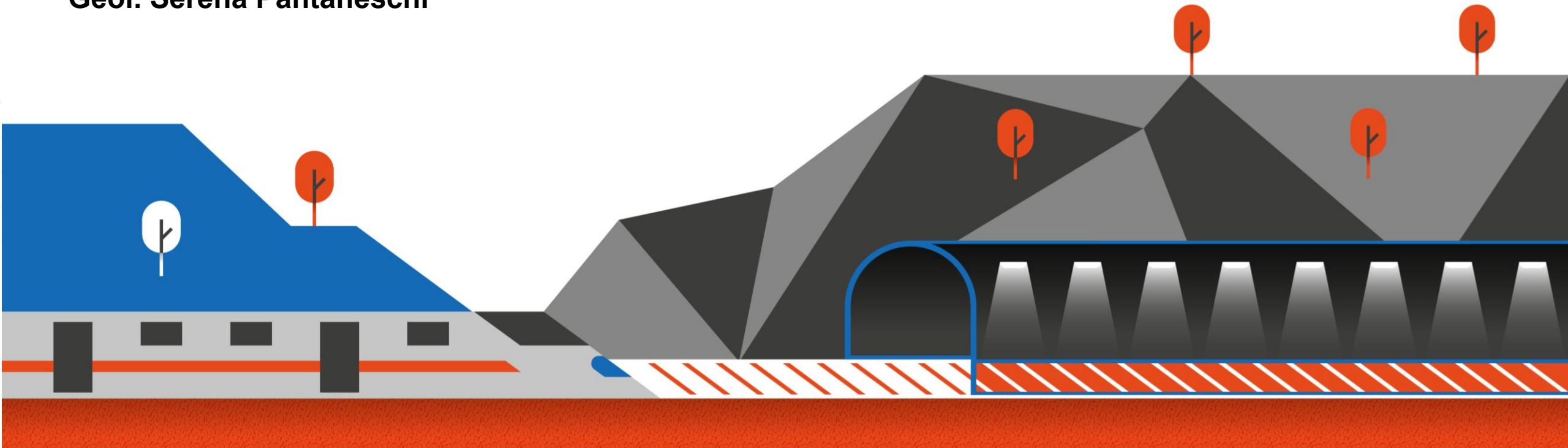




Approcci innovativi e integrati tra tunnelling, idrogeologia e cambiamento climatico

Ing. Mario Calicchio
Geol. Serena Pantaneschi



Chi siamo

ETS nasce in Italia, dove ogni opera diviene un'opera d'arte. Dal 2005 operiamo nel campo dell'ingegneria civile, geotecnica e idraulica, dell'architettura, con particolare attenzione al recupero e al consolidamento di opere d'arte e infrastrutture sostenibili.

Negli anni ETS ha ottenuto i **massimi livelli di certificazione**, è inserita nei sistemi di qualifica dalle più importanti Autorità ferroviarie e dei trasporti, grazie agli **elevati standard qualitativi** raggiunti, vantando processi, sistemi e tecnologie all'avanguardia.

Oggi ETS fornisce **servizi innovativi e sostenibili** in ingegneria, geotecnica, architettonica e diagnostica delle infrastrutture per **migliorare la mobilità** e la sicurezza personale. Investire in Ricerca e Sviluppo per produrre nuove conoscenze, nuovi servizi e partnership che possano contribuire a un **reale sviluppo sostenibile**.



La nostra mission

Le infrastrutture sono un valore sociale, la manutenzione una necessità strategica. La nostra missione è fornire servizi innovativi in ambito ingegneristico, geotecnico, architettonico e nella diagnostica per le infrastrutture per migliorare la mobilità e la sicurezza delle persone e dell'ambiente.

Flessibili, concentrati e innovativi: siamo focalizzati sul raggiungimento della vostra visione del progetto e degli obiettivi aziendali. Qualità e sostenibilità progettuale sono i nostri obiettivi.

Il nostro approccio alla sostenibilità garantisce che agiamo in modo socialmente responsabile e rispettoso dell'ambiente e che misuriamo, valutiamo e incrementiamo continuamente gli sforzi di sostenibilità.

Operiamo in modo sostenibile, offrendo al contempo livelli di servizio eccezionali. Essere coscienti delle responsabilità sociali incoraggia i nostri team di progetto a considerare modi innovativi per diventare ancora più efficienti ed efficaci.

CREDITS & PARTNERSHIP



500+ progetti realizzati

15+ anni di esperienza

50+ persone nel team

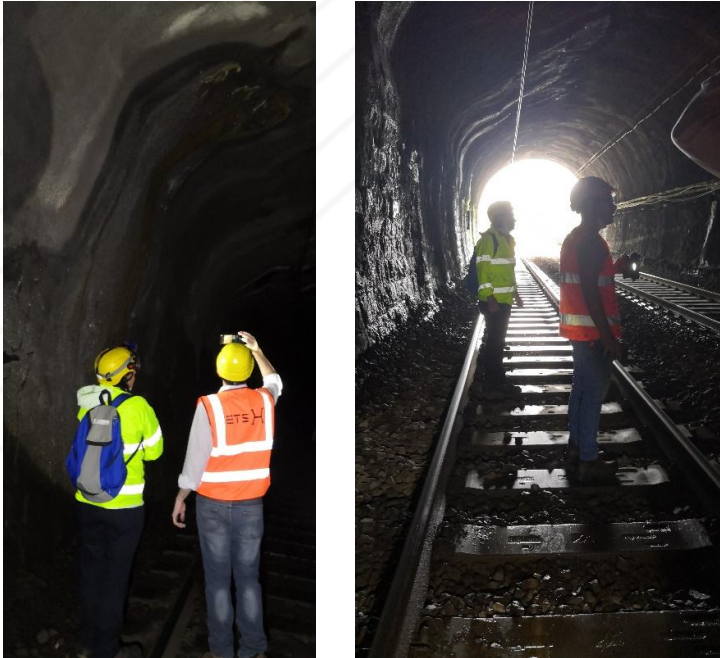
L'infrastruttura è un valore sociale

La manutenzione è un bisogno strategico



Gestione del rischio in ambito ferroviario: Stato dell'arte

Ispezioni in Galleria



Idrogeologia



Cambiamento Climatico



Gestione del rischio in ambito ferroviario: Innovazioni

Ispezioni in Galleria



Uno strumento una nuova metodologia per il rilievo, l'ispezione, l'analisi e la gestione digitale delle infrastrutture

Idrogeologia



Servizio di rilievo, analisi e piattaforma per la gestione e la digitalizzazione del rischio idrogeologico lungo le infrastrutture

Cambiamento Climatico

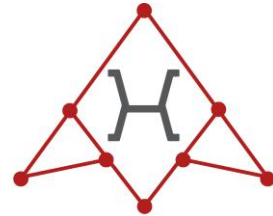


Piattaforma innovativa di supporto alle decisioni progettata per affrontare le esigenze di adattamento ai cambiamenti climatici nei sistemi di infrastrutture di trasporto



MIRET

ETS TUNNELS RISK MANAGEMENT



ARCHITA

ETS MOBILE MAPPING SYSTEM

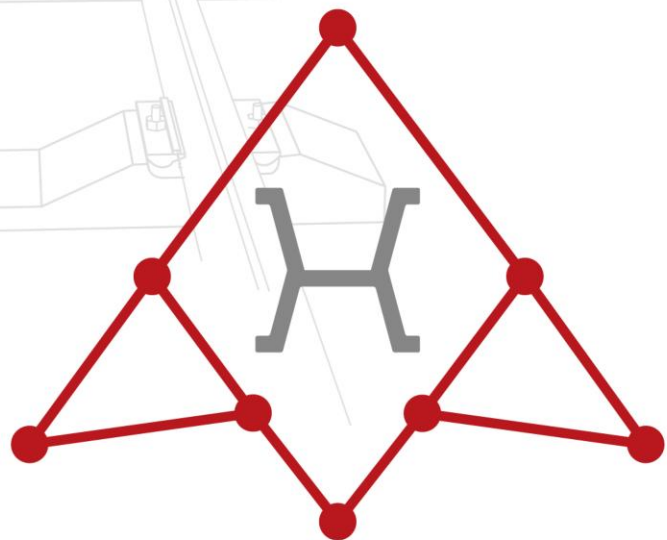


MIRET

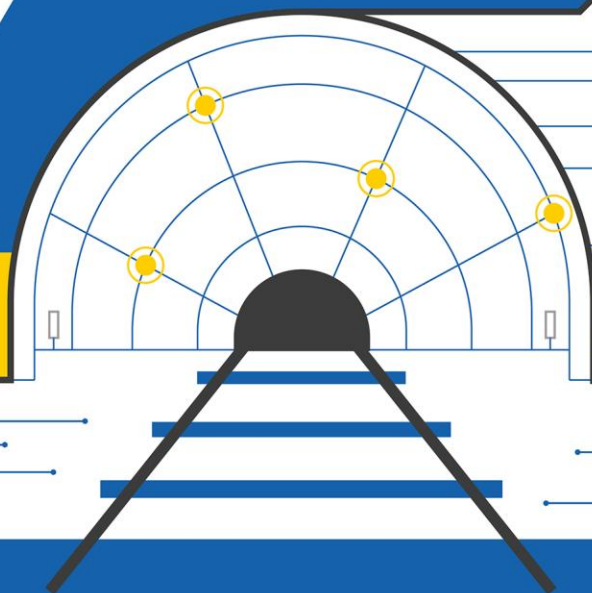
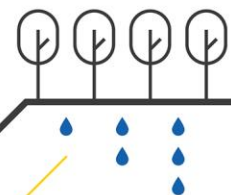
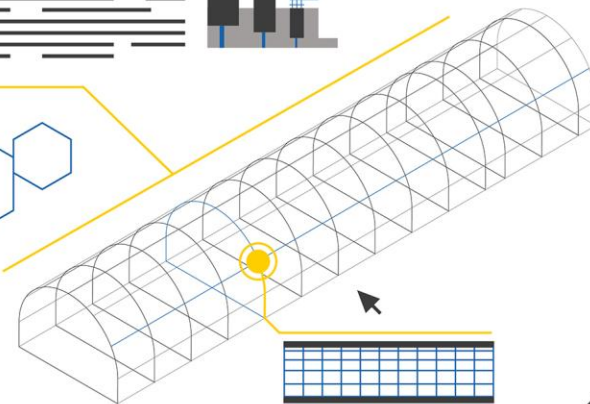
TUNNELAI



