali, versanti franosi

Installazione

In funzione dell'elemento monitorato



01

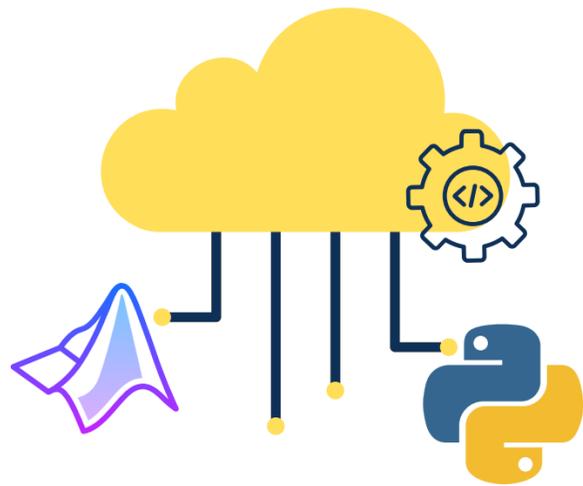
02

03

04

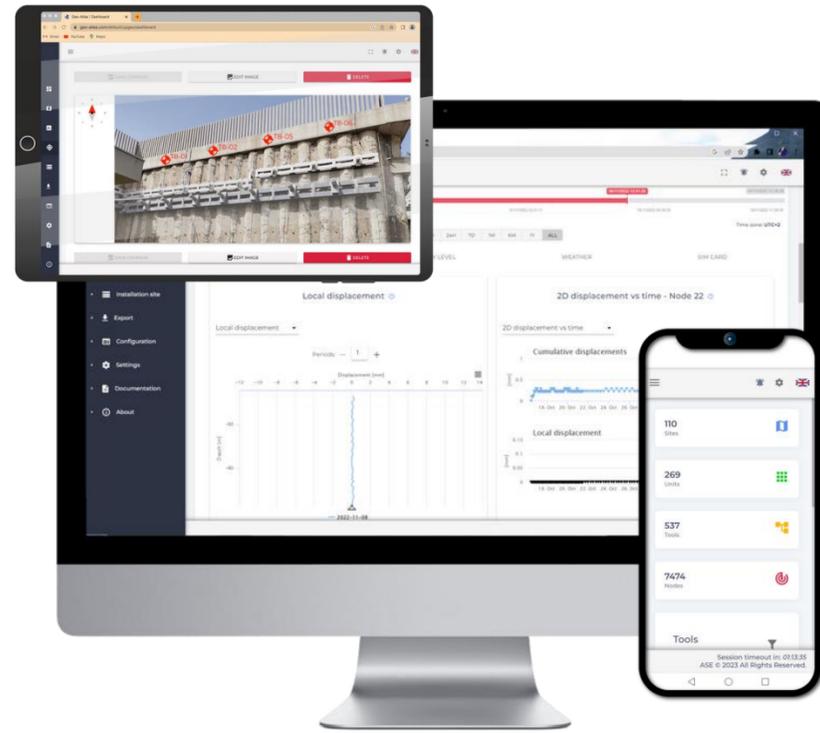
Gestione dati e piattaforma

Geo-Atlas



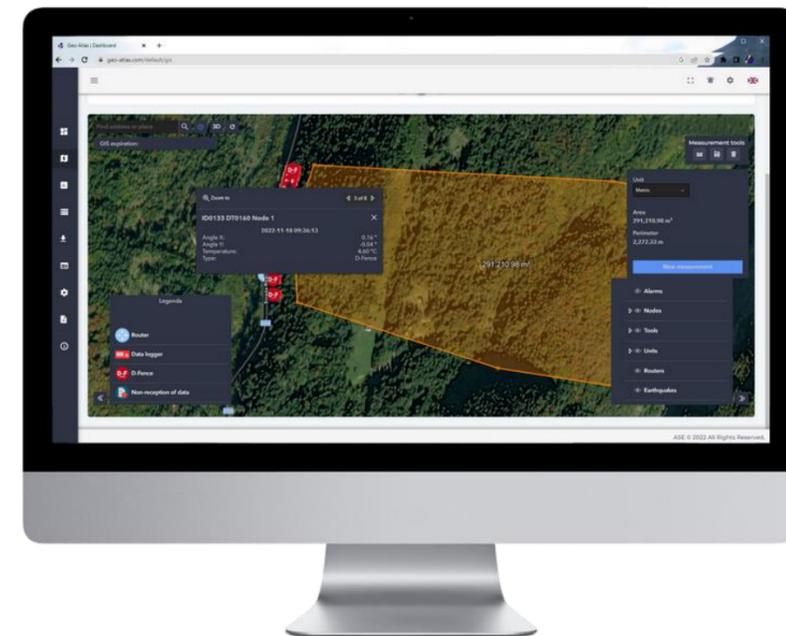
ELABORARE PRE-VALIDARE

Controllo su risultante,
Individuazione automatica sensori
scalibrati o in errore, ecc.



OSSERVARE

Piattaforma consultabile da
molteplici dispositivi
(PC, Smartphone, Tablet)
Accesso controllato



RAPPRESENTARE

Grafici dinamici
Rappresentazione GIS 2D e 3D
Upload tavole progettuali



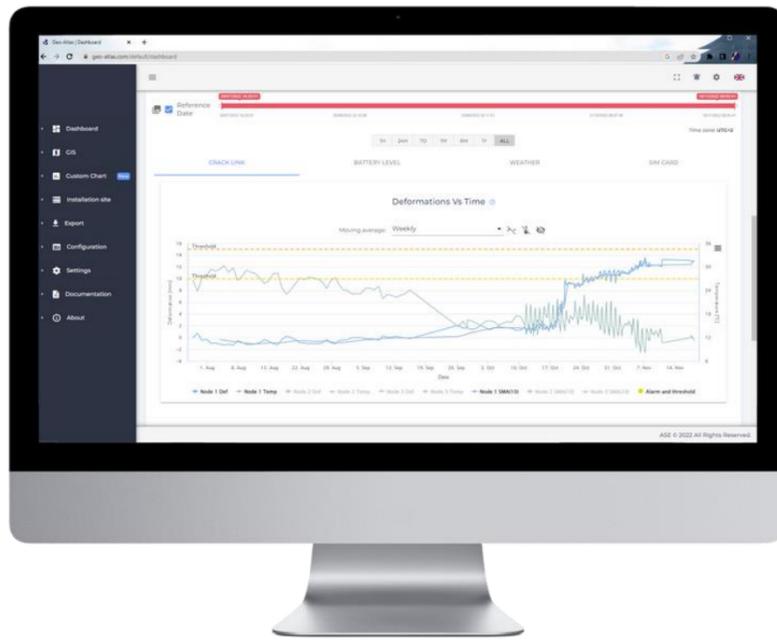
01

02

03

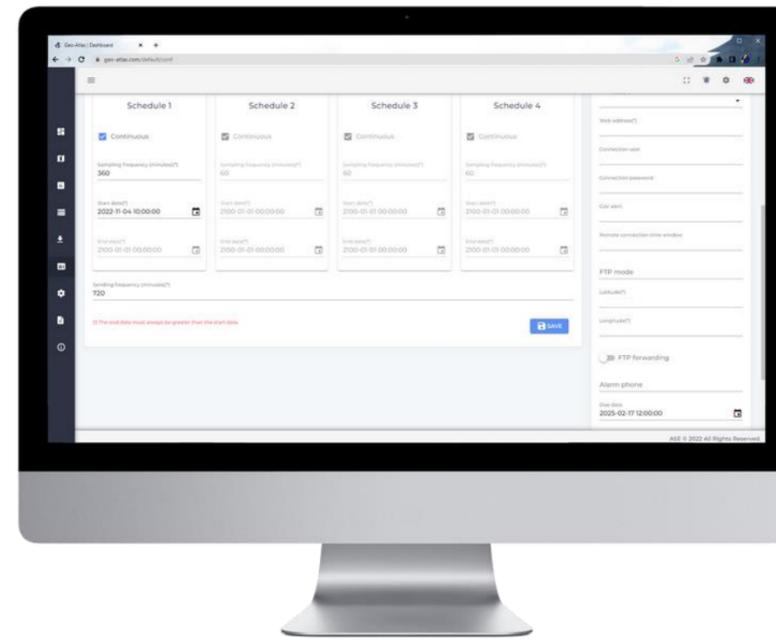
04

Gestione dati e piattaforma



ANALIZZARE

Strumenti di analisi integrati
Grafici Custom
Report automatici personalizzati



GESTIRE

Definizione soglie allertamento
Modifica parametri Datalogger
da remoto
Upload documentazione tecnica
Gestione remota telecamere,
semafori o pannelli a messaggio
variabile



INTEGRARE

Gestione dei principali sensori
statici e dinamici presenti sul
mercato
Integrazione topografia
Caricamento semplificato
strumenti a lettura manuale





ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING



Caso di Studio

Lotto 341 – Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



16.9

km di lunghezza



12.3

metri di diametro



7.4

milioni di tonnellate di materiale scavato



10

anni di costruzione



2020

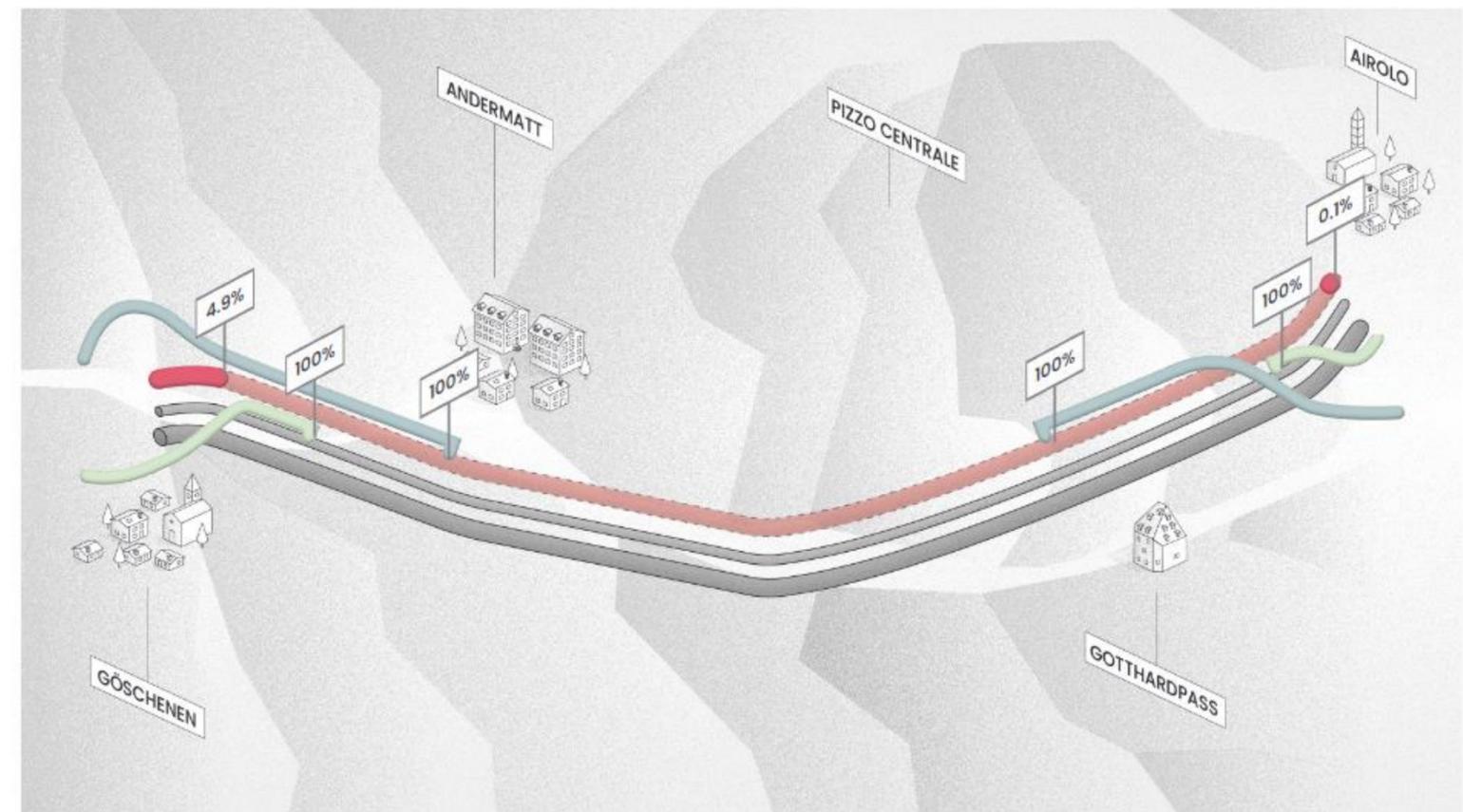
inizio lavori



2.14

miliardi CHF di costi di costruzione

AVANZAMENTO DELLA COSTRUZIONE



- Cunicolo di accesso
- Secondo tubo San Gottardo
- SISO: Cunicolo infrastrutturale e di servizio
- Primo tubo San Gottardo
- Spostamento SISO



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



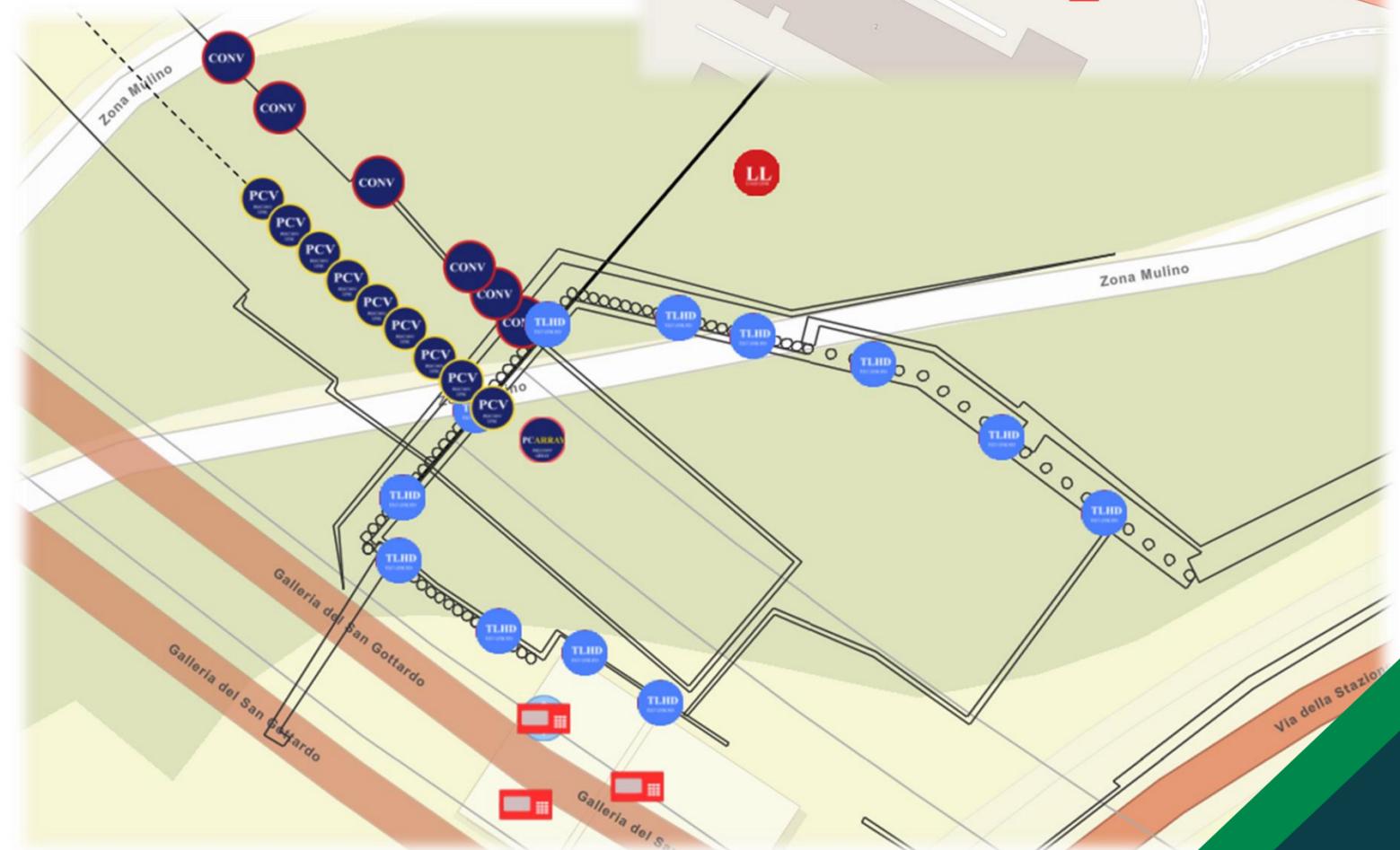
ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING

Monitoraggio imbocco e canna di lancio

- 12 Inclinatori automatici Vertical Array Structure (291 punti di misura)
- 10 verticali inclinometriche per letture manuali (100 punti di misura)
- 1 PreConv Array (9 punti di misura)
- 62 Celle di Carico
- 4 Strain Gauges
- 1 Stazione Totale (92 mire topografiche)
- 1 Stazione Meteo (misura altezza di pioggia e neve)
- Misure topografiche di Convergenza

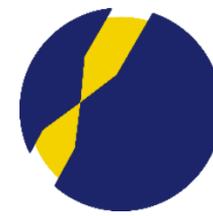


Fonte: galleriasangottardo.ch



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

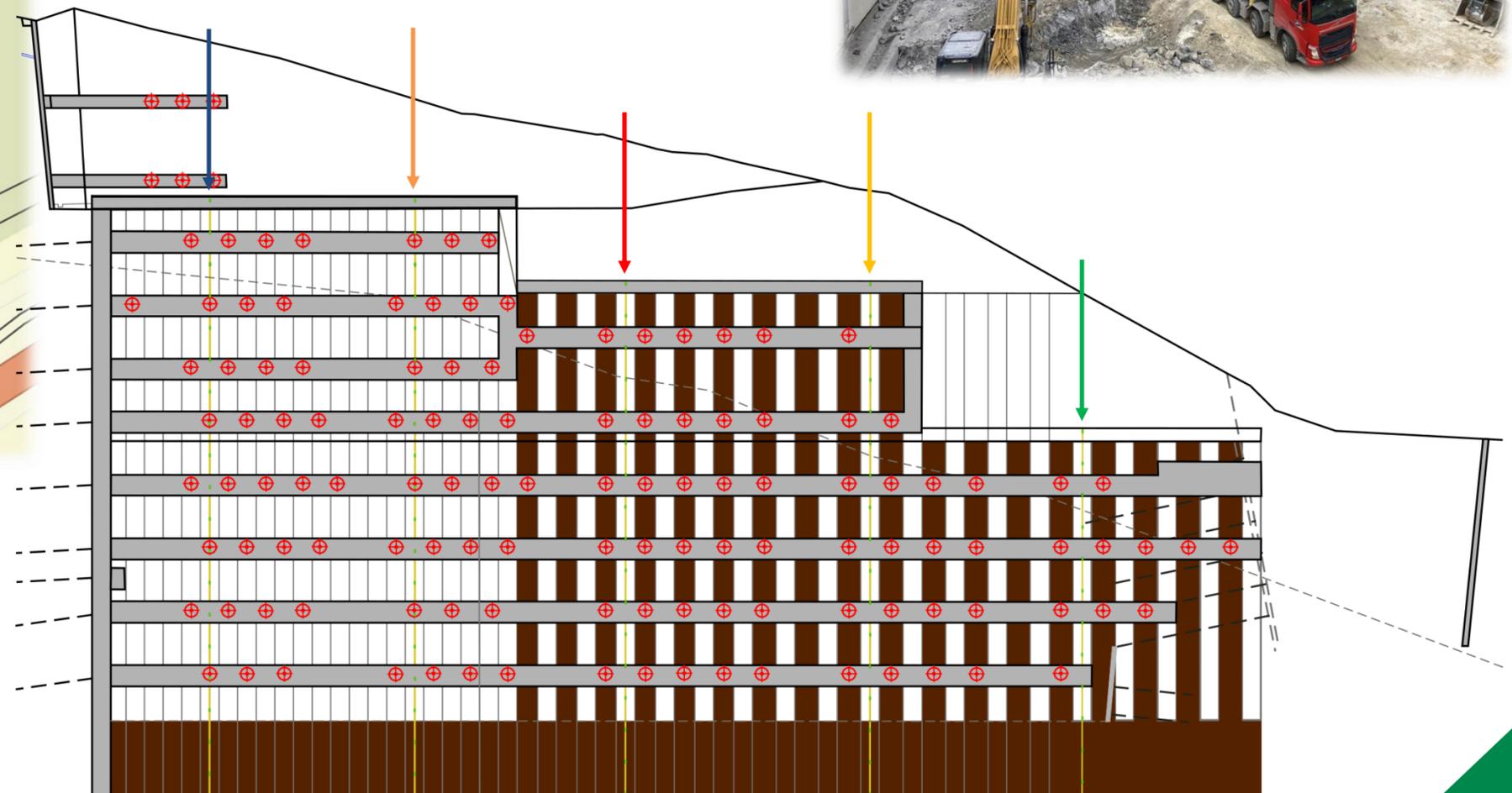
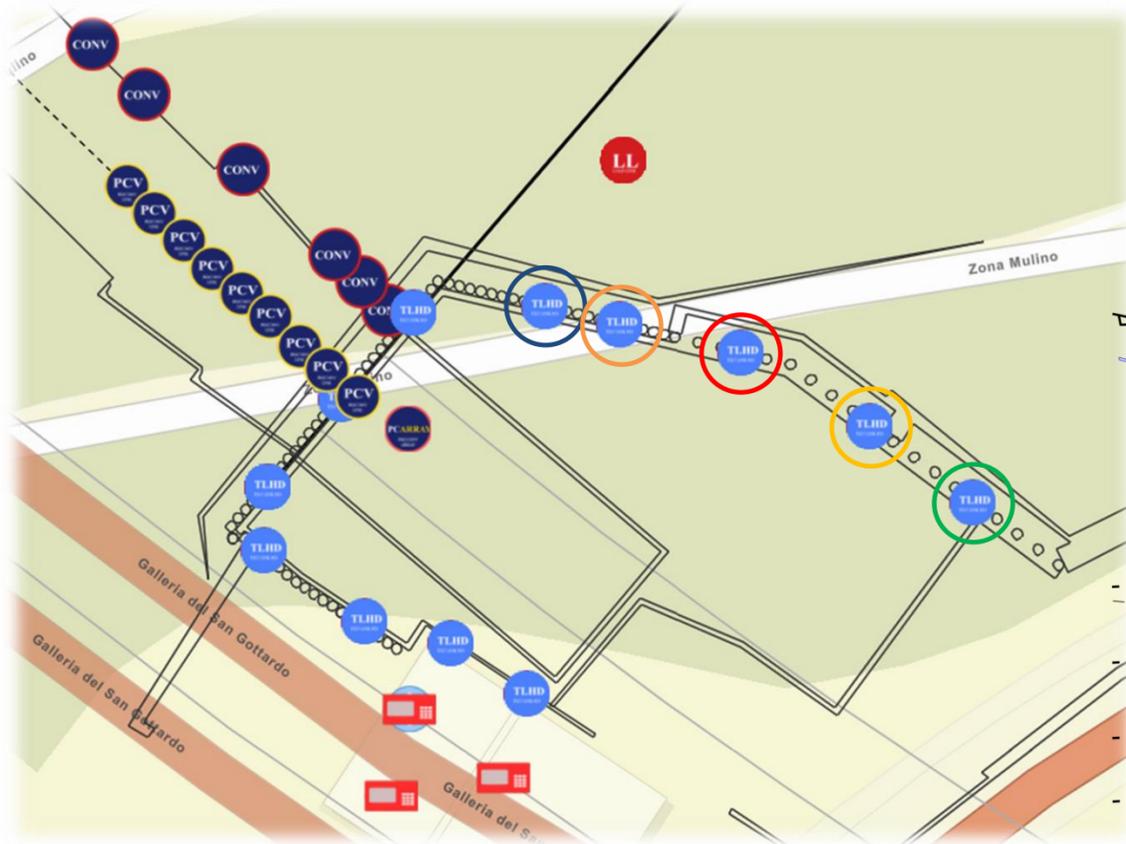


ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



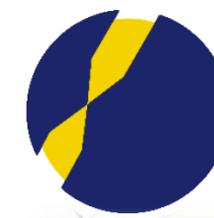
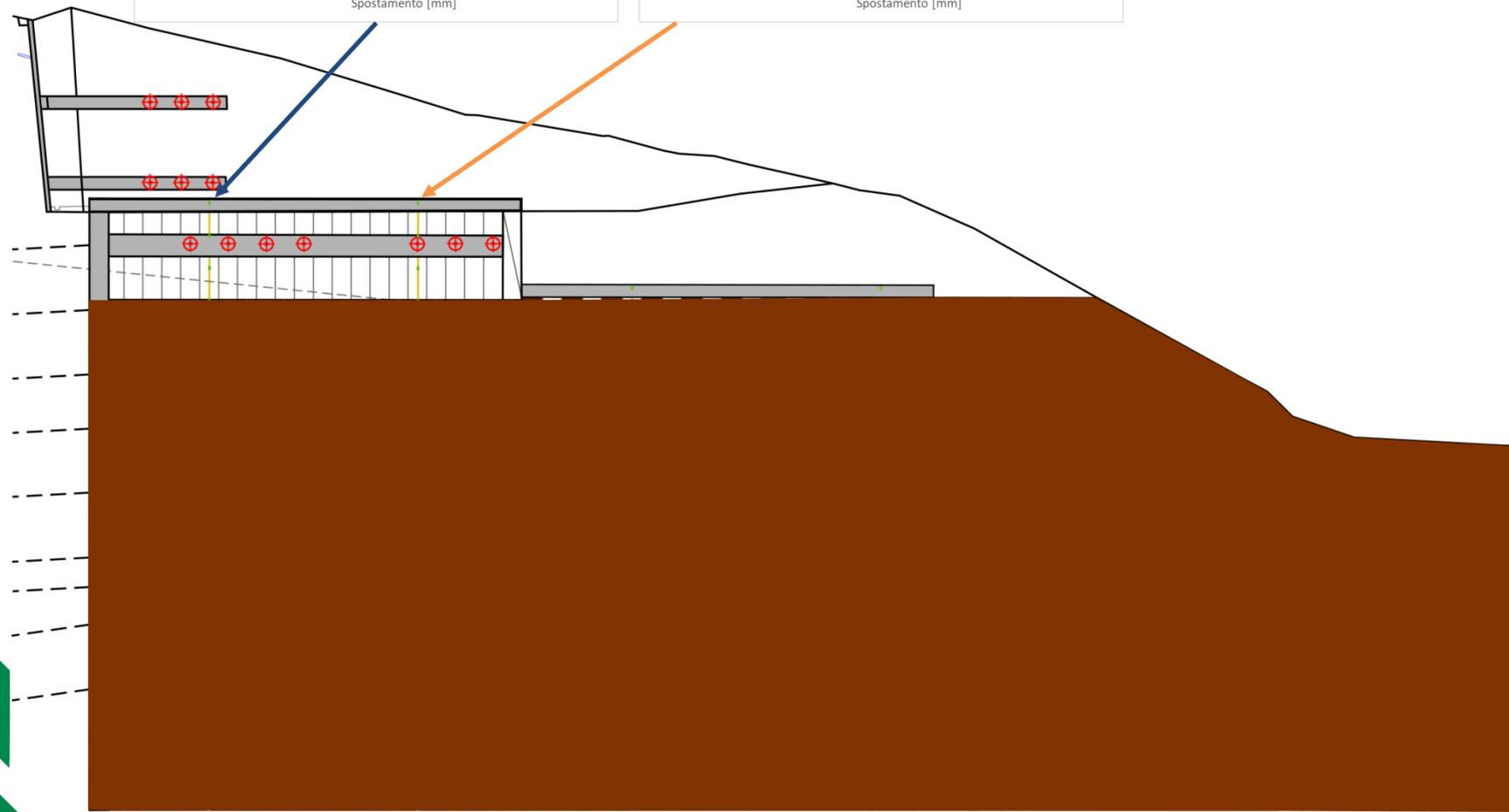
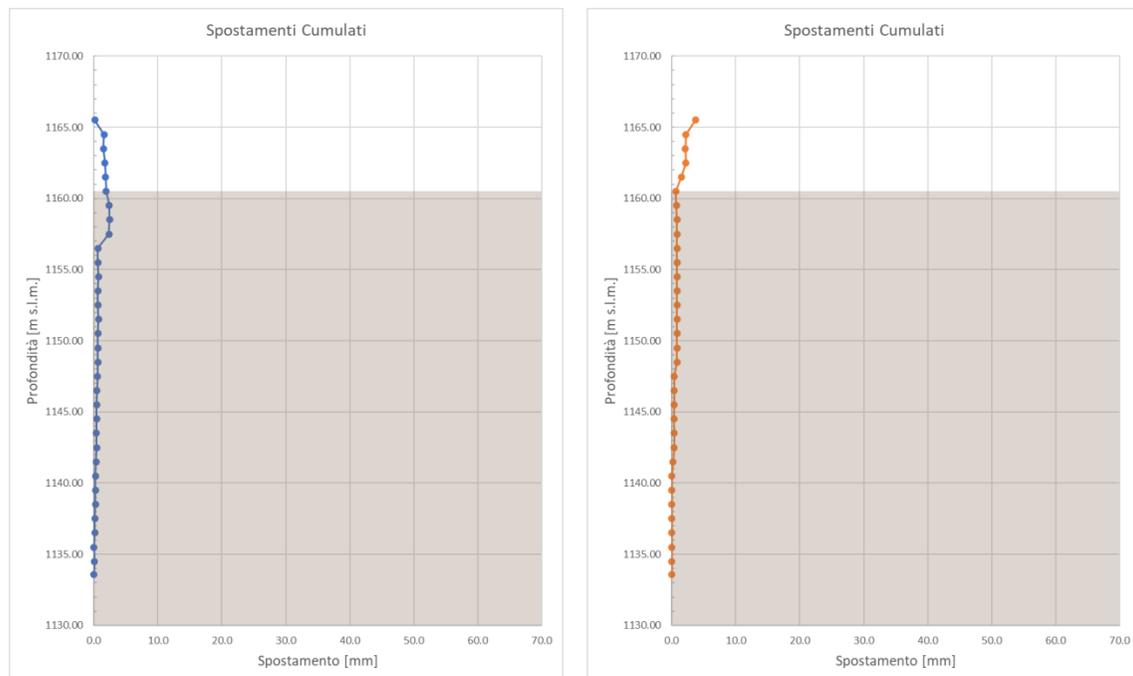
PINI
SMART ENGINEERING