ETS H



ARCHITA

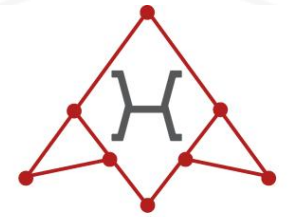
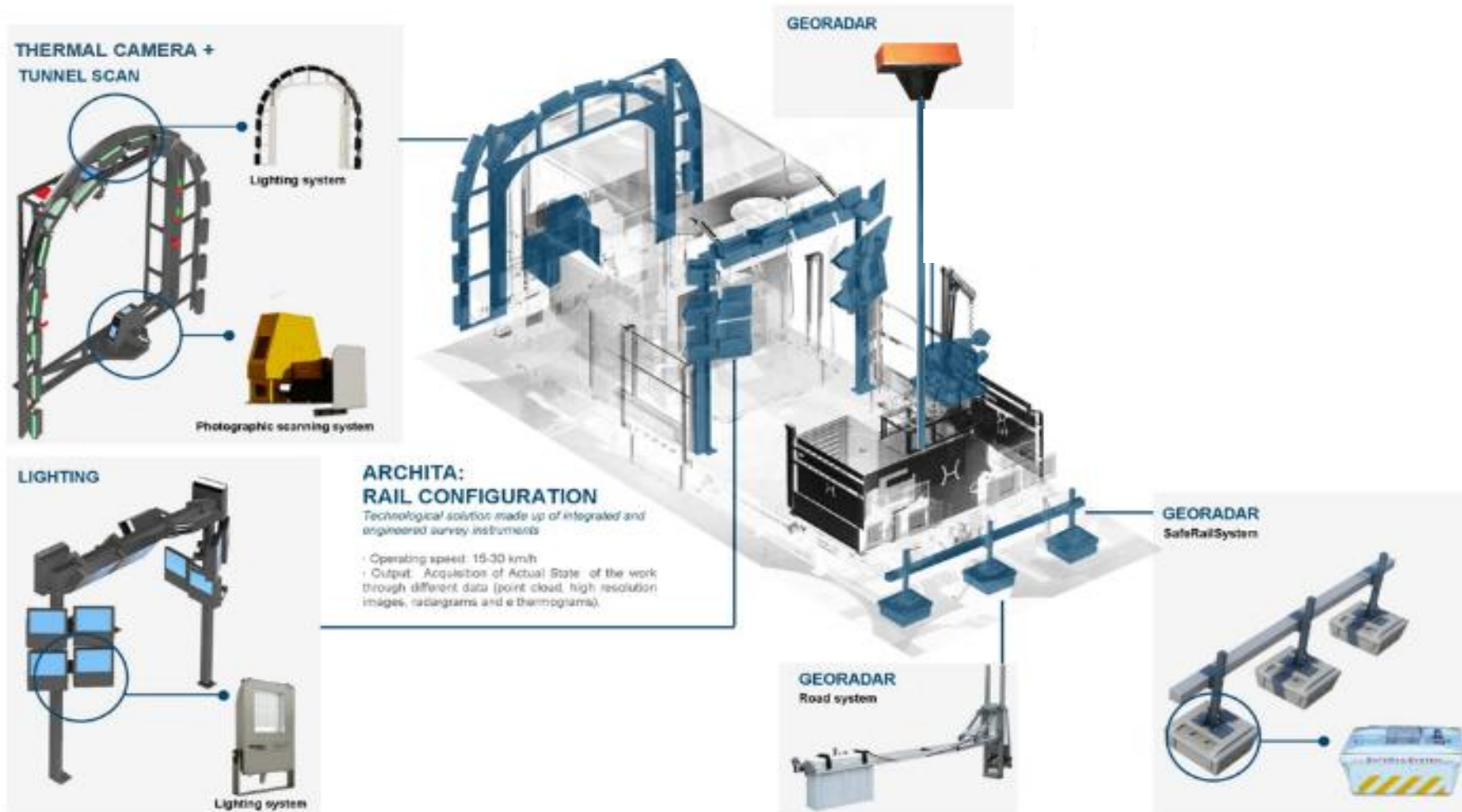




Mezzo Bimodale



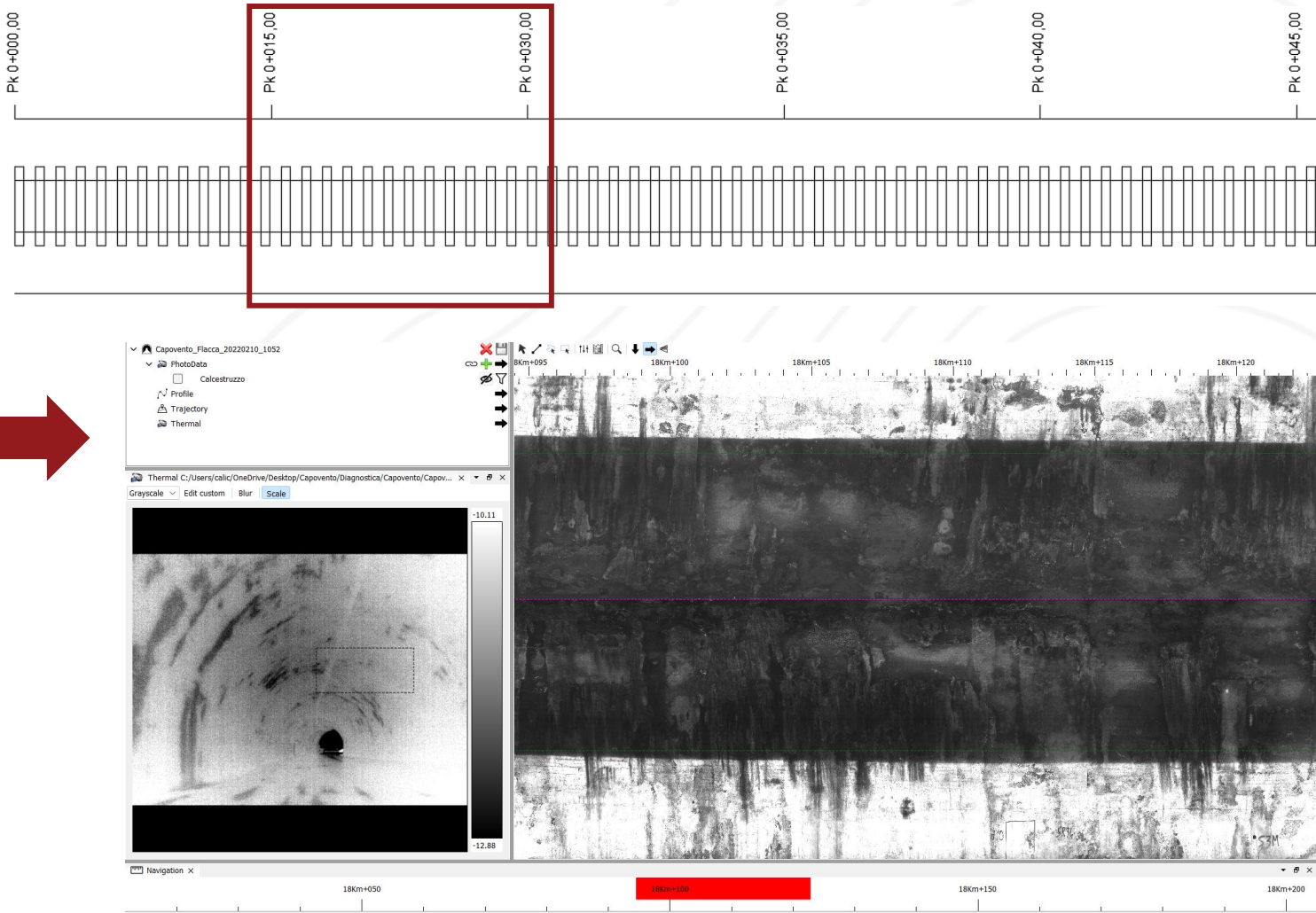
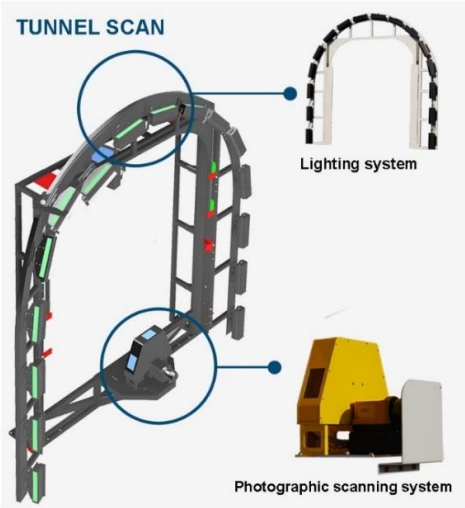
Mezzo Ferroviario



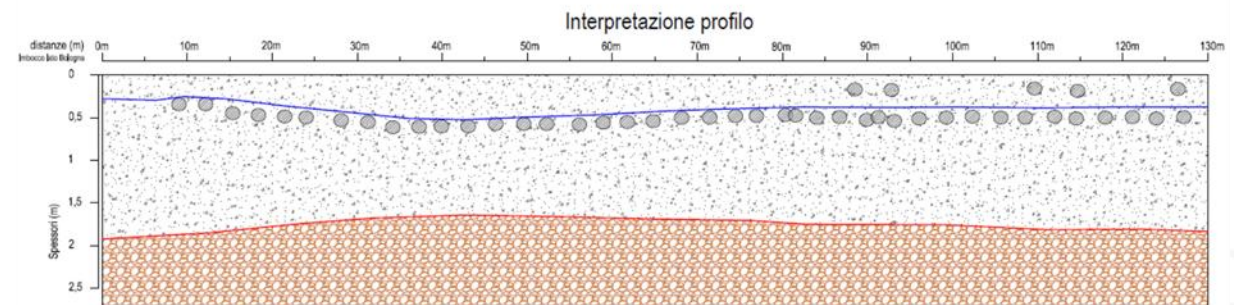
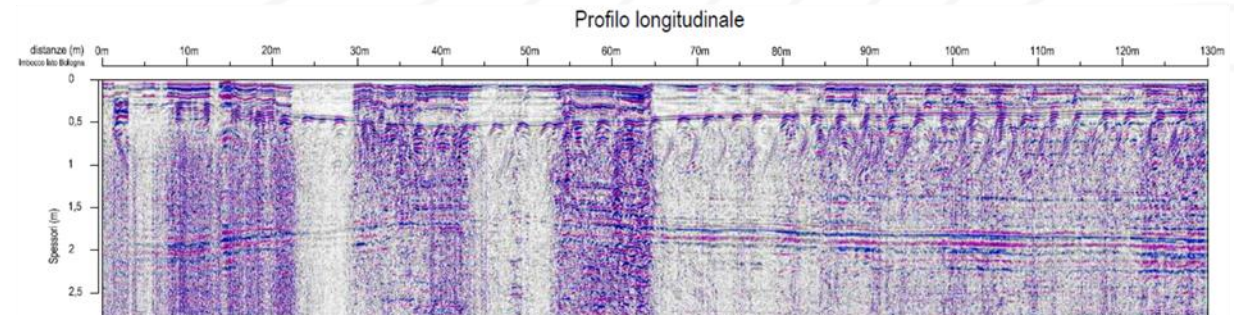
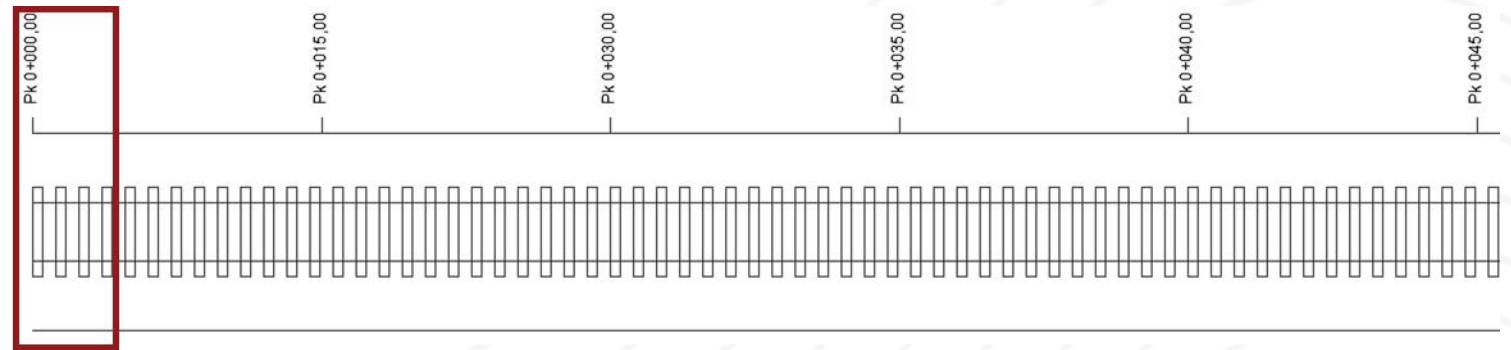
ARCHITA
ETS MOBILE MAPPING SYSTEM

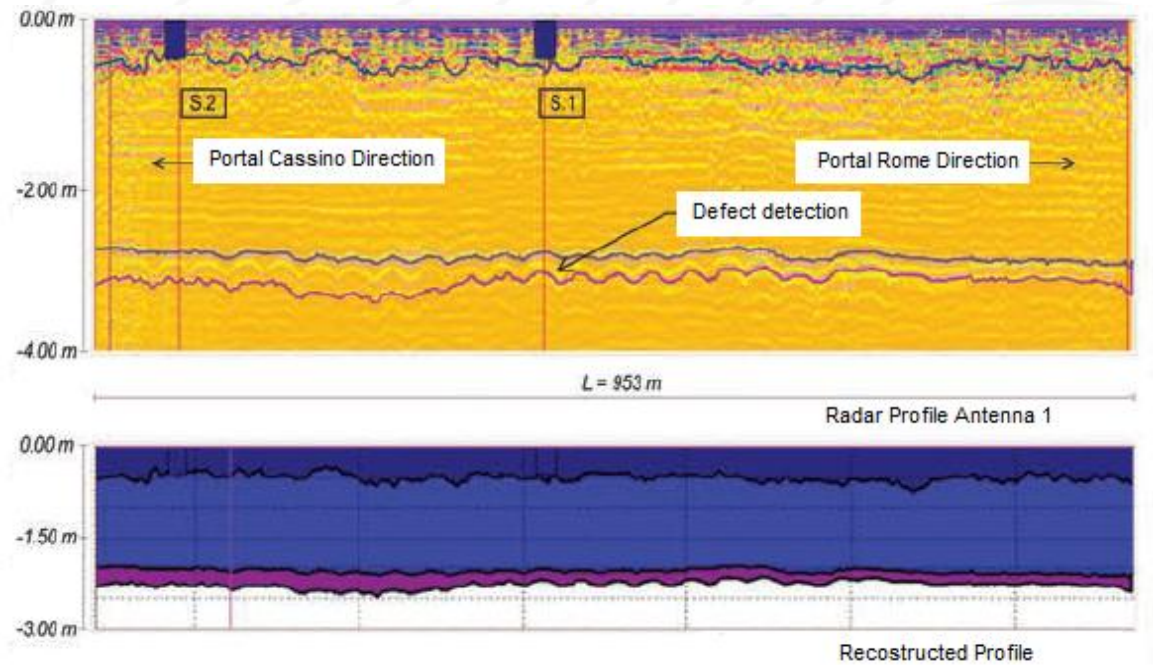
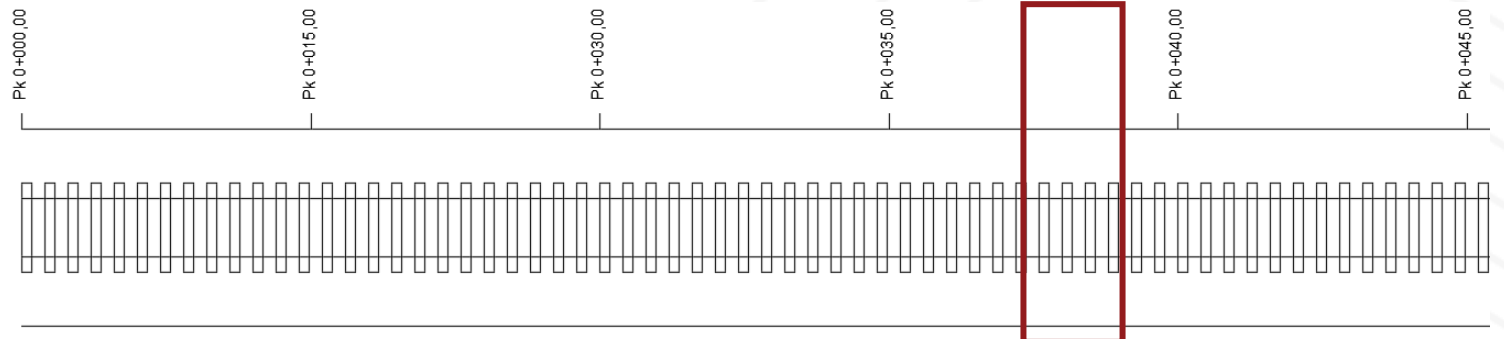
Configurazione Diagnostica

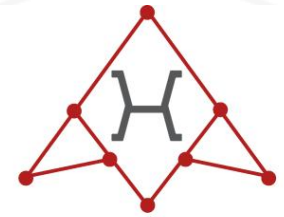
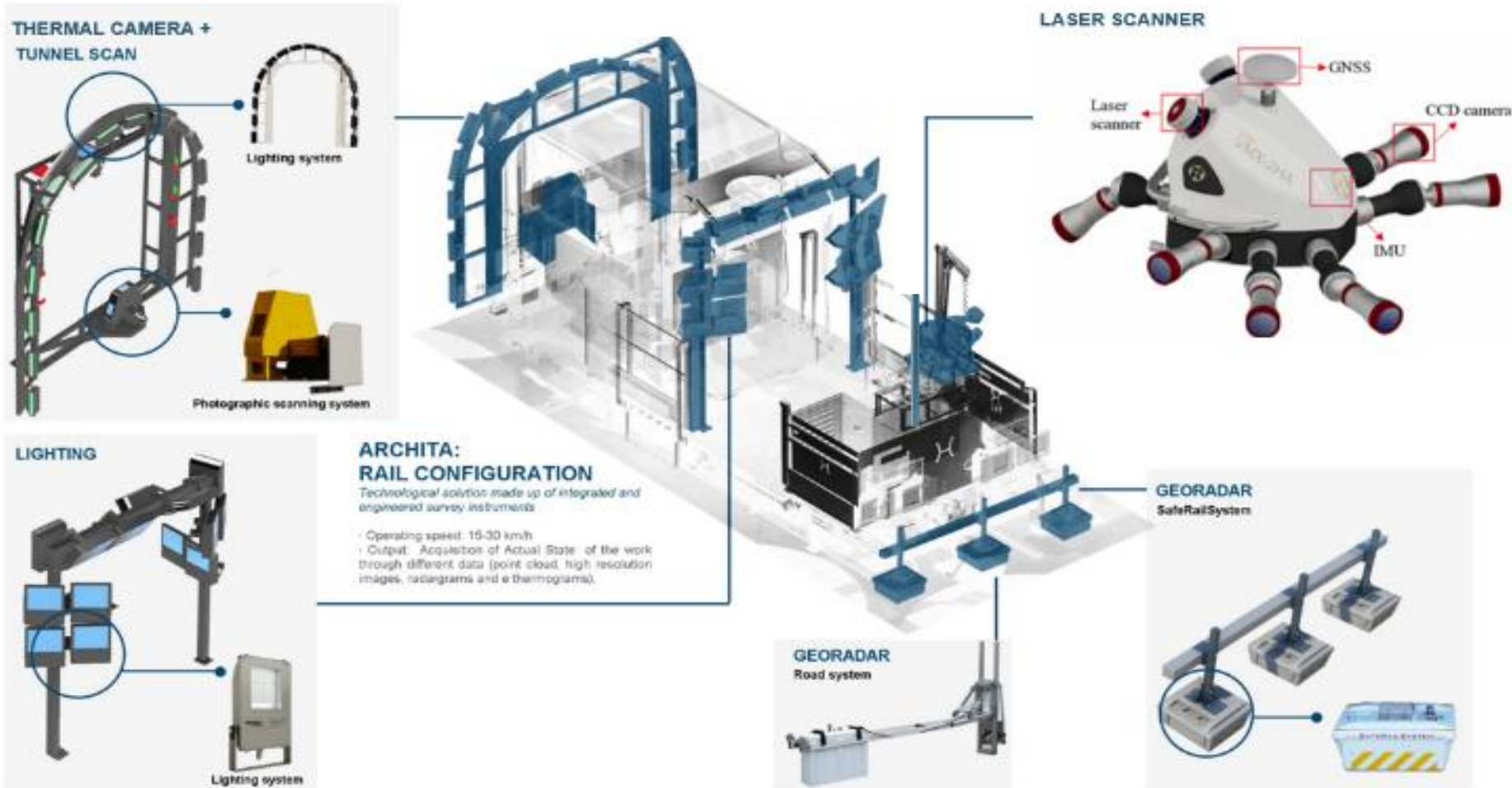
- Tunnel Scan
- Termocamera
- Georadar di fondo
- Georadar a parete