Monitoraggio paratie



Caso di Studio

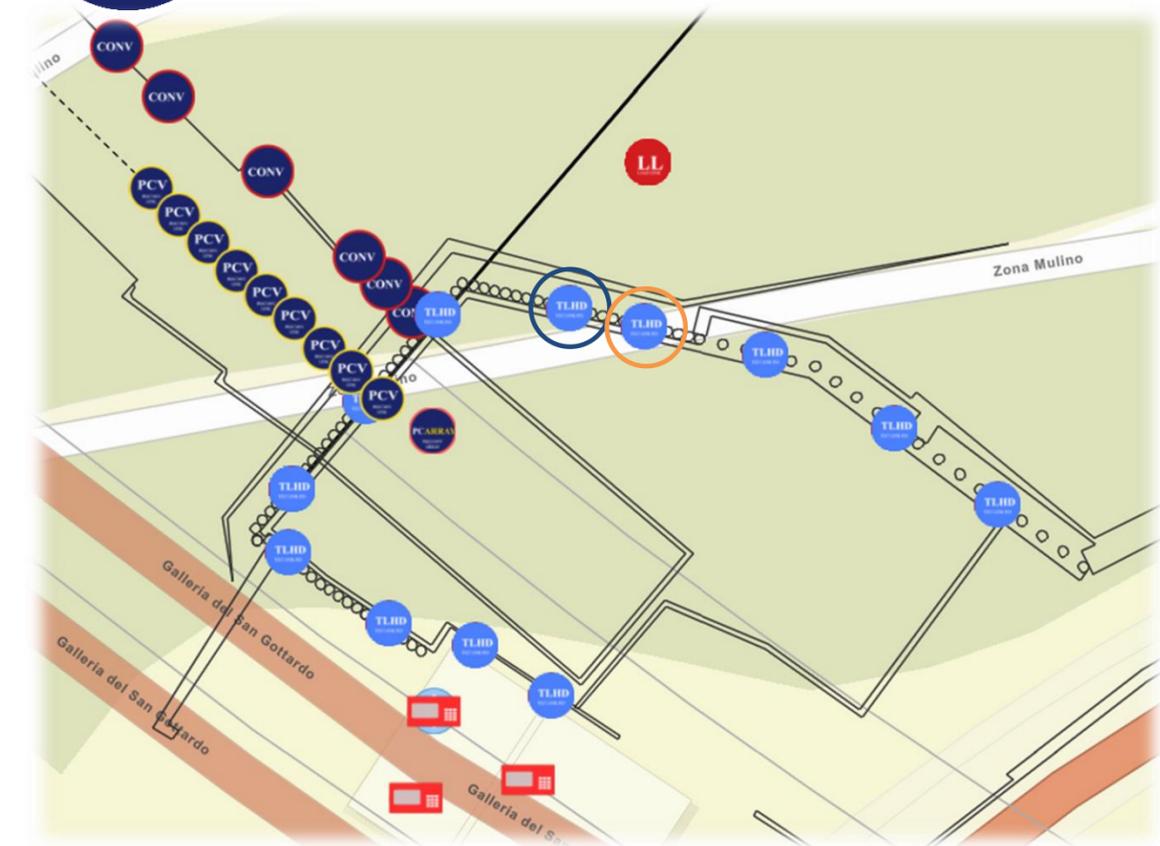
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING



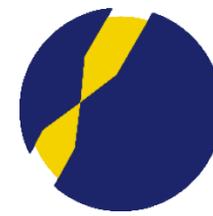
Luglio 2023 - Scavo a 5 m

Due inclinometri automatici attivi sulla paratia 3



Caso di Studio

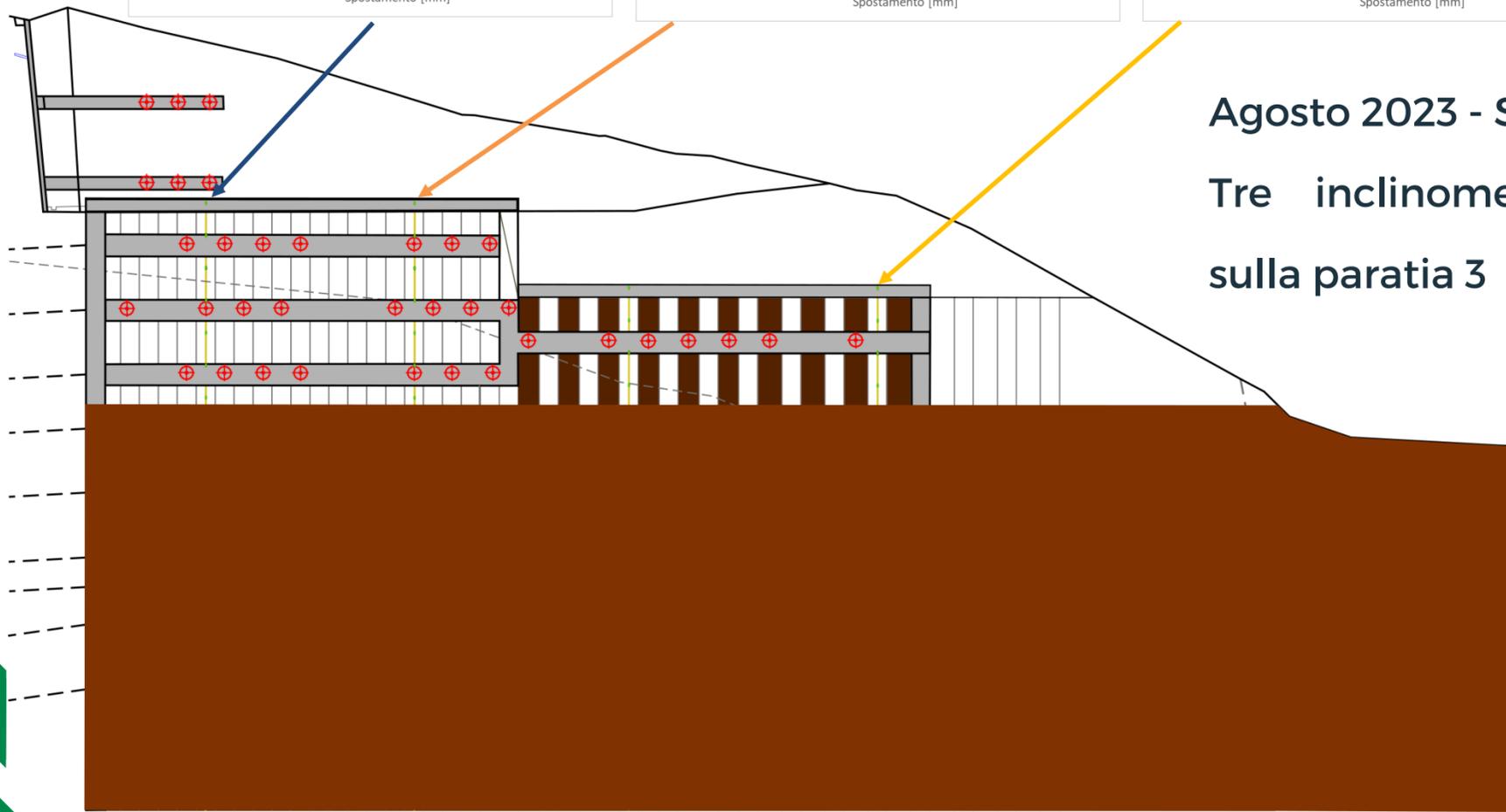
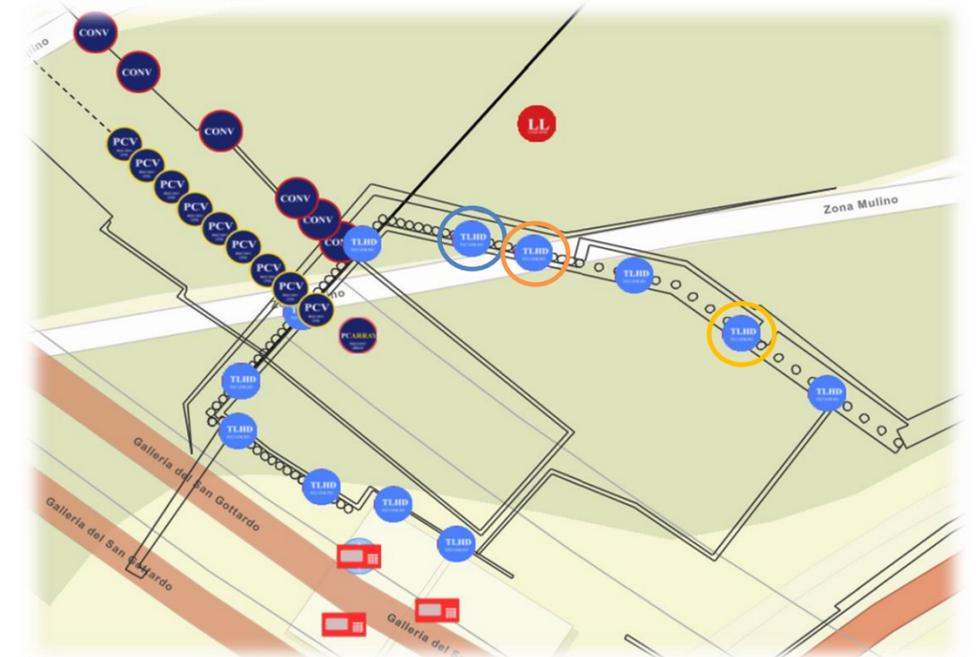
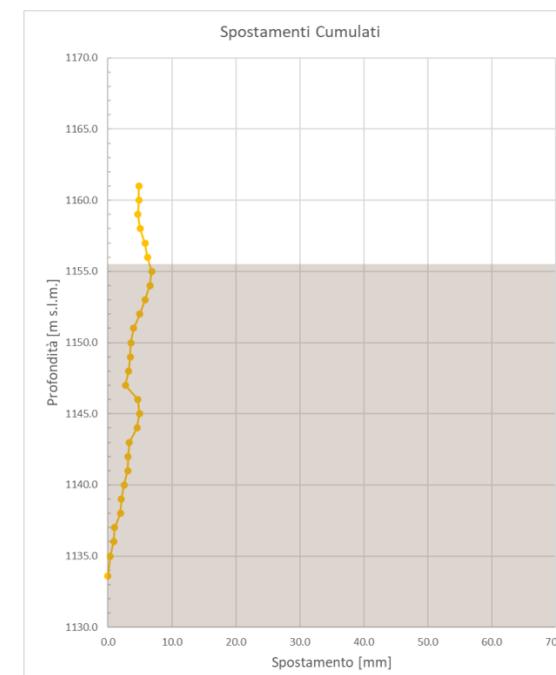
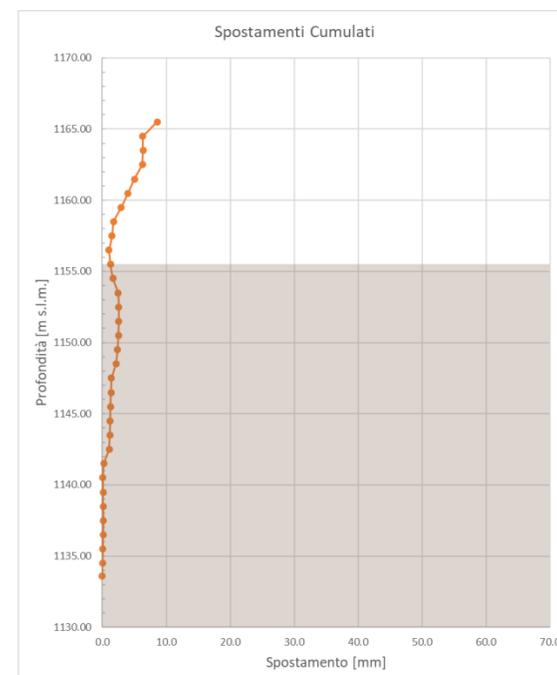
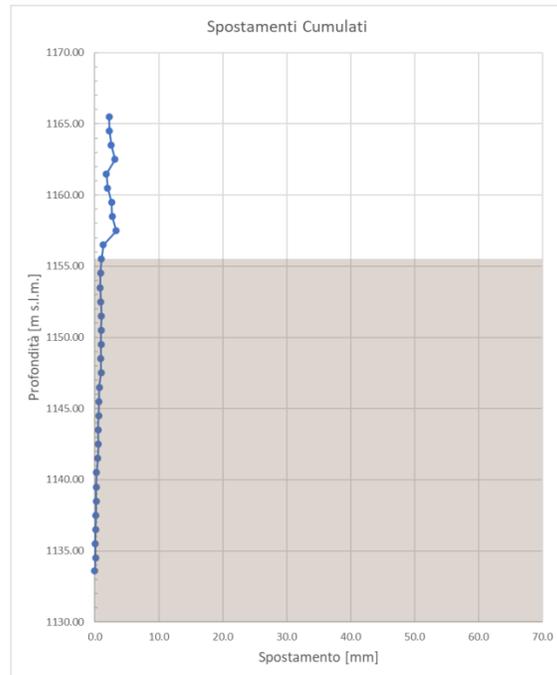
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING



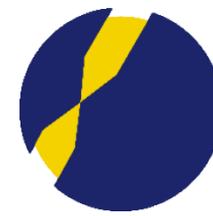
Agosto 2023 - Scavo a 10 m

Tre inclinometri automatici attivi
sulla paratia 3



Caso di Studio

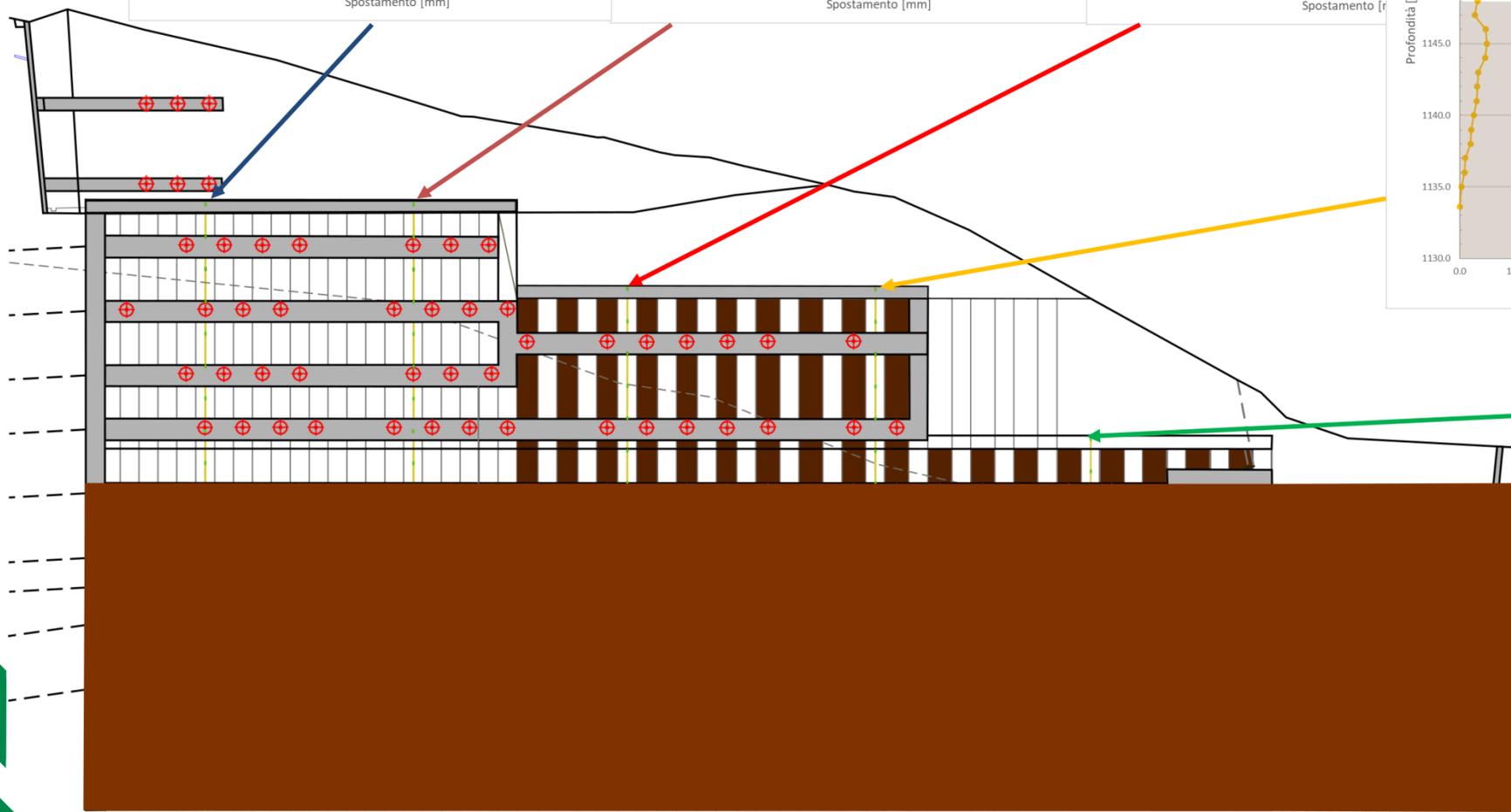
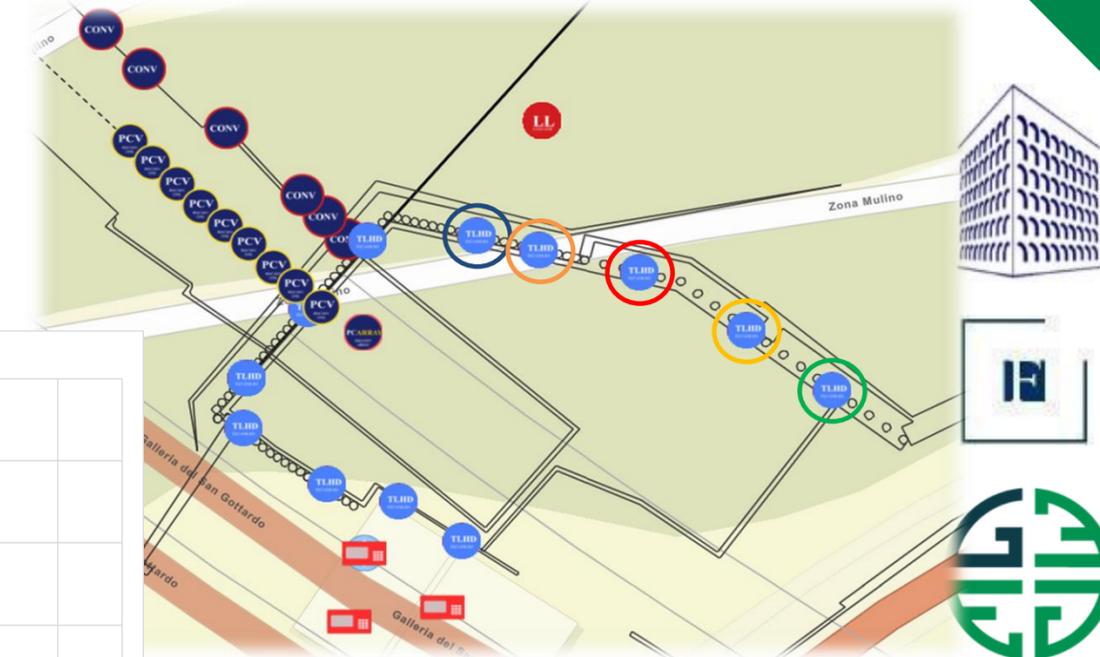
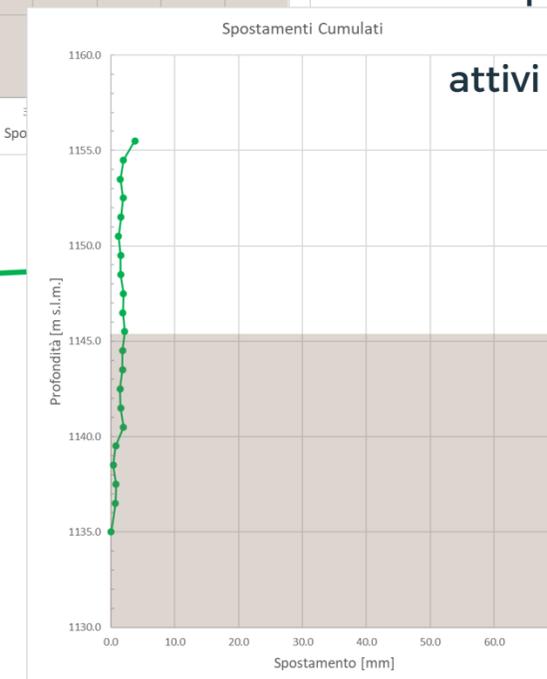
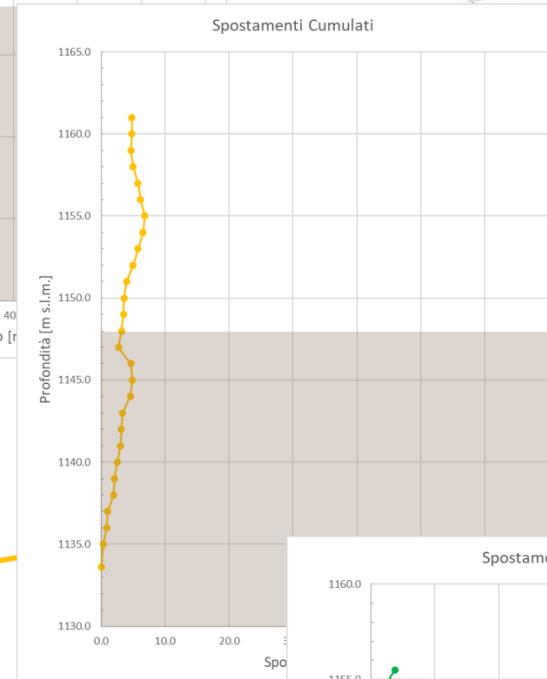
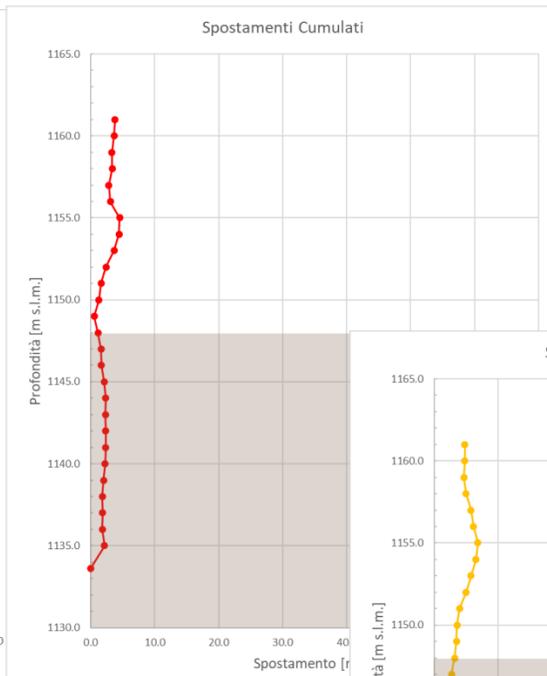
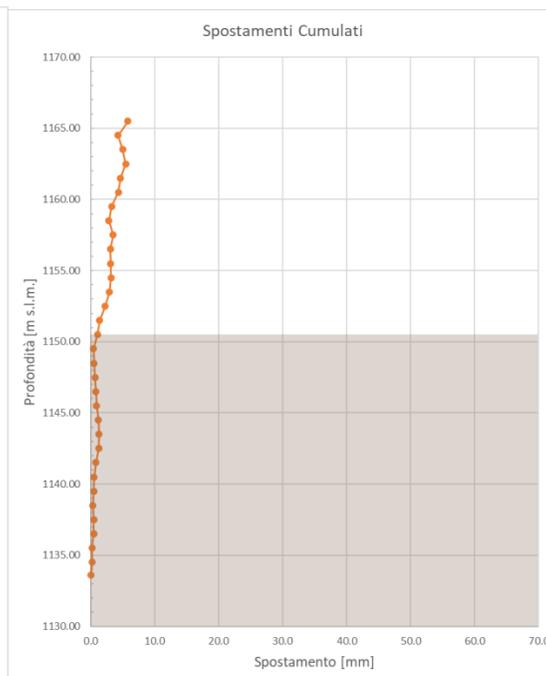
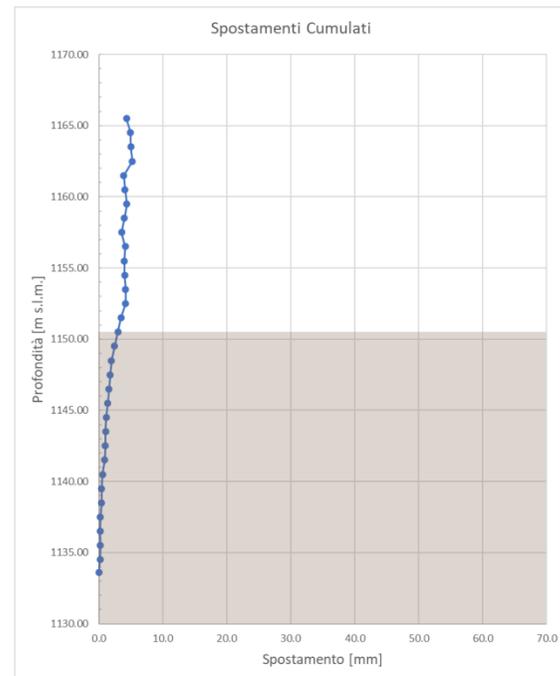
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING



Ottobre 2023 - Scavo a 15 m

Cinque inclinometri automatici

attivi sulla paratia 3



Caso di Studio

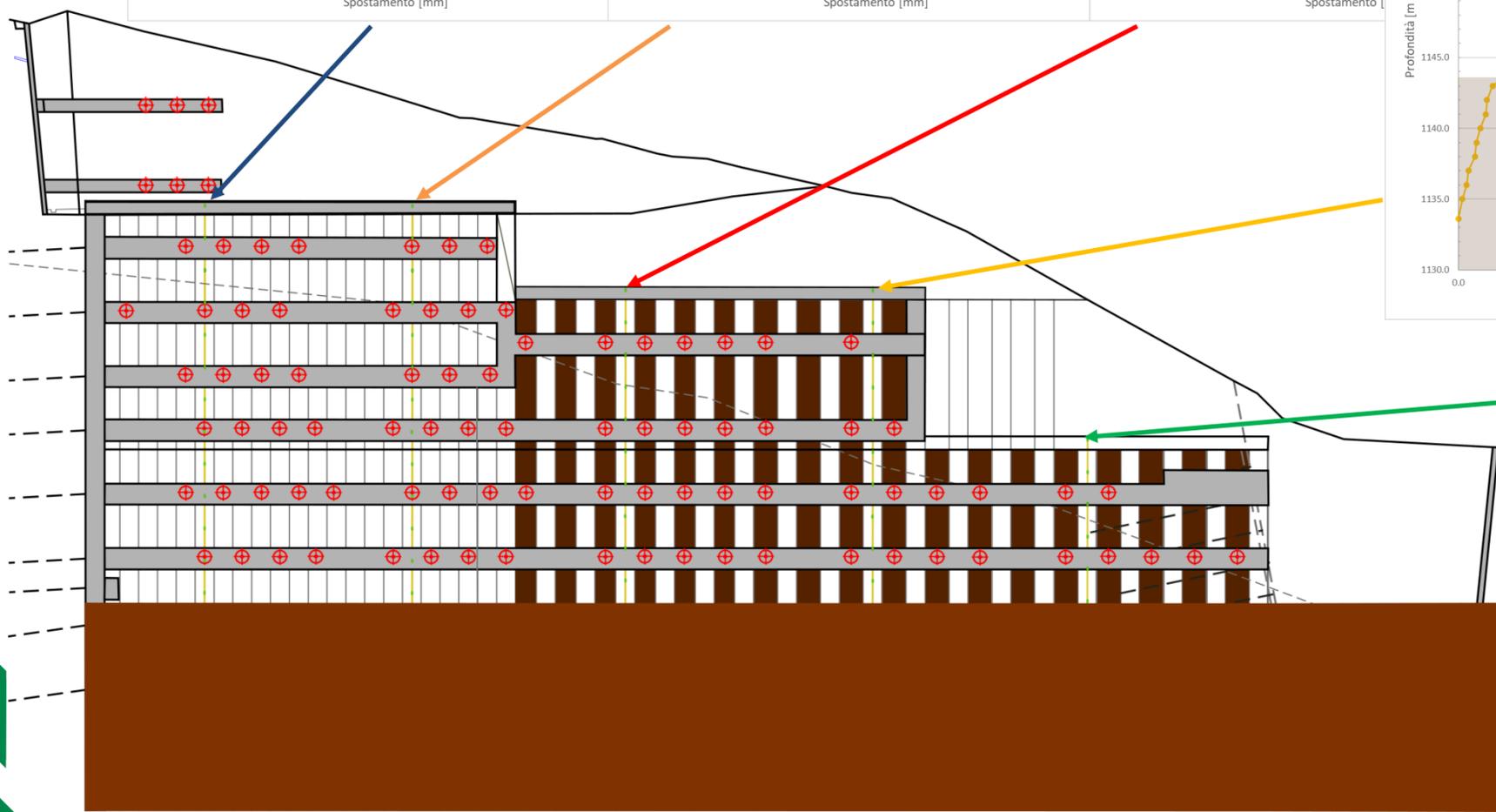
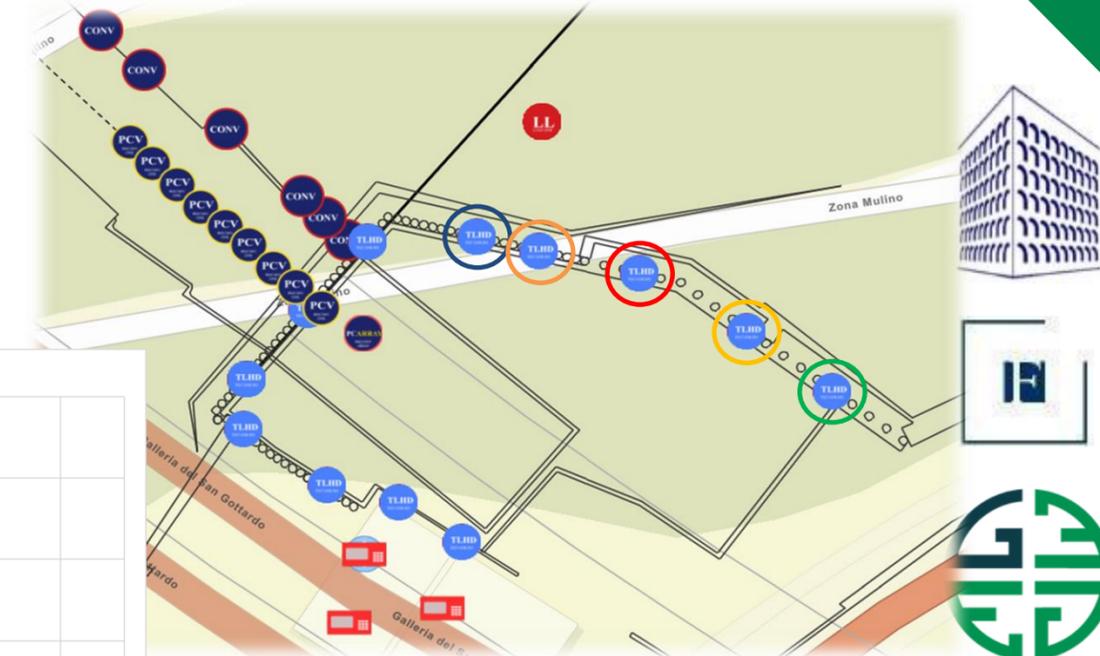
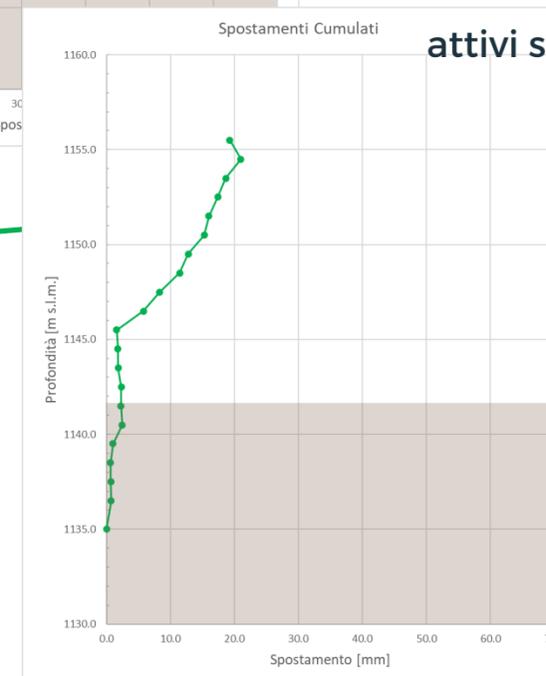
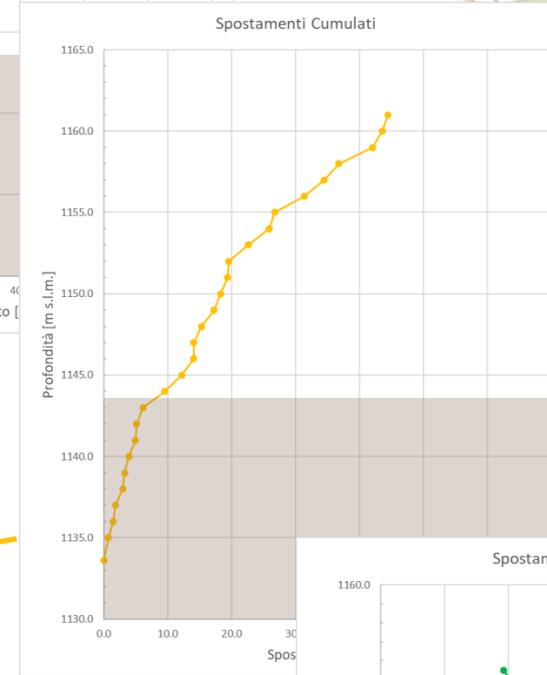
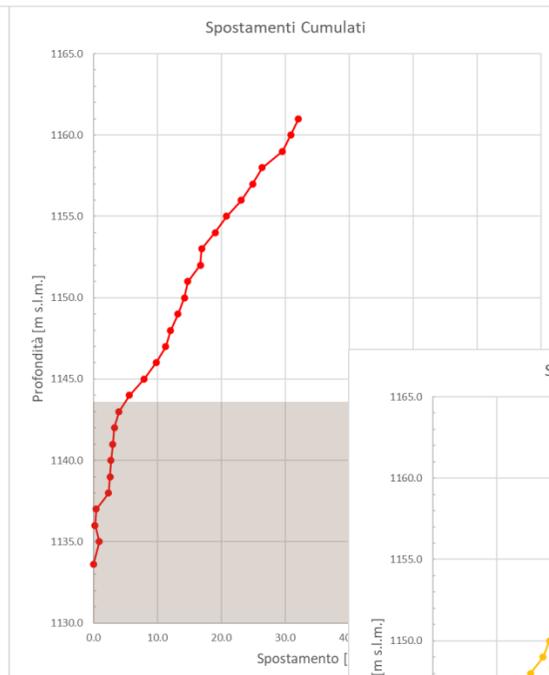
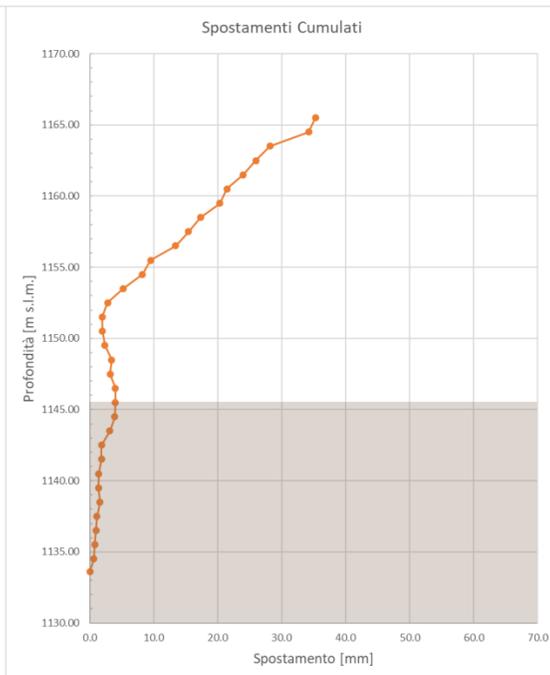
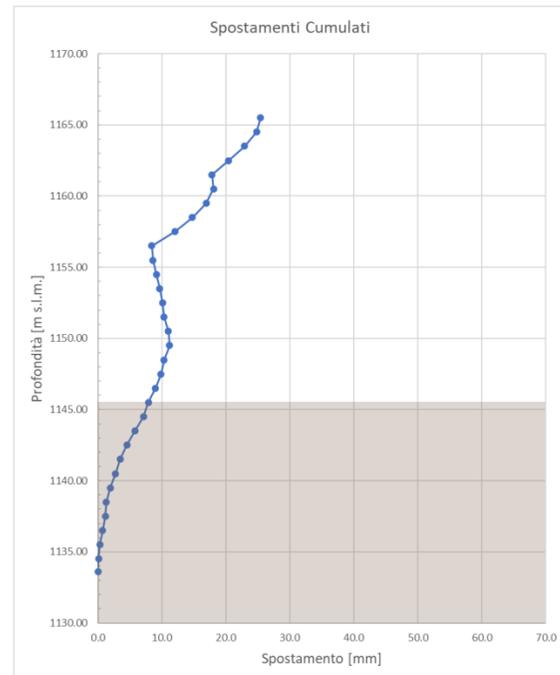
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING



Dicembre 2023 - Scavo a 20 m

Cinque inclinometri automatici

attivi sulla paratia 3



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

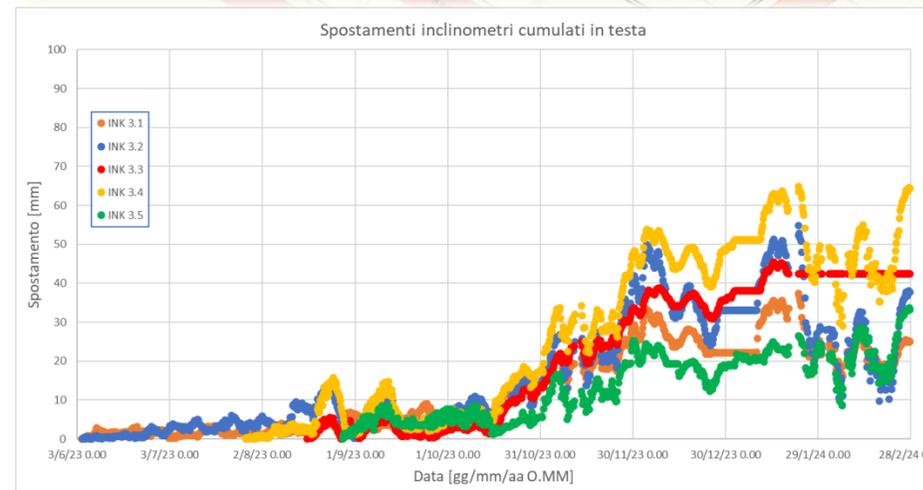
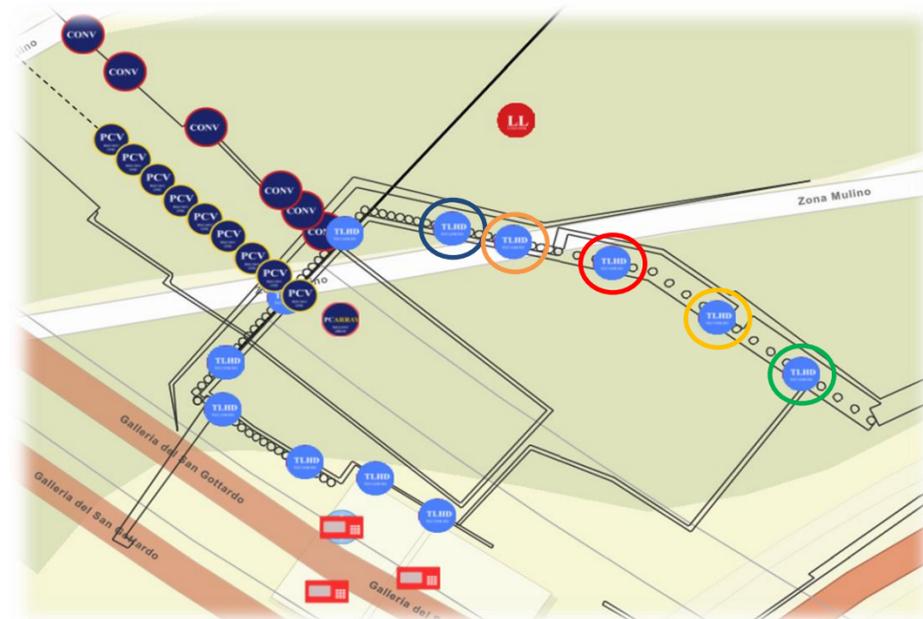
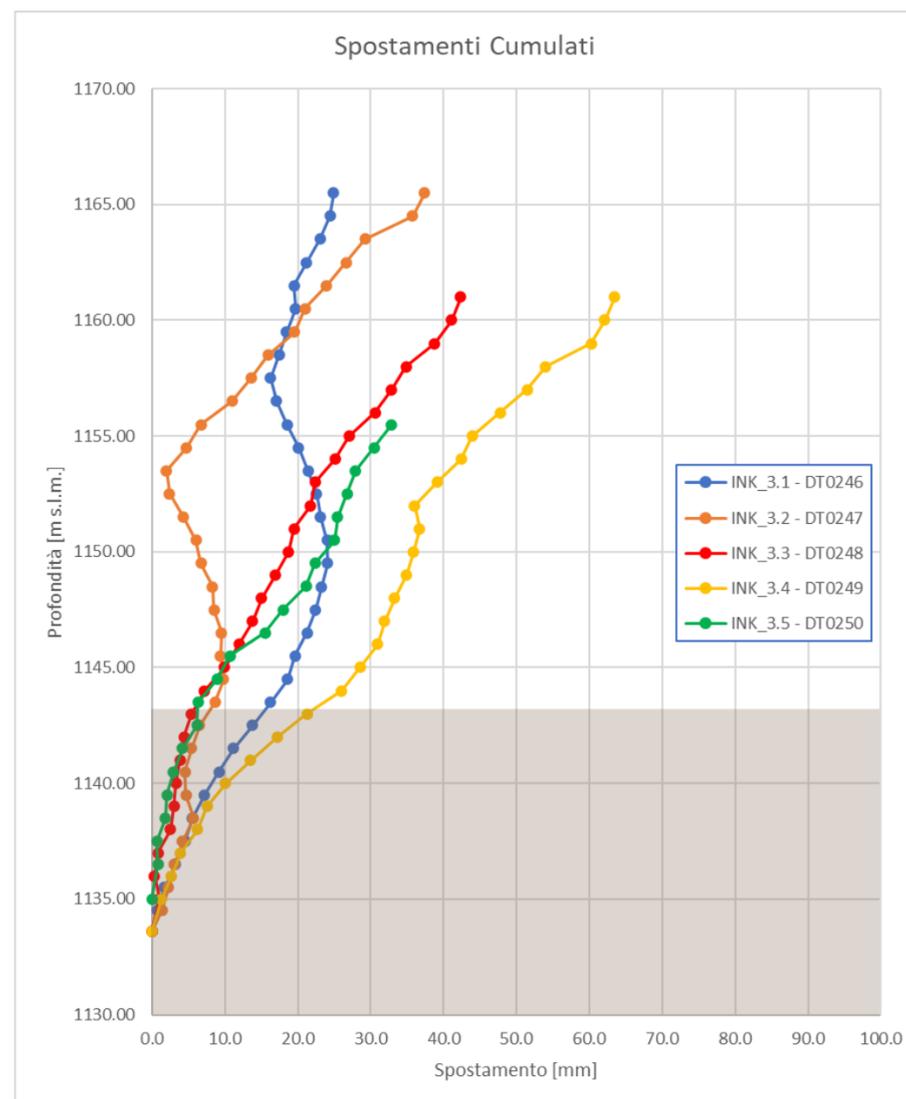


ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



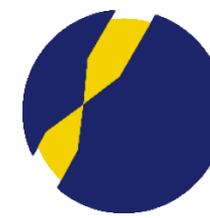
PINI
SMART ENGINEERING

Situazione attuale - Scavo a 22 m

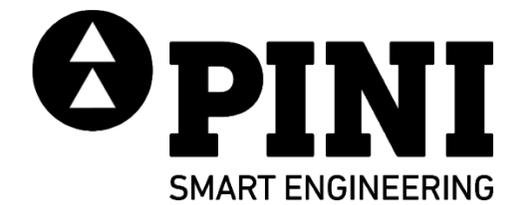


Caso di Studio

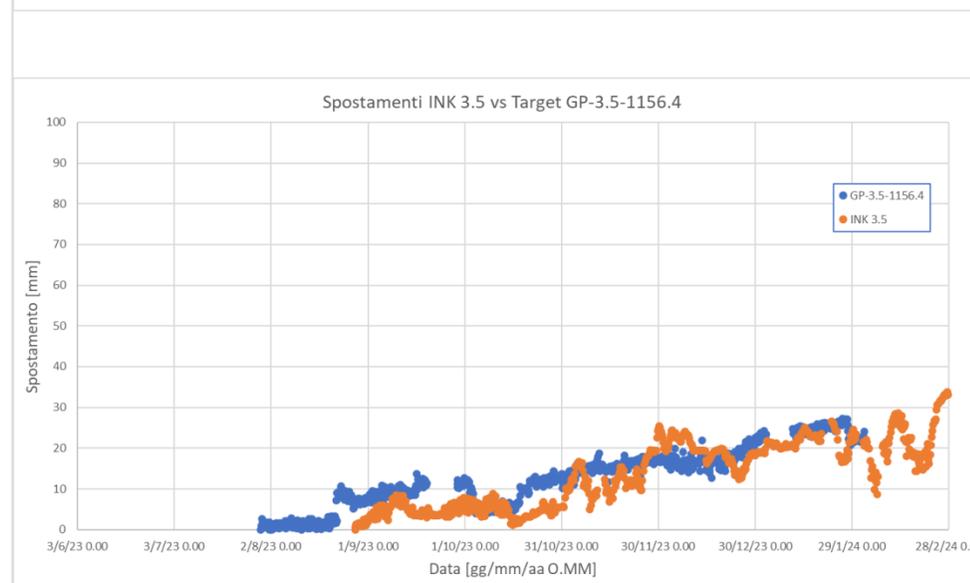
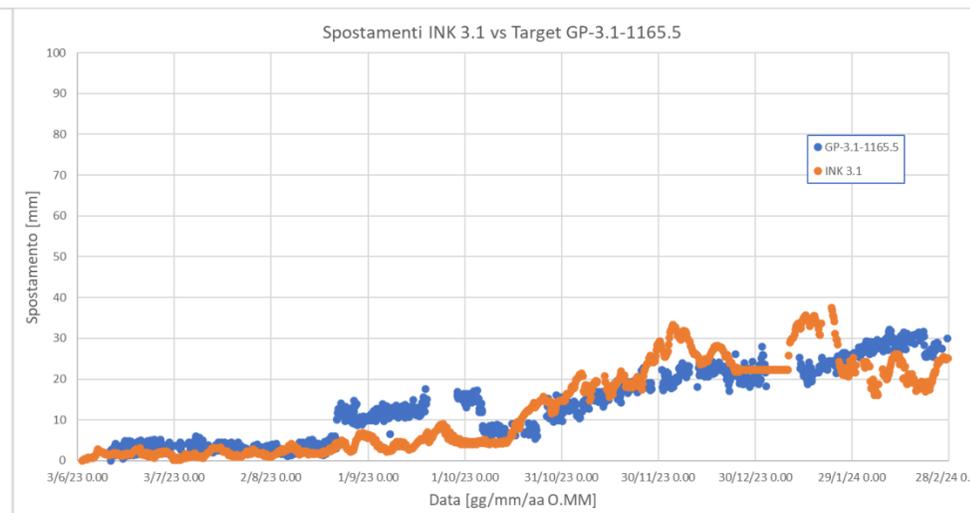
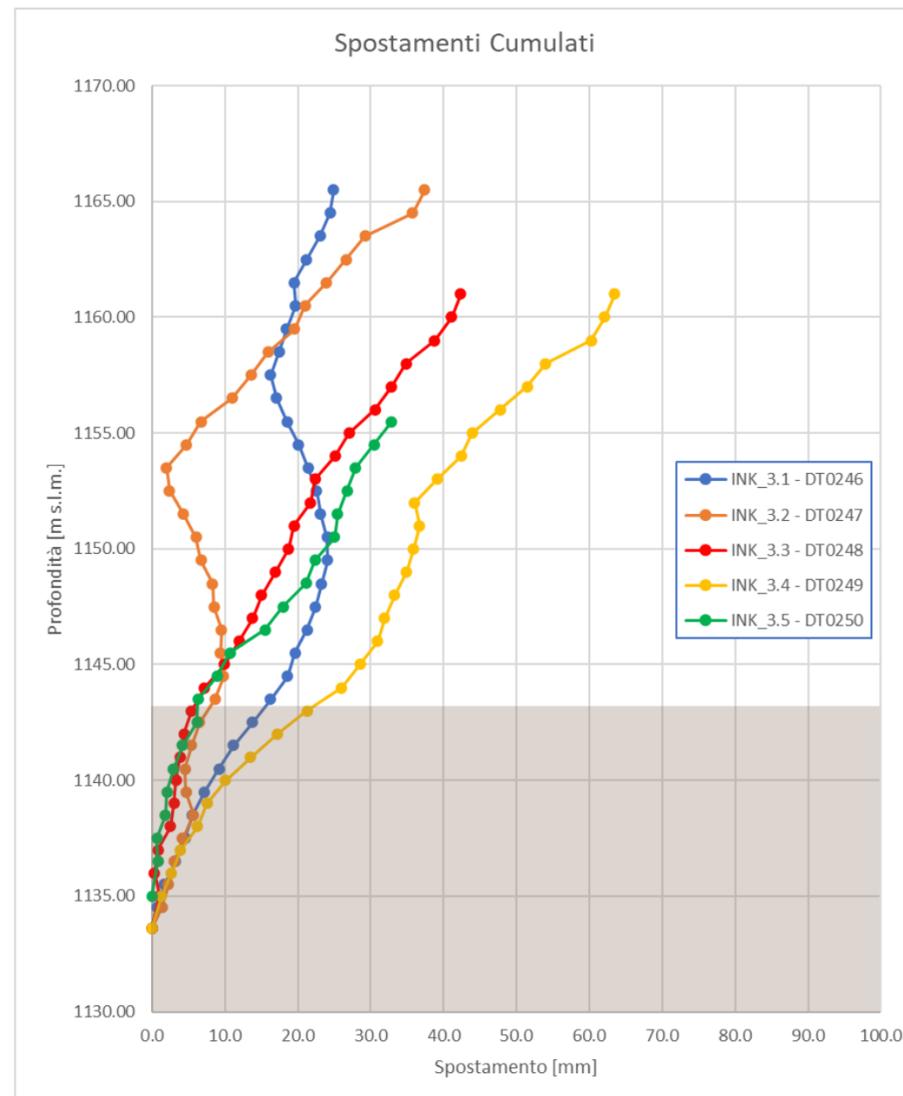
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