GEORADAR



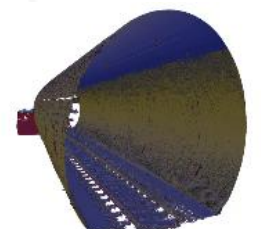
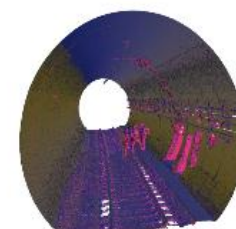
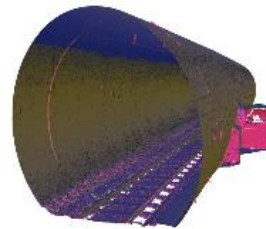
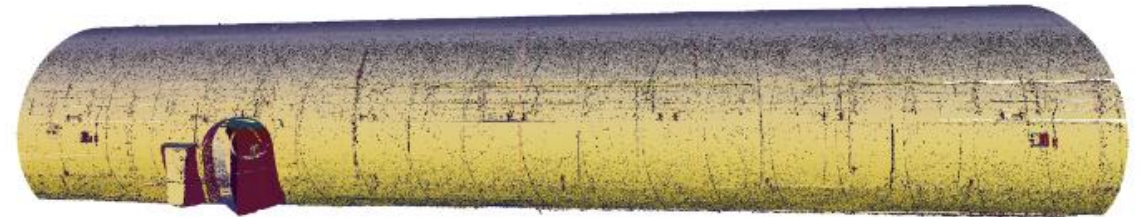
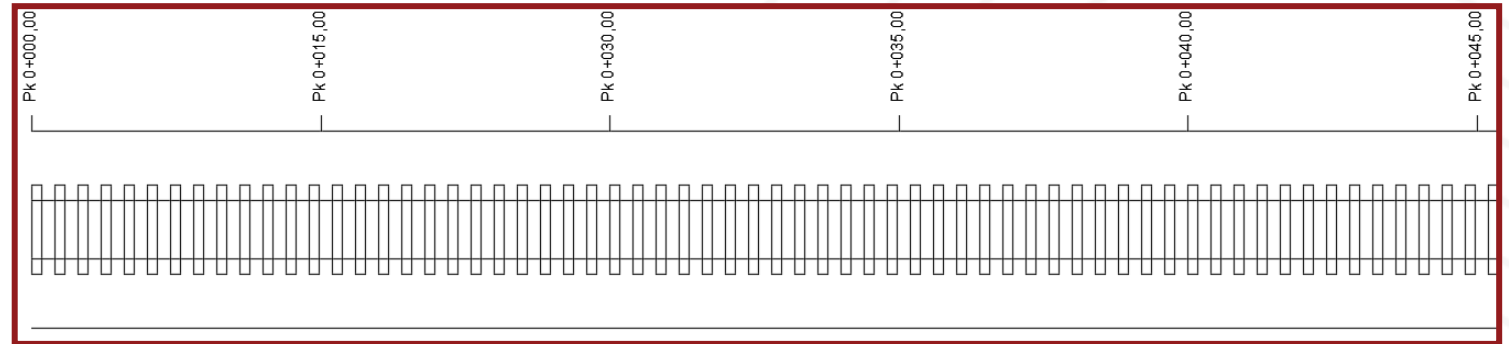
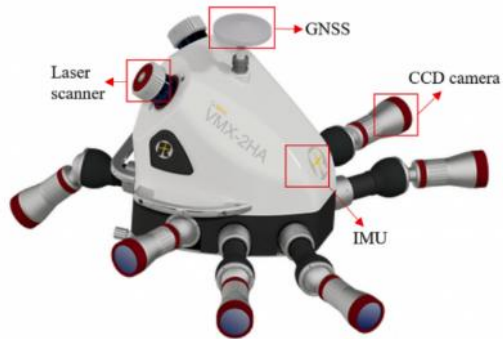




ARCHITA
ETS MOBILE MAPPING SYSTEM

Configurazione Topografica

- Tunnel Scan
- Termocamera
- Georadar di fondo
- Laser Scanner

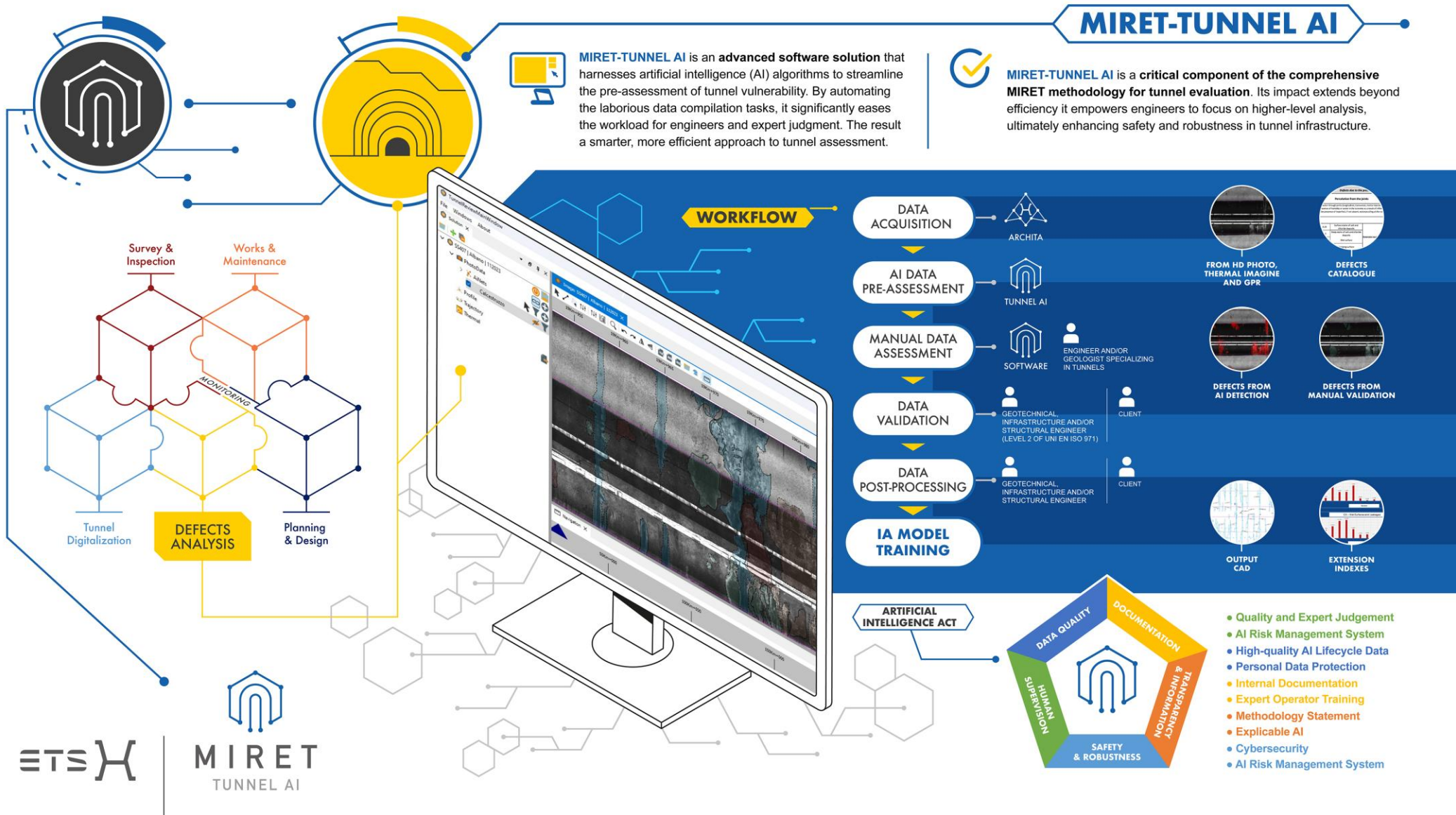


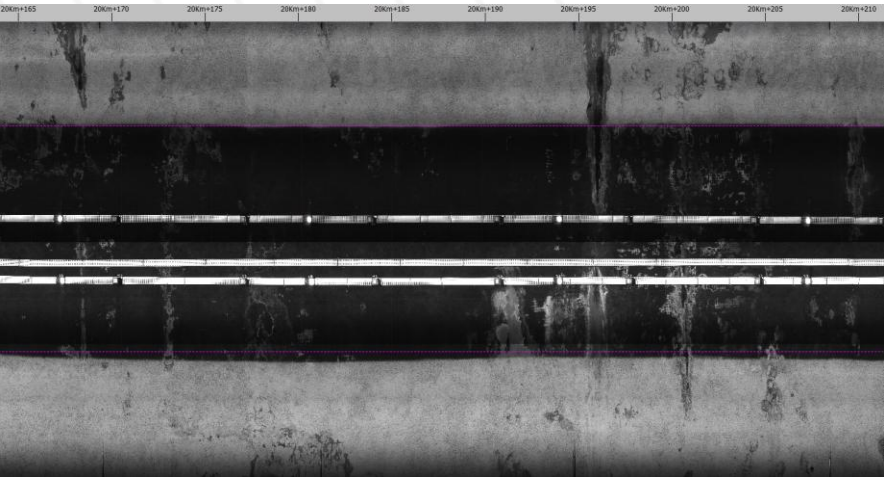
ETSX



MIRET
TUNNEL AI



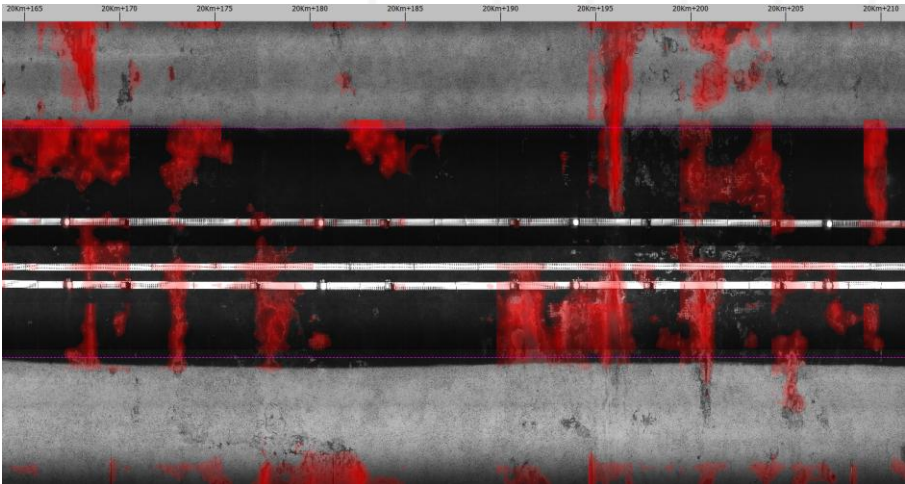




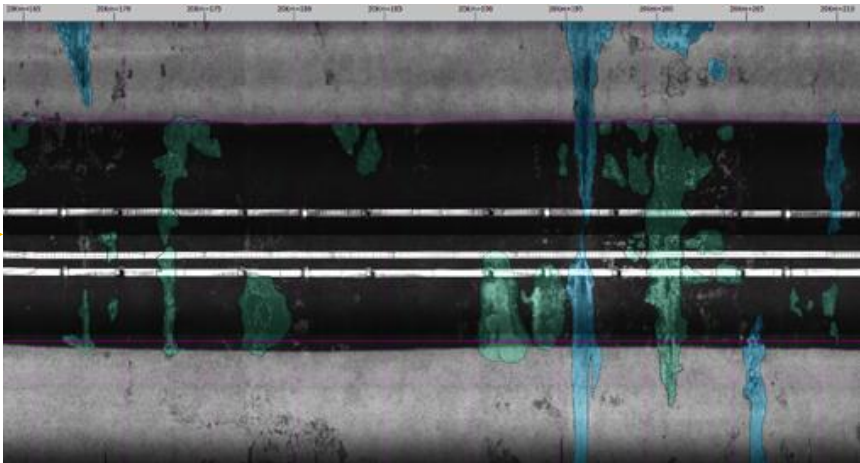
Da foto HD, immagini termiche e GPR

Defects due to the presence of water					
C6	Percolation from the joints				
	Definition: Infiltration of water through joints (longitudinal, transversal, mortar injection holes, segment connectors). Presence of humidity or water in the concrete as a result of infiltration. The phenomenon occurs in the presence of imperfect, if not absent, waterproofing at the construction joints.				
Unità of measure: m ²					
Intensity assessment	0.25	Surface stains of salt and chloride deposits	Extension evaluation	0.25	% (Tot Area / Sector Area)
	0.5	Deep stains of salt and chloride deposits		0.5	% (Tot Area / Sector Area)
	0.75	Wet surface		0.75	% (Tot Area / Sector Area)
	1	Dripping surface		1	% (Tot Area / Sector Area)

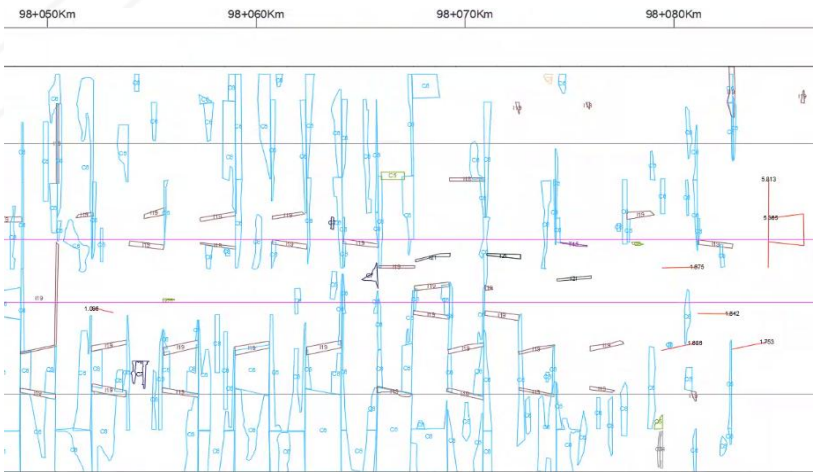
Catalogo dei difetti



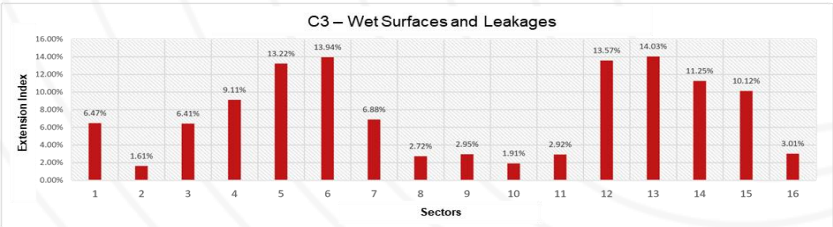
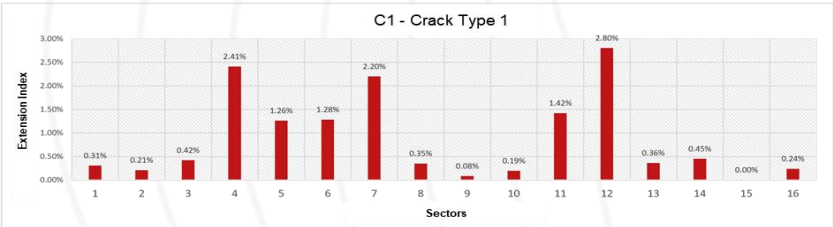
Pre-validazione con AI



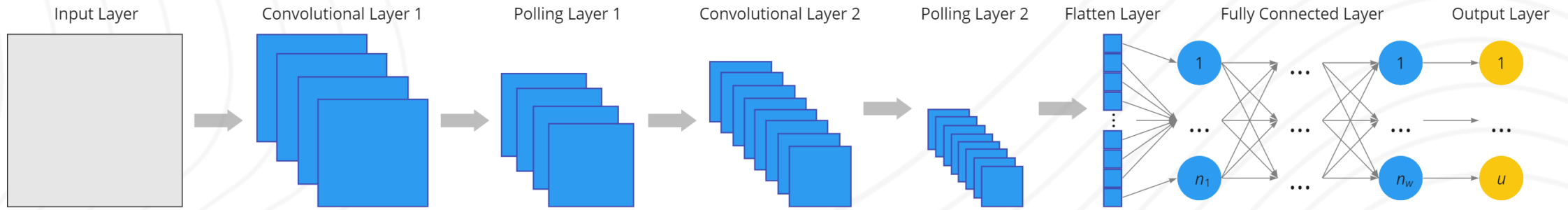
Validazione con Tecnico esperto



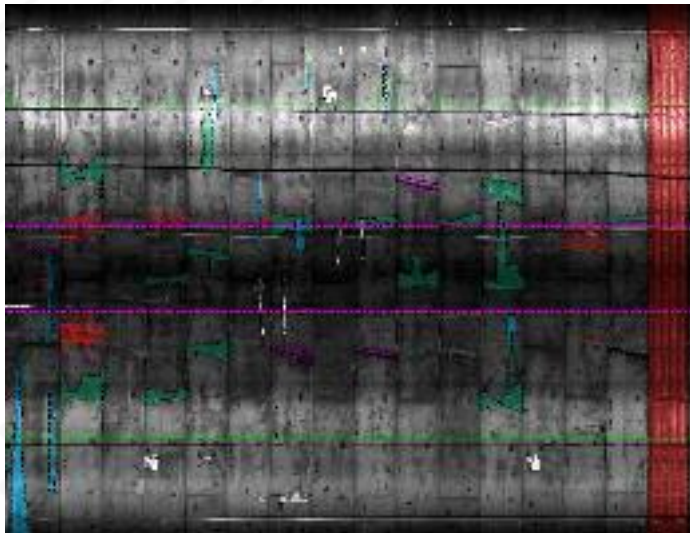
Output CAD



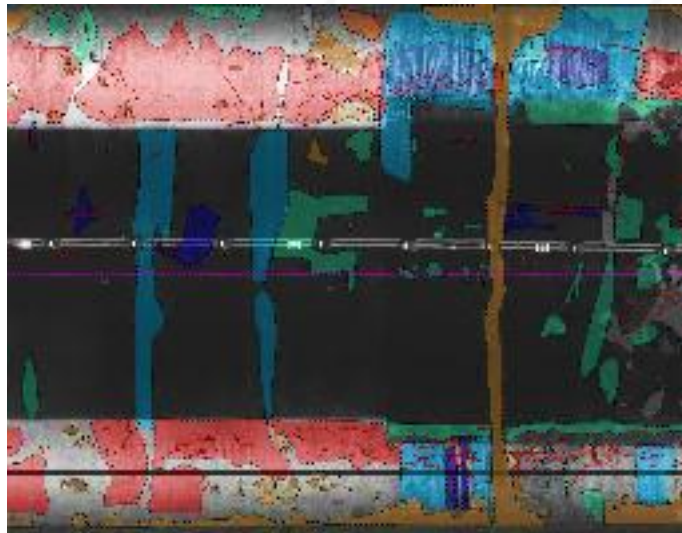
Output fogli di calcolo



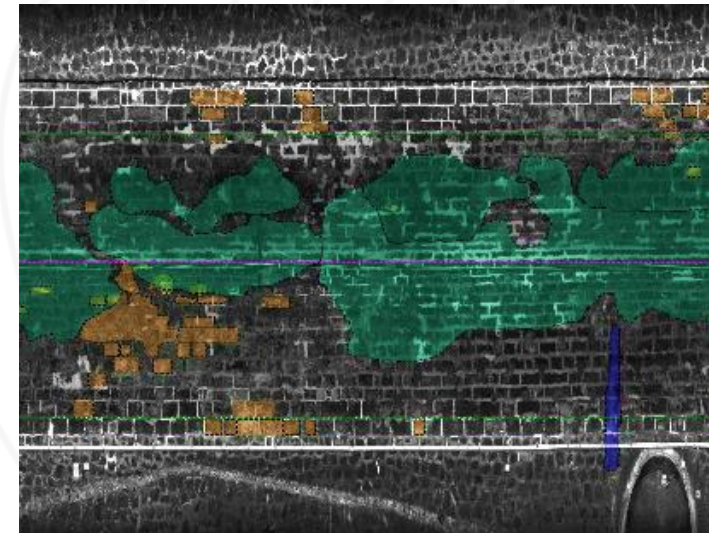
Convolutional Neural Network – Typical Architecture