Situazione attuale - Scavo a 22 m

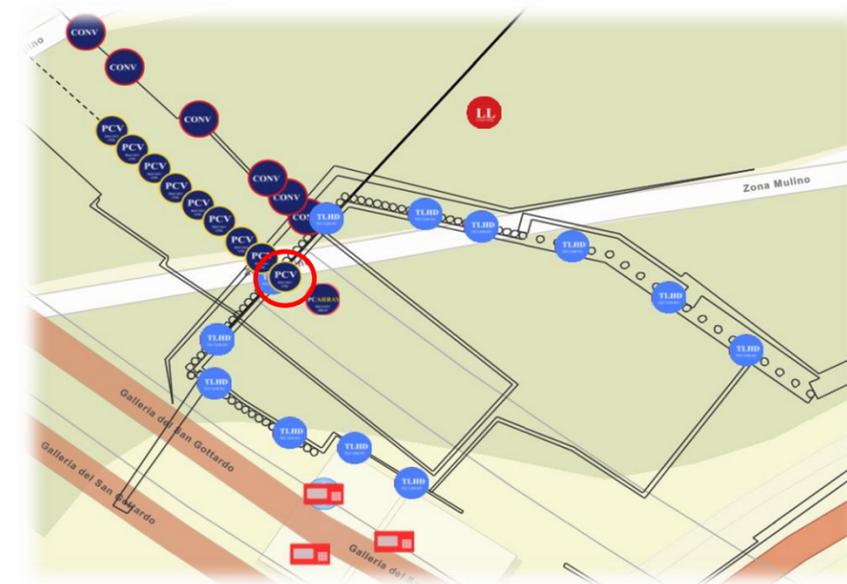


Caso di Studio

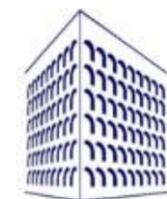
Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera



Monitoraggio scavo imbocco



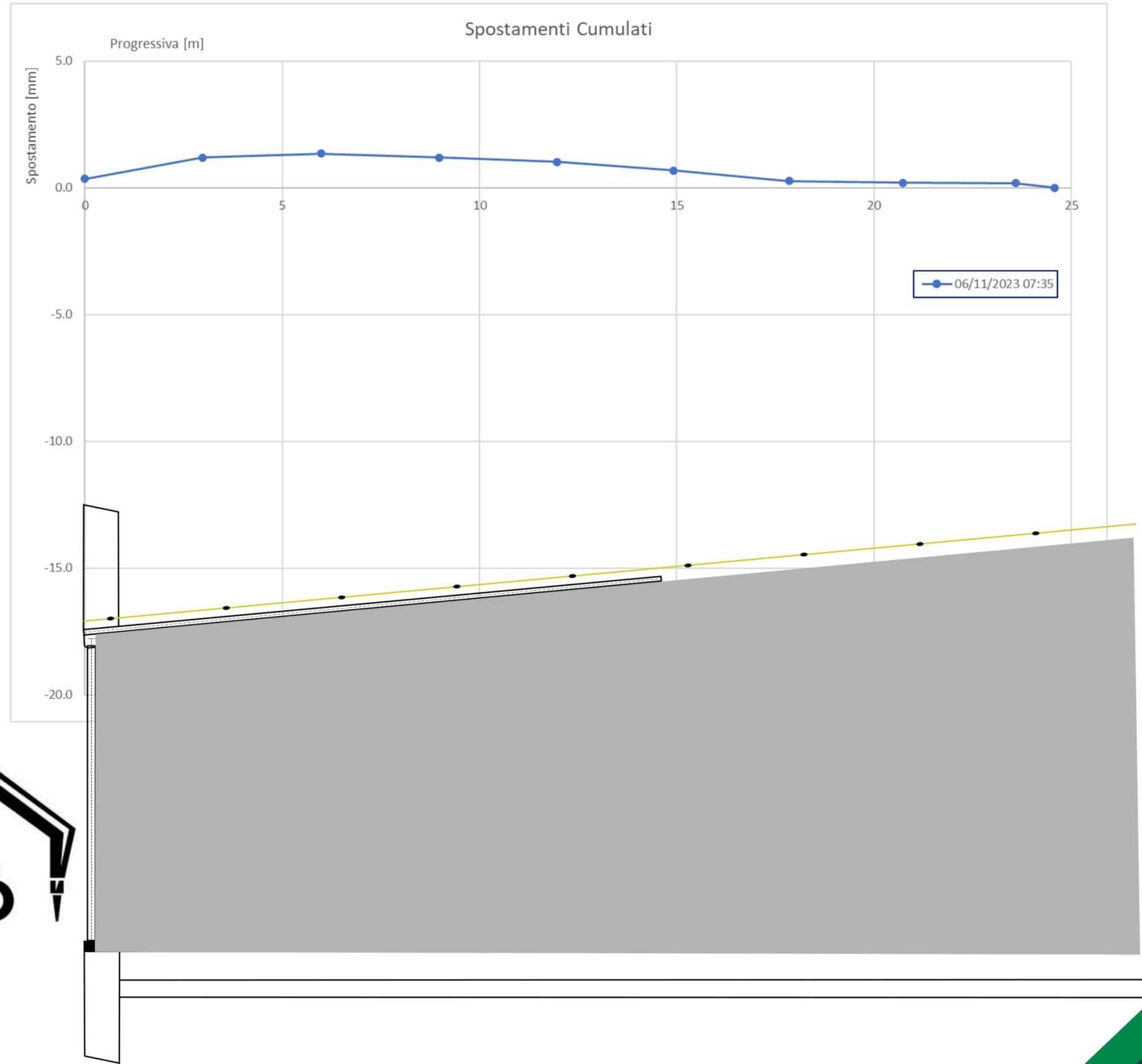
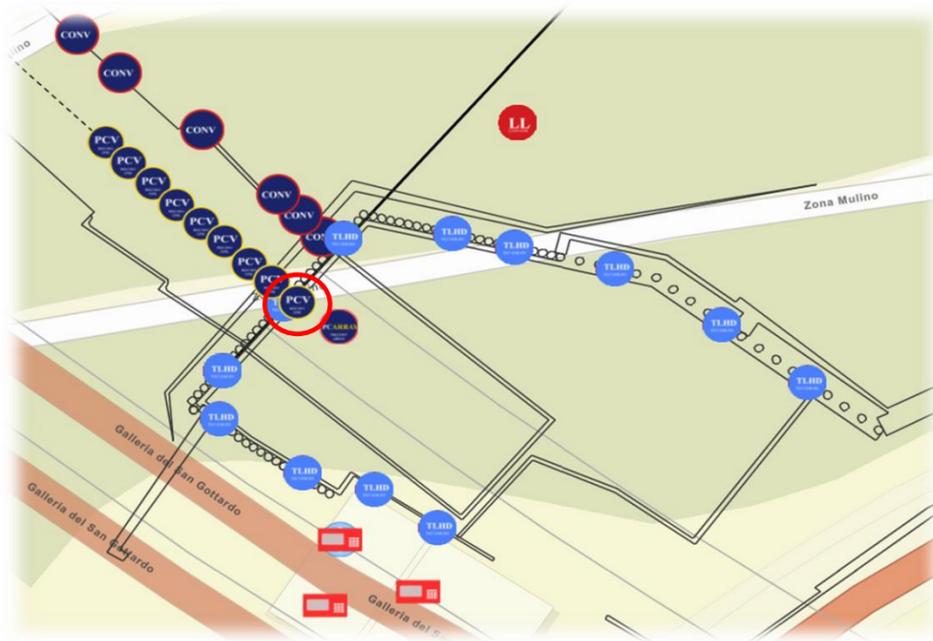
Ing. R. Savi, Ing. A. Carri - Monitoraggio e Big Data management: strumenti avanzati a supporto delle attività di controllo delle opere in sotterraneo



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

Scavo imbocco - Campo 1
6-9 novembre 2023



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING

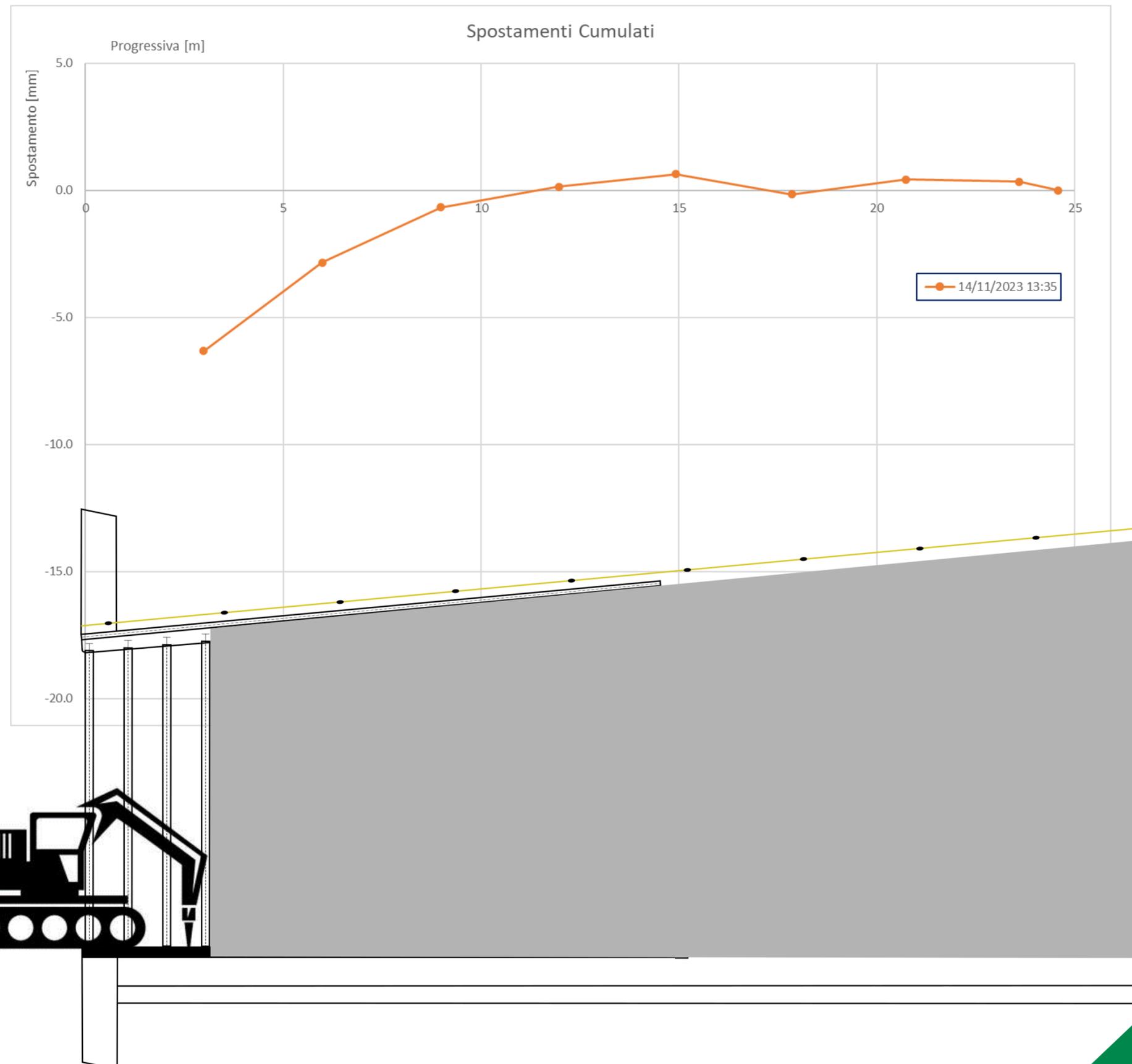
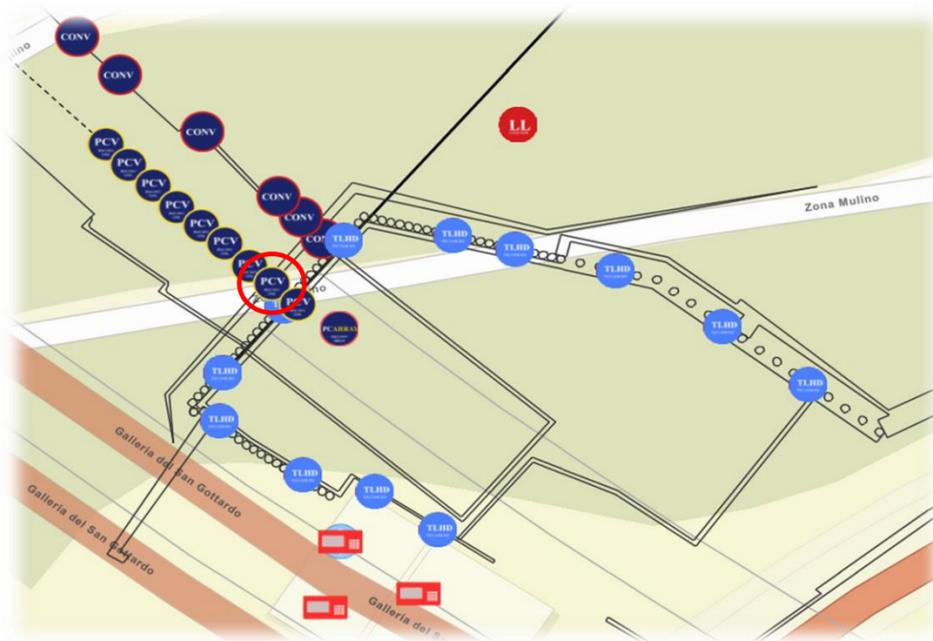