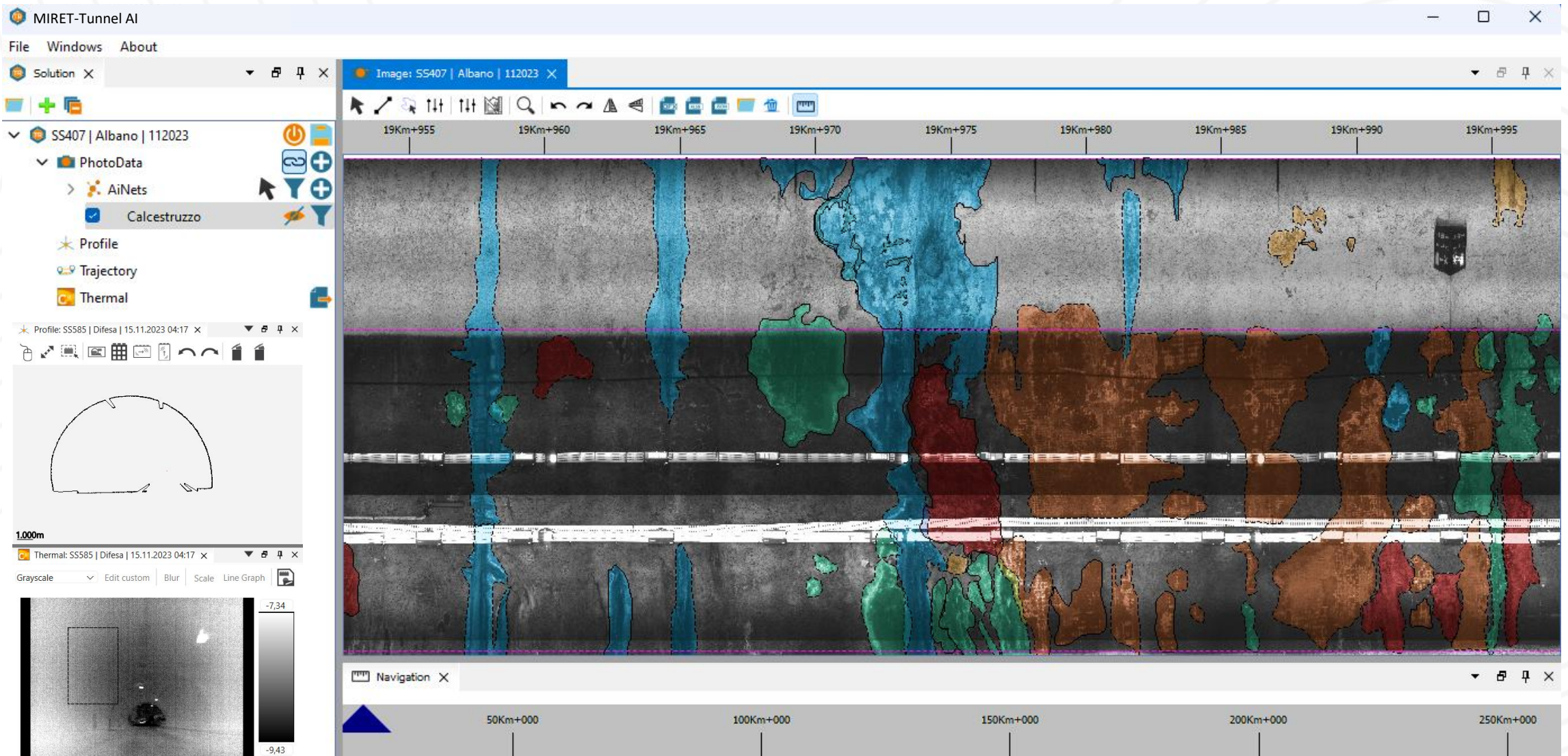
Mechanized

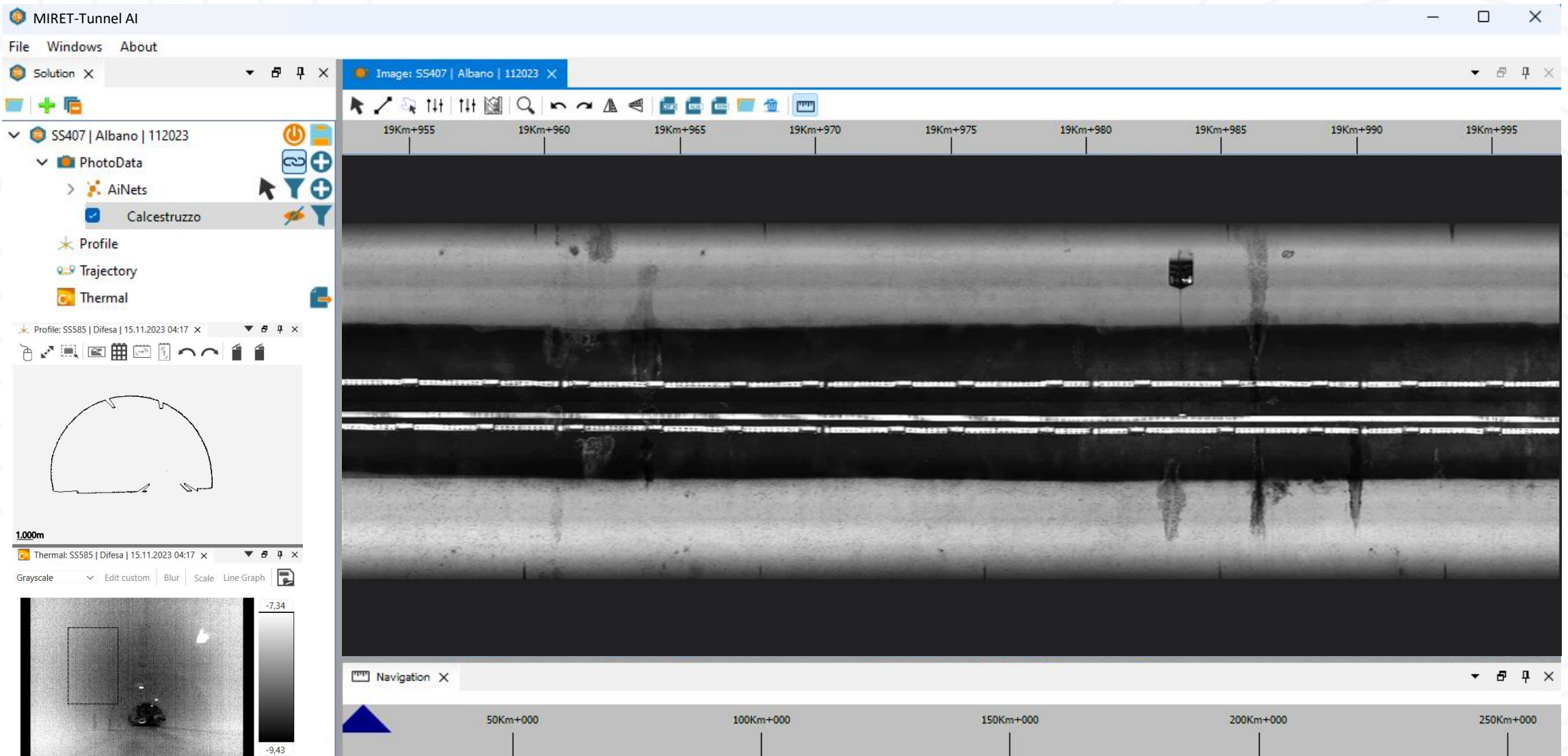


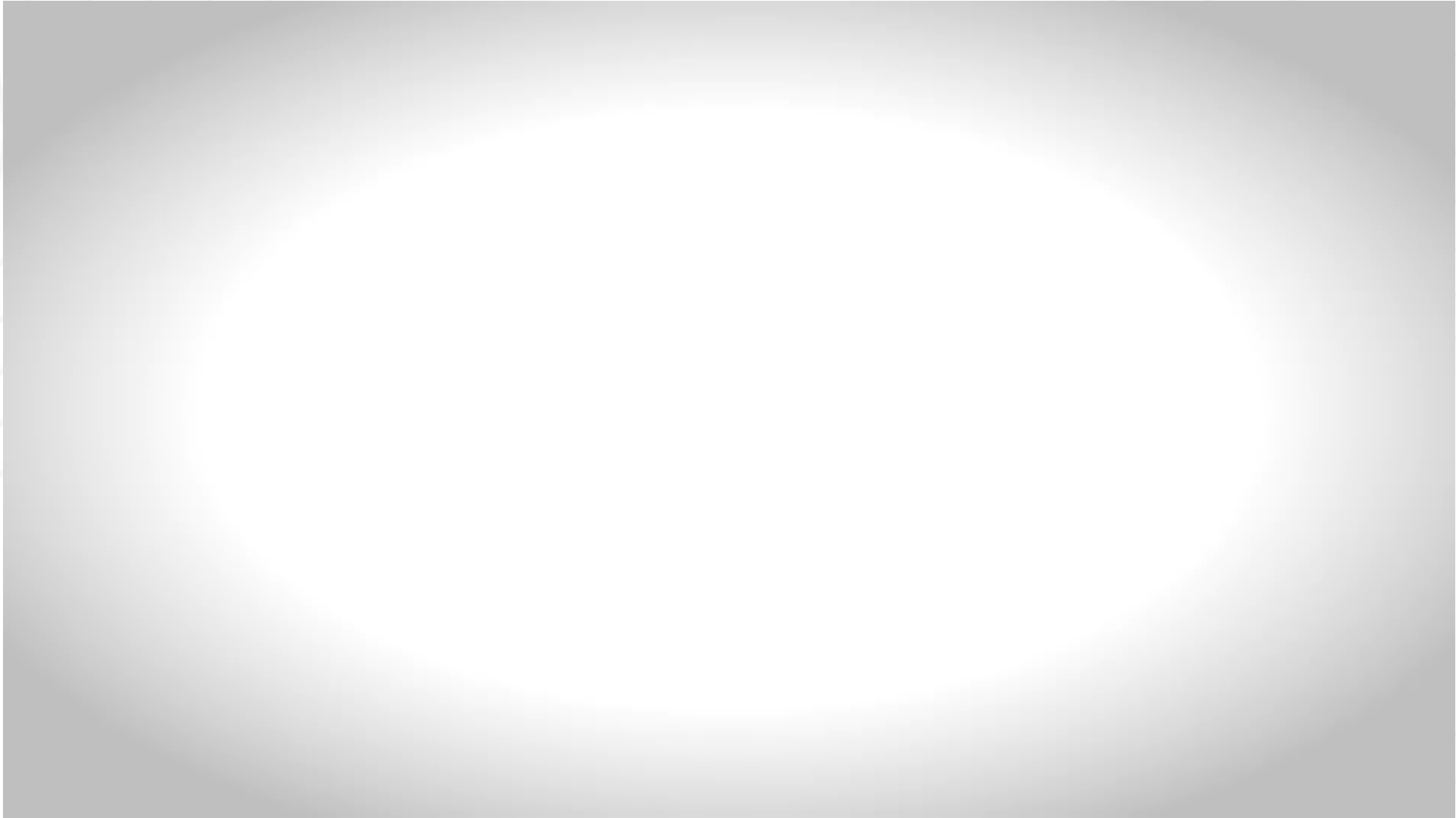
Concrete

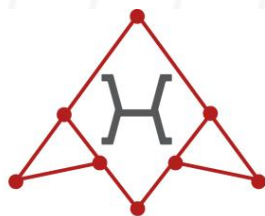


Masonry









ARCHITA
ETS MOBILE MAPPING SYSTEM

≈ 280 Gallerie
≈ 165 km



MIRET
ETS TUNNELS RISK MANAGEMENT

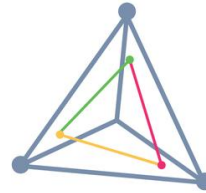
≈ 203 Gallerie
≈ 105 km



MIRET
TUNNEL AI

≈ 53 Gallerie
≈ 35 km





MIRETS

HYDROGEOLOGICAL MAPPING



Rischio idrogeologico

Il **rischio idrogeologico** è la **probabilità che eventi naturali legati all'acqua e al suolo** (come frane, alluvioni o erosioni) causino **danni a persone, beni o ambiente**.

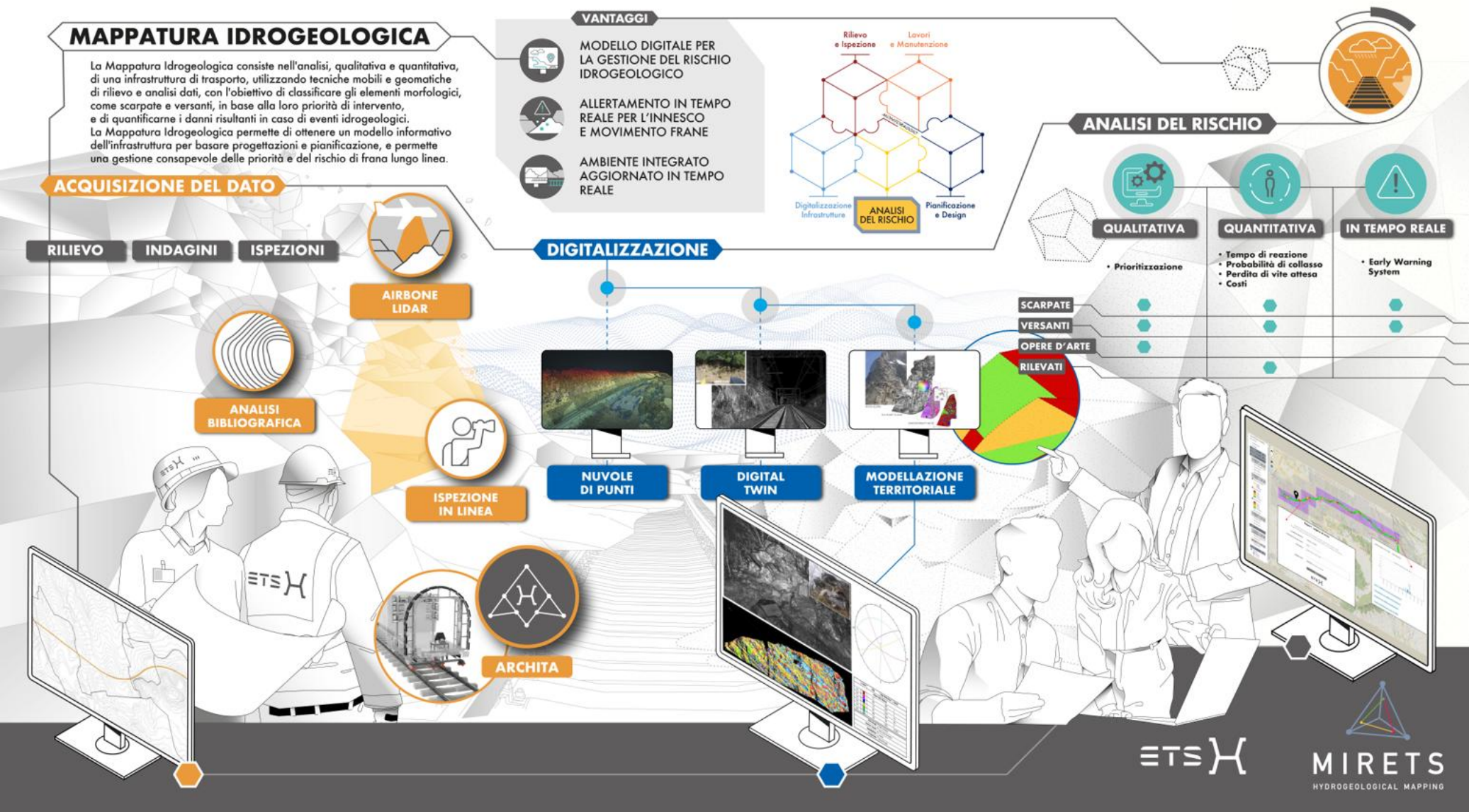
È il risultato della combinazione di **pericolosità naturale, esposizione e vulnerabilità** del territorio.