PINI
SMART ENGINEERING

Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

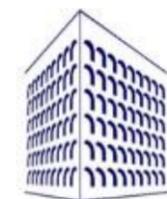
Scavo a 3 m - Campo 1
14 novembre 2023



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



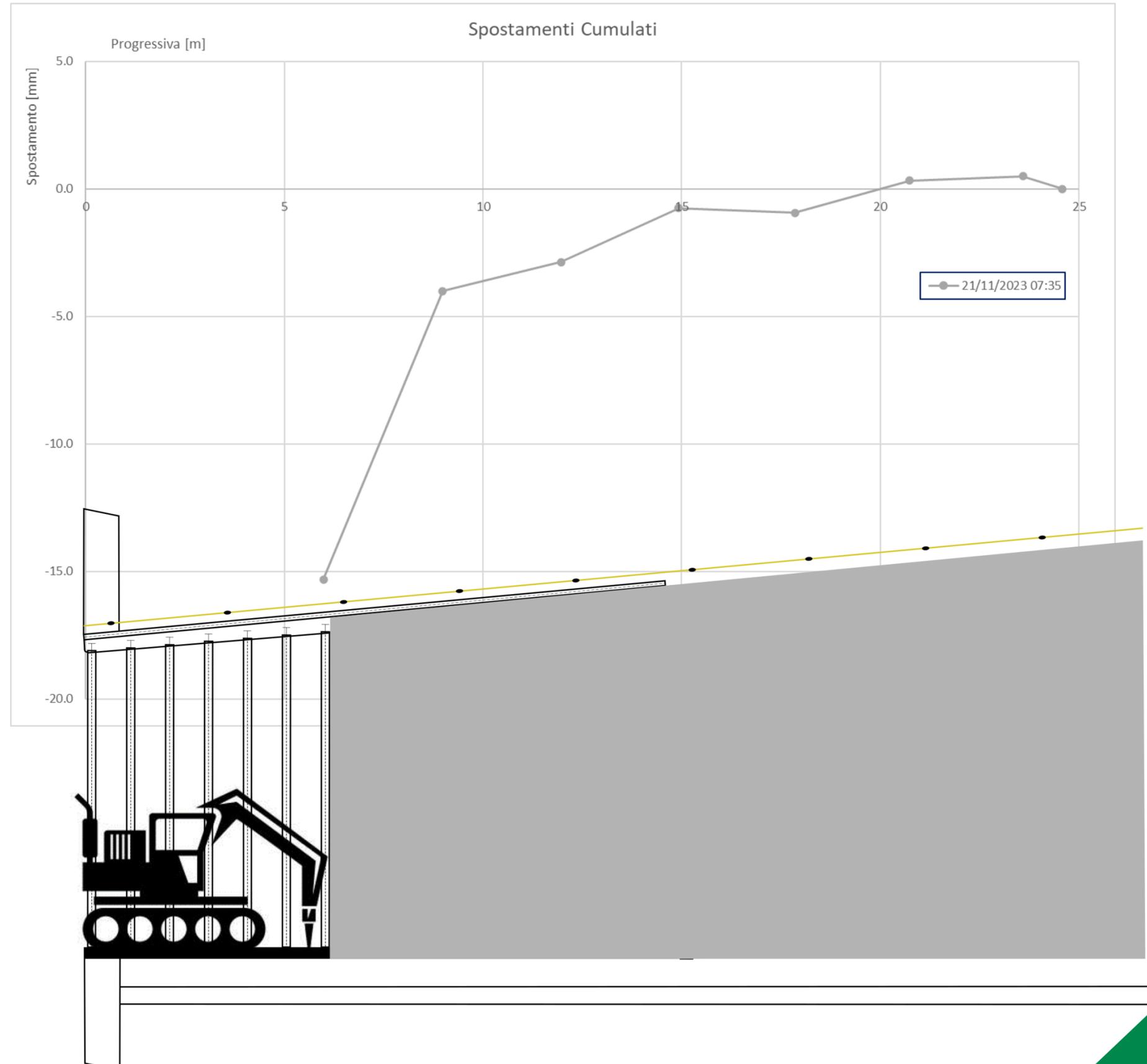
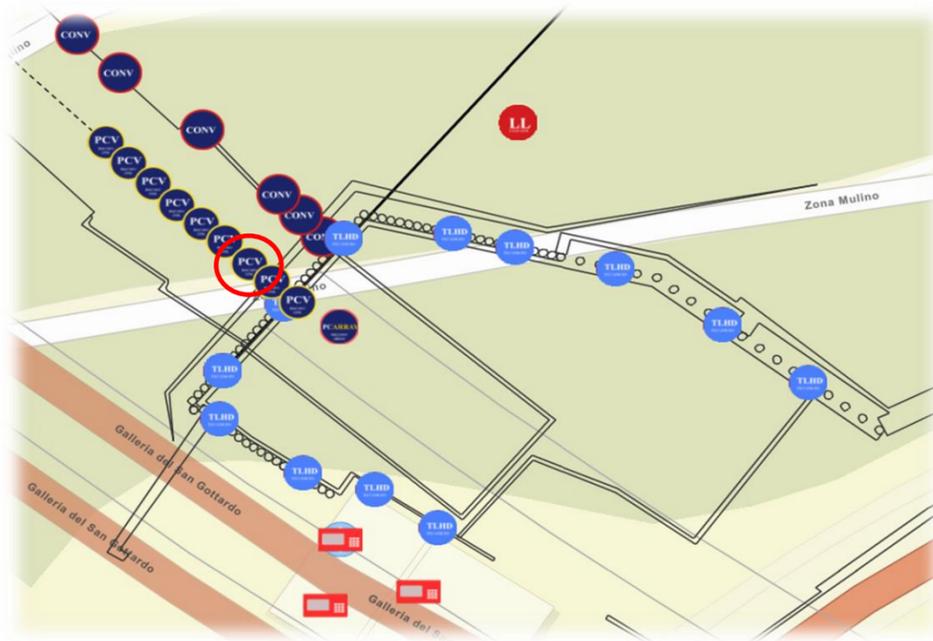
PINI
SMART ENGINEERING



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

Scavo a 6 m - Campo 1
21 novembre 2023



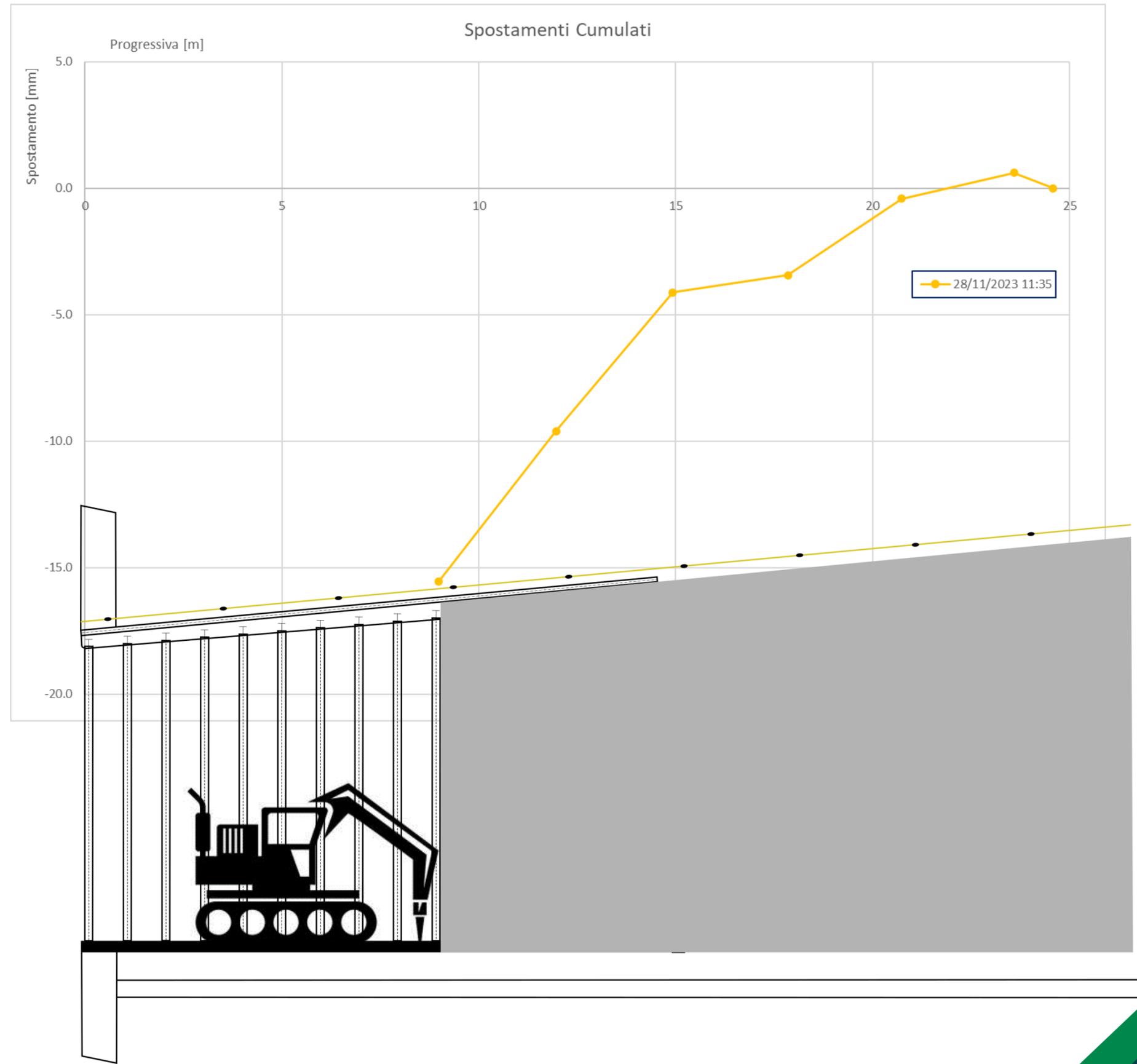
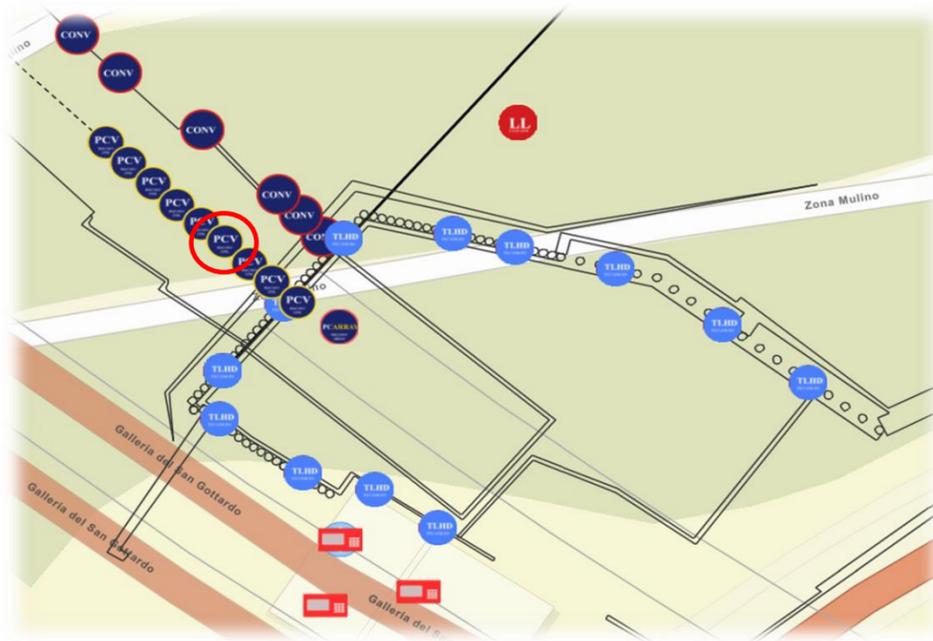
ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING

PINI
SMART ENGINEERING

Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

Scavo a 9 m - Campo 1
28 novembre 2023



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



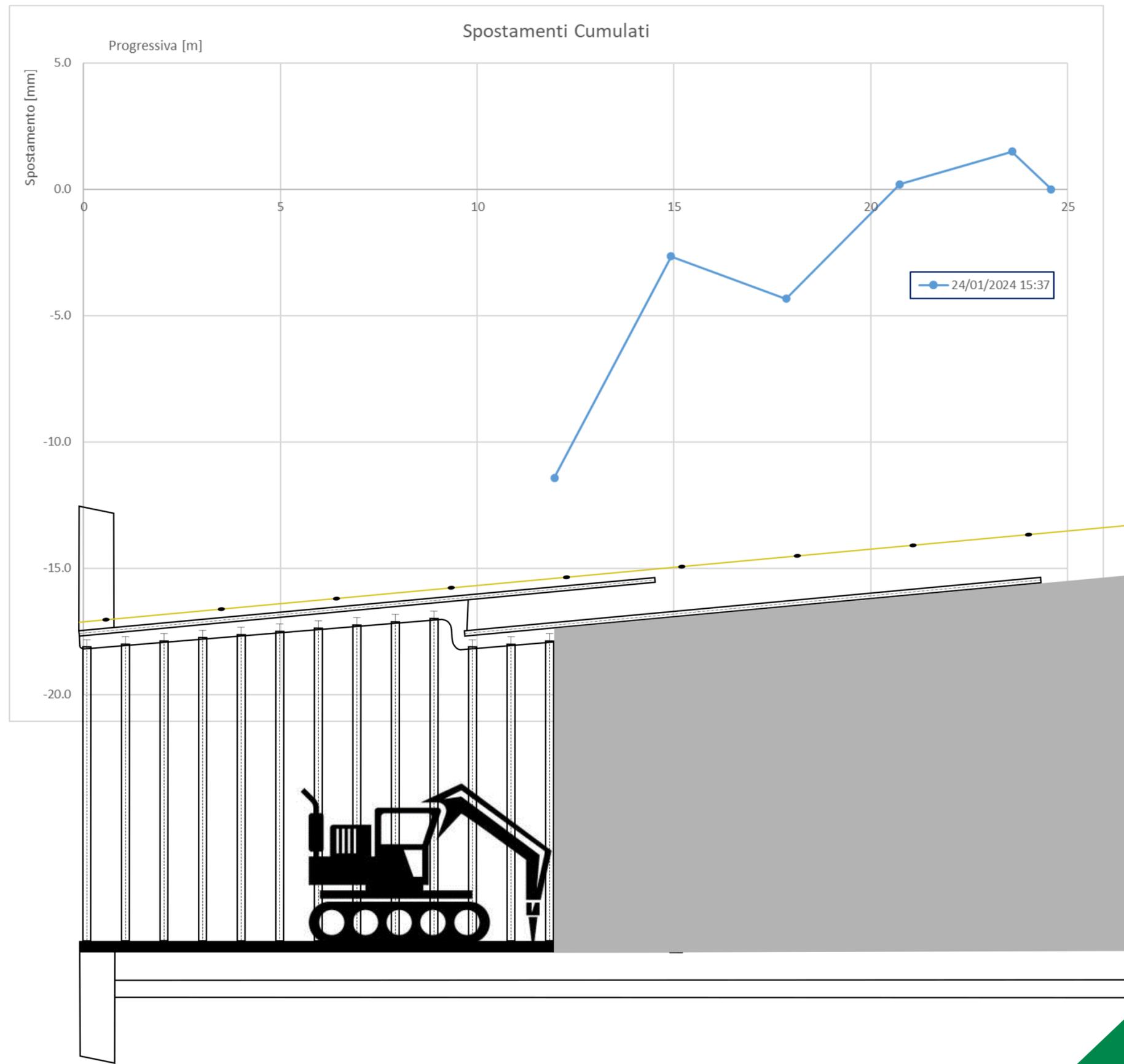
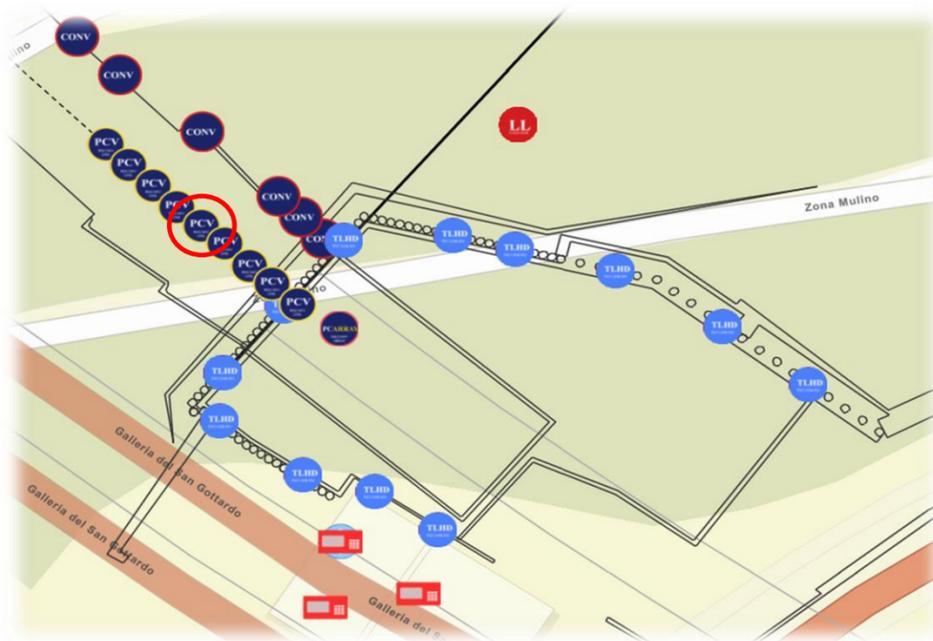
PINI
SMART ENGINEERING