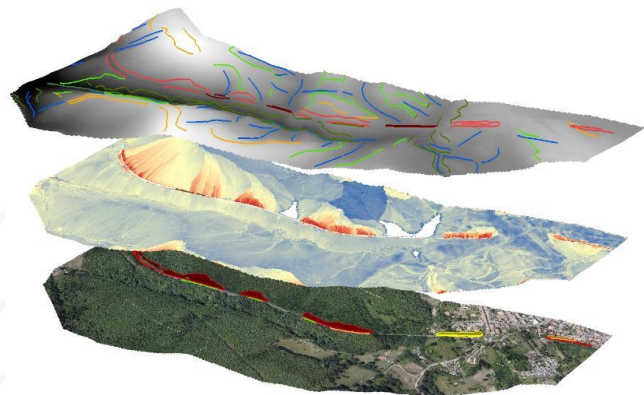
Il **94,5%** dei **comuni italiani** è a rischio dissesto.



Infrastruttura	% in area a rischio	% rischio elevato
Strade	10–15%	3–5%
Ferrovie	6–8%	1–3%

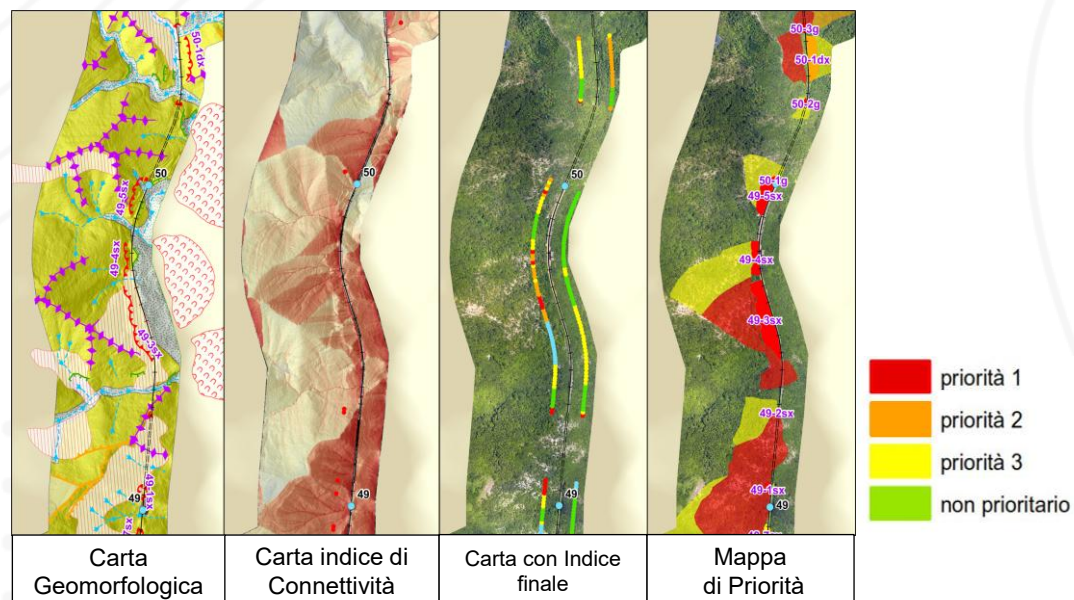
Fonte: ISPRA –Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio (ed. 2024–2025)





MIRETS Mappatura idrogeologica Modulo SMCA

Il modulo SMCA (Spatial Multi Criteria Analysis) è rappresentato nel sistema WebGIS per la valutazione qualitativa del rischio di frane lungo le infrastrutture ferroviarie. Questo strumento consente di ottenere un'immagine sinottica dei problemi riguardanti la linea attraverso il calcolo di un indicatore che esprime la propensione all'instabilità degli elementi morfologici "scarpate" e "versanti".



Application of Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) to assess rockfall hazard and plan mitigation strategies along long infrastructures (Foria et al, 2021b)

MIRETS Mappatura idrogeologica: Output Gestione e Identificazione del Rischio



- Pk (km)
- Stazioni RFI
- +—+—+ Linea RFI
- Criticità puntuali**
 - ▲ DA - Opere danneggiate
 - ▲ IN - Instabilità locale
 - ▲ RU - Ruleri e artefatti cadenti
 - ▲ OS - Deflusso ostacolato
- Criticità estese**
 - IN - Instabilità
 - RU - Ruleri e artefatti cadenti

Opere

■ Opere efficienti

Indice scarpate

- Priorità 1
- Priorità 2
- Priorità 3
- Non prioritario

Indice versanti

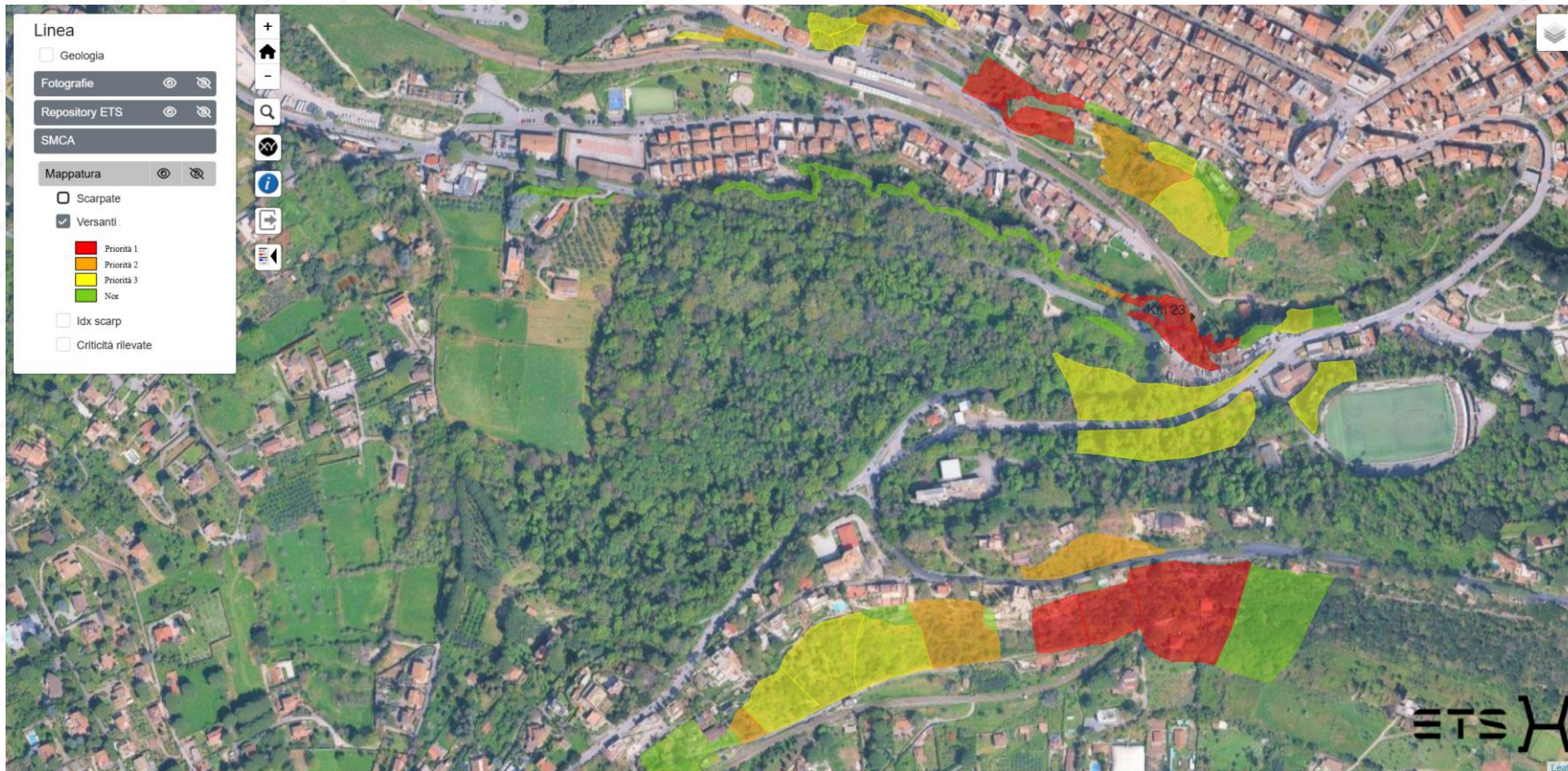
- Priorità 1
- Priorità 2
- Priorità 3
- Non prioritario



Scarpate

Parametri principali:

- Stabilità del pendio
- SMR
- IC (Indice di Connettività)
- Vegetazione
- Opere d'Arte Minori
- Frane attive