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

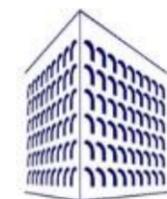
Scavo a 12 m - Campo 2
24 gennaio 2024



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



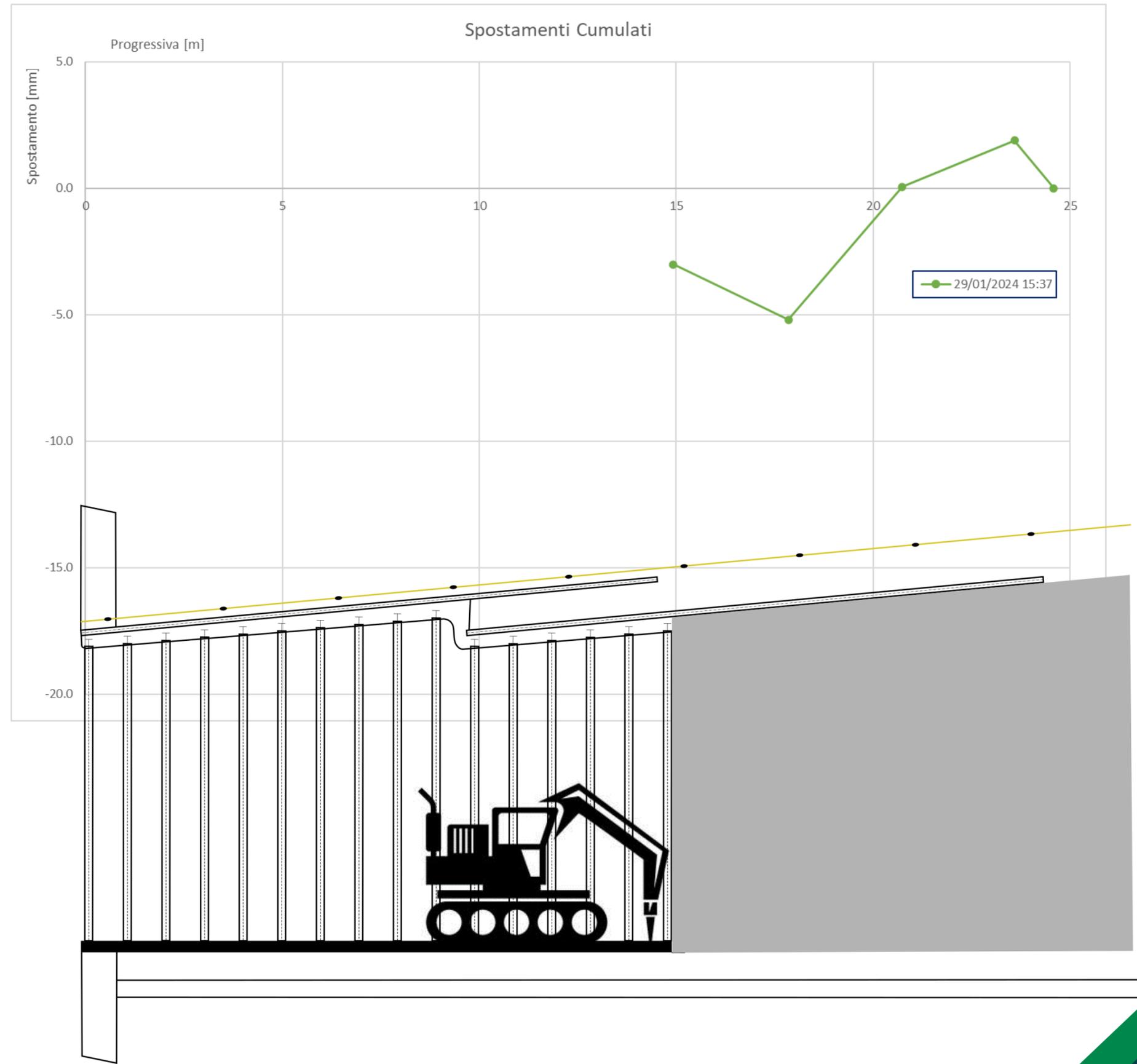
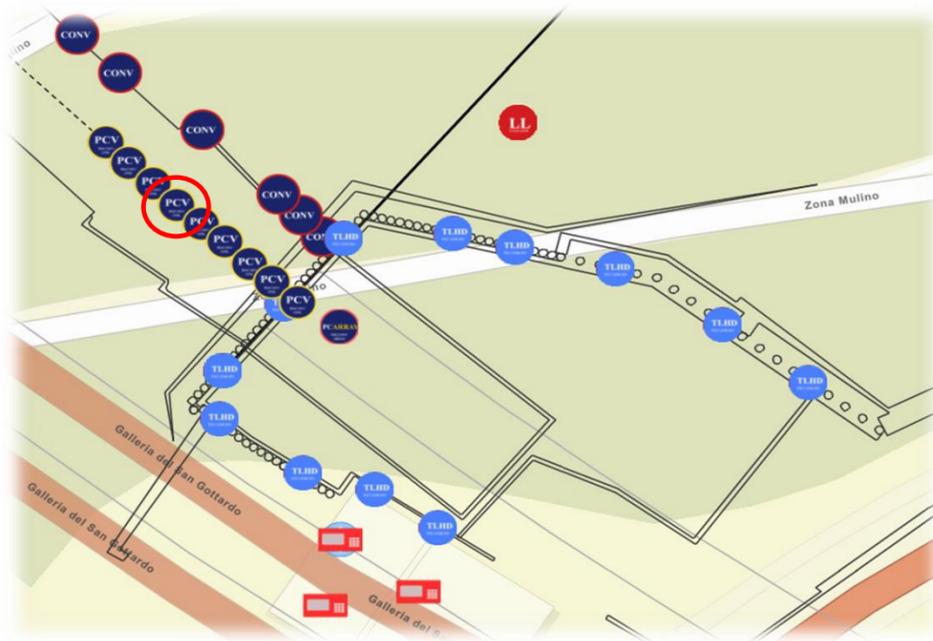
PINI
SMART ENGINEERING



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

Scavo a 15 m - Campo 2
29 gennaio 2024



ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



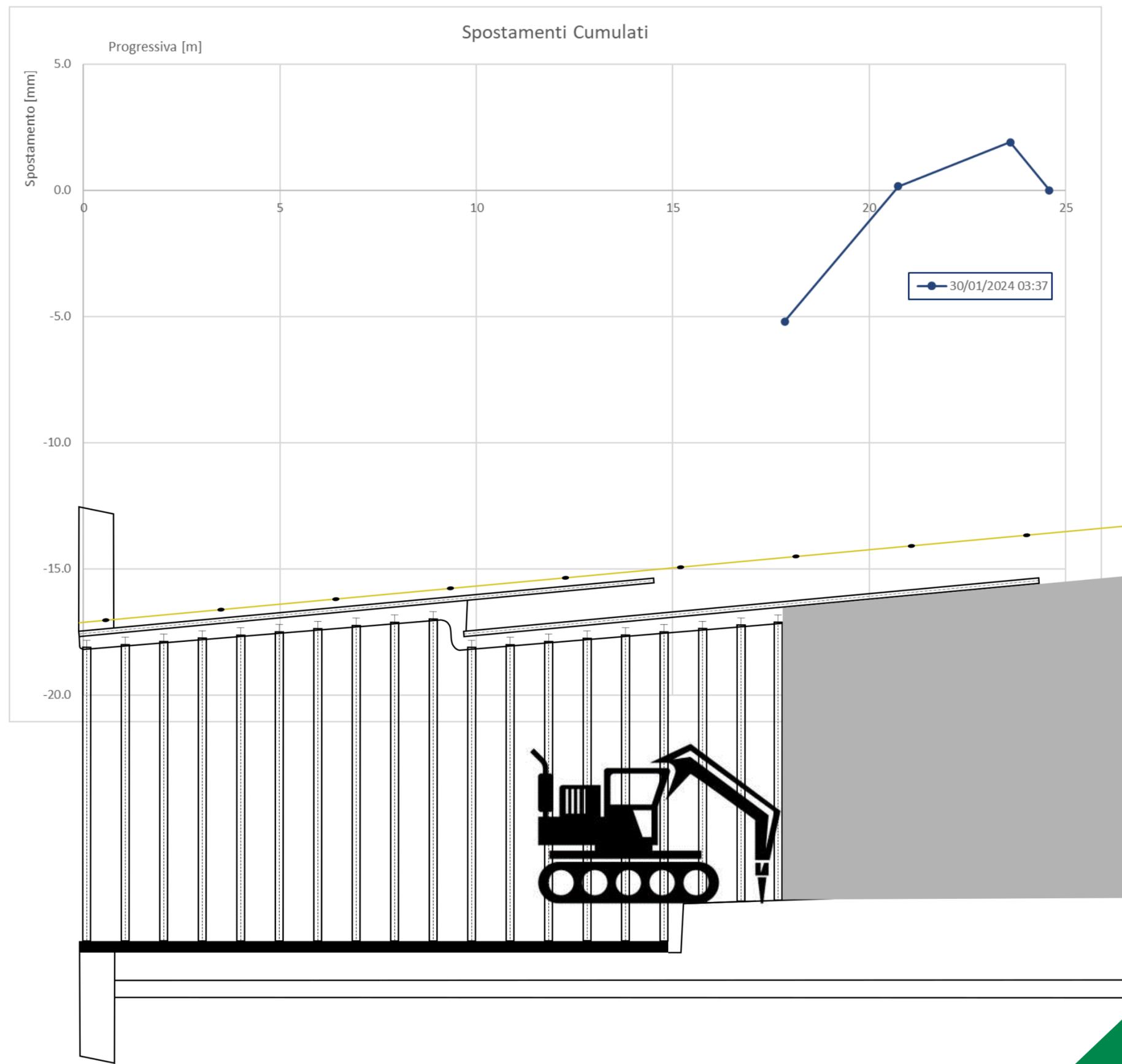
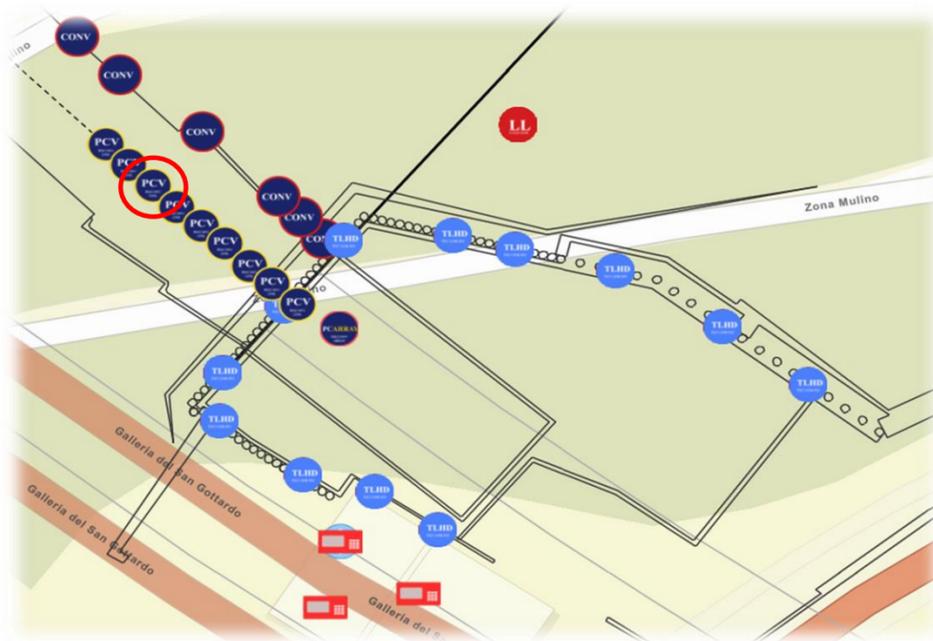
PINI
SMART ENGINEERING



Caso di Studio

Lotto 341 - Secondo Tubo San Gottardo, Portale Sud - Svizzera

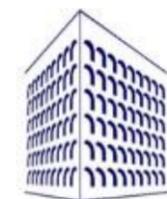
Scavo a 18 m - Campo 2
30 gennaio 2024

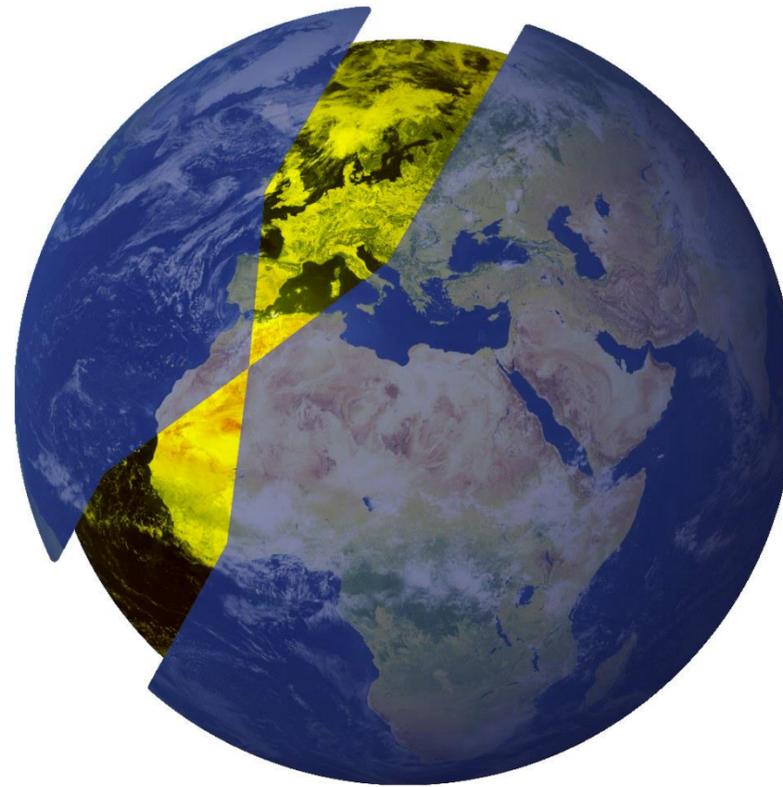


ase
ADVANCED SLOPE ENGINEERING



PINI
SMART ENGINEERING





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Advanced Slope Engineering

We monitor the present with the instruments of the future

www.aseltd.eu

info@aseltd.eu