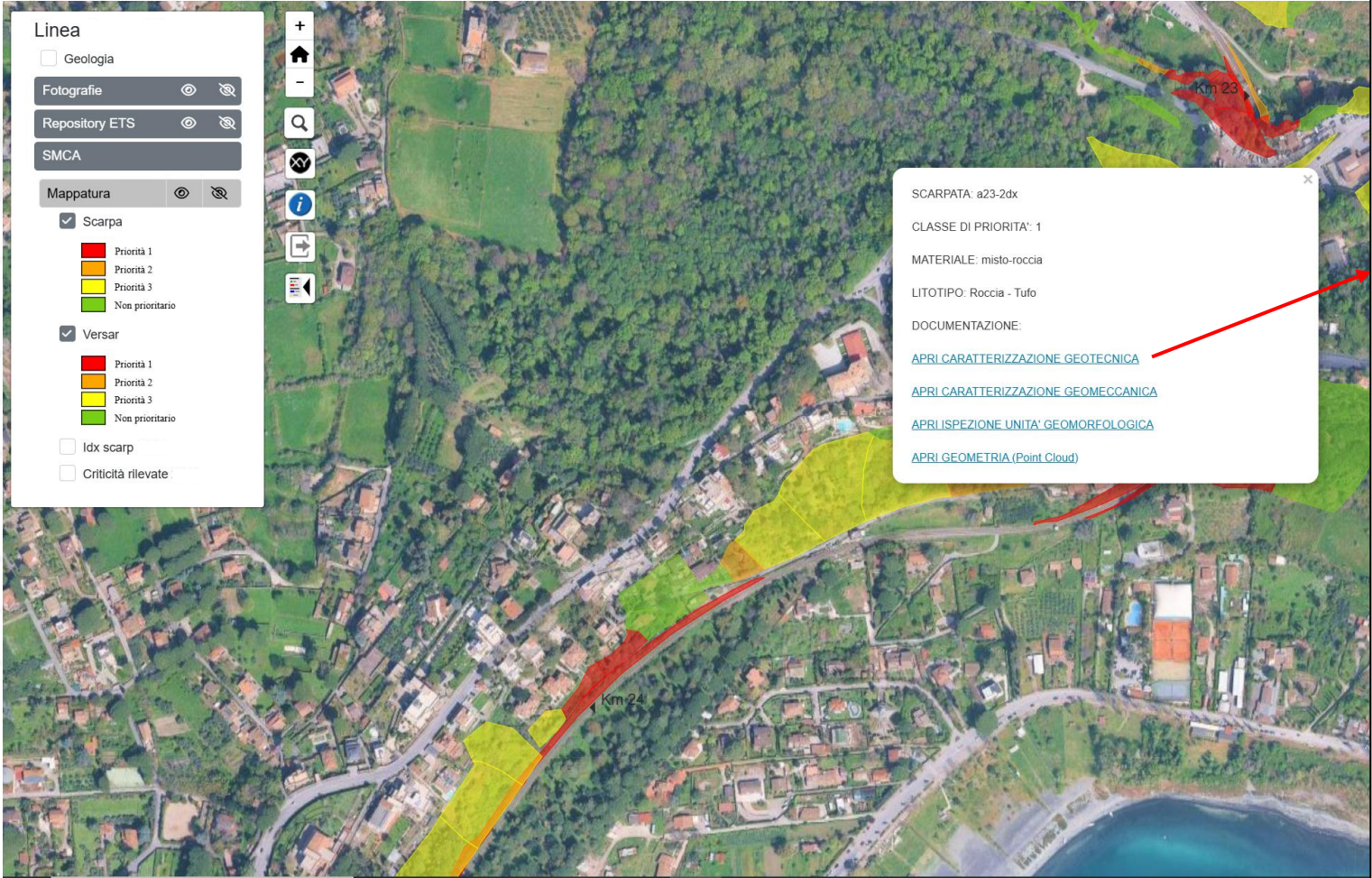


Versanti

Parametri principali:

- Cono d'ombra (analisi con il metodo dei coni d'ombra)
- Interferenza tra il runout modellato con il modello di Huggel e la massicciata
- Frane attive
- Instabilità





Mappatura geomorfologica finalizzata alla redazione della carta di pericolosità della tratta ferroviaria Salone (e) – Tivoli (i) sulla linea Roma-Sulmona e sulle linee dei Castelli
RAPPORTO TECNICO

4 RILIEVI IN SITO E PROVE DI LABORATORIO

4.1 Rilievi geologici

Lo studio preliminare dei dati geologici, provenienti da fonti bibliografiche ha permesso di inquadrare in modo generale le aree attraversate dalle linee oggetto di studio; si sono infatti esaminati i database geologici regionali, unitamente alla documentazione ufficiale esistente (Progetto CARG, e Carta Geologica d'Italia).

Tali informazioni, seppur importanti e veritiere, non risultano sufficienti per una caratterizzazione di dettaglio delle litologie e delle proprietà geologiche e geotecniche delle unità presenti; per tale motivo si è reso indispensabile procedere ad una fase di rilievo geologico-geomorfologico diretto e mirato in sito. Il rilievo è stato effettuato a piedi, percorrendo le linee Ciampino-Frascati, Ciampino-Albano Laziale e Ciampino-Velletri, e soffermandosi sui tratti in trincea e/o sottostanti a versanti collinari.

L'attenzione si è quindi puntata sulla presenza di "spaccati" naturali e/o artificiali del terreno, che meglio rappresentano l'assetto stratigrafico del sito e hanno permesso di osservare direttamente la stratigrafia e le caratteristiche dei depositi presenti.

Al fine di fornire alla committenza un quadro completo delle scarpate rilevate e delle informazioni che caratterizzano le stesse, si sono redatte le "Schede monografiche delle scarpate censite". Per ciascuna scarpata infatti si è creata una scheda descrittiva che ne riporta i caratteri generali, morfologici e geologici; è stata definita anche la presenza di opere di sostegno, evidenziando anche il loro stato di manutenzione ed efficienza; per meglio evidenziare la situazione descritta, si riporta anche una ripresa fotografica della scarpata.

4.2 Prove in sito

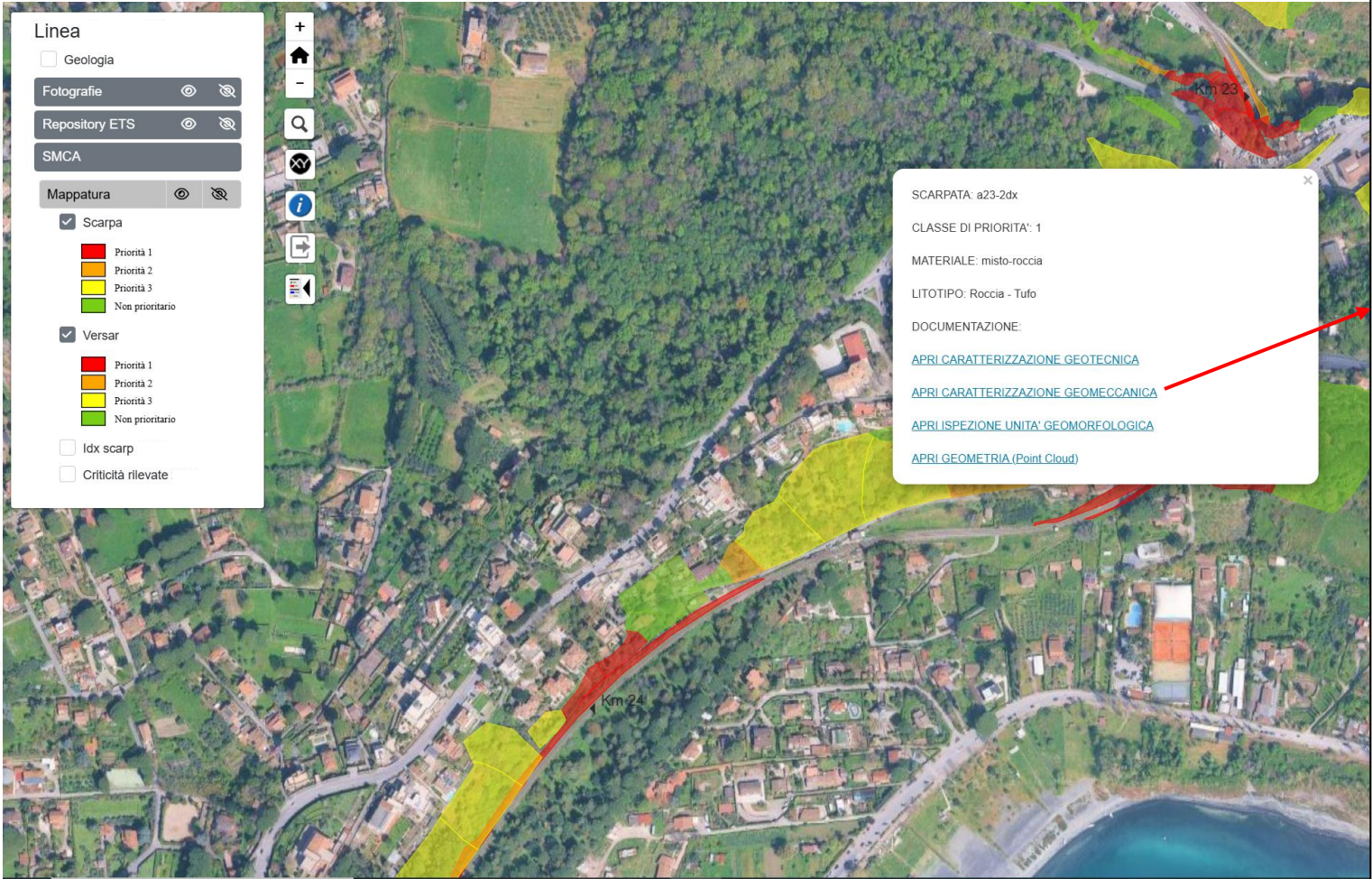
Durante i sopralluoghi effettuati si sono eseguite alcune prove speditive, utilizzando lo scissometro e il pocket penetrometro; lo scopo di tali prove è quello di fornire ulteriori elementi per la definizione del comportamento geotecnico e dei parametri del terreno. L'esecuzione e il numero delle indagini è stata influenzata dalla folta copertura vegetale delle scarpate e dalla presenza di opere a contatto (reti, rivestimenti, ecc.). Di seguito, si descrivono brevemente le tipologie di prova e gli strumenti utilizzati.

4.2.1 Prova scissometrica

Al fine di valutare il valore della coesione in sito, si sono eseguite alcune prove scissometriche con "pocket vane" (Figura 24). E' uno strumento costituito da un corpo cilindrico contenente una molla a torsione tarata e da una parte inferiore costituita da una paletta a croce che viene infissa nel terreno per 5÷6 cm, in modo da verificare il valore della resistenza al taglio in assenza di drenaggio (Cu) in zone non disturbate. Nella foto a lato si evidenzia lo scissometro utilizzato.



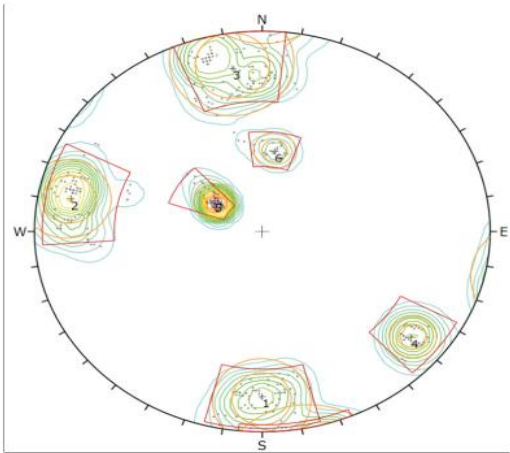
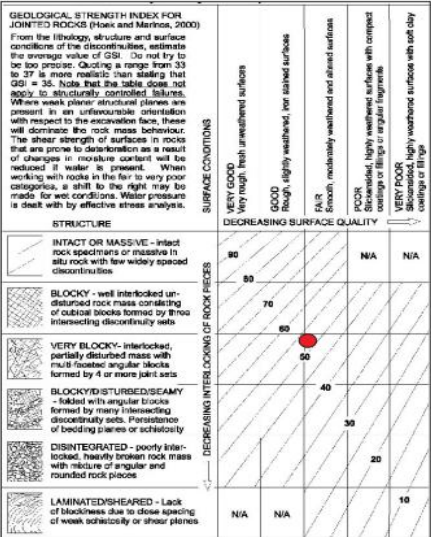
Figura 24 – Lo strumento utilizzato per le prove scissometriche in sito ("pocket vane").

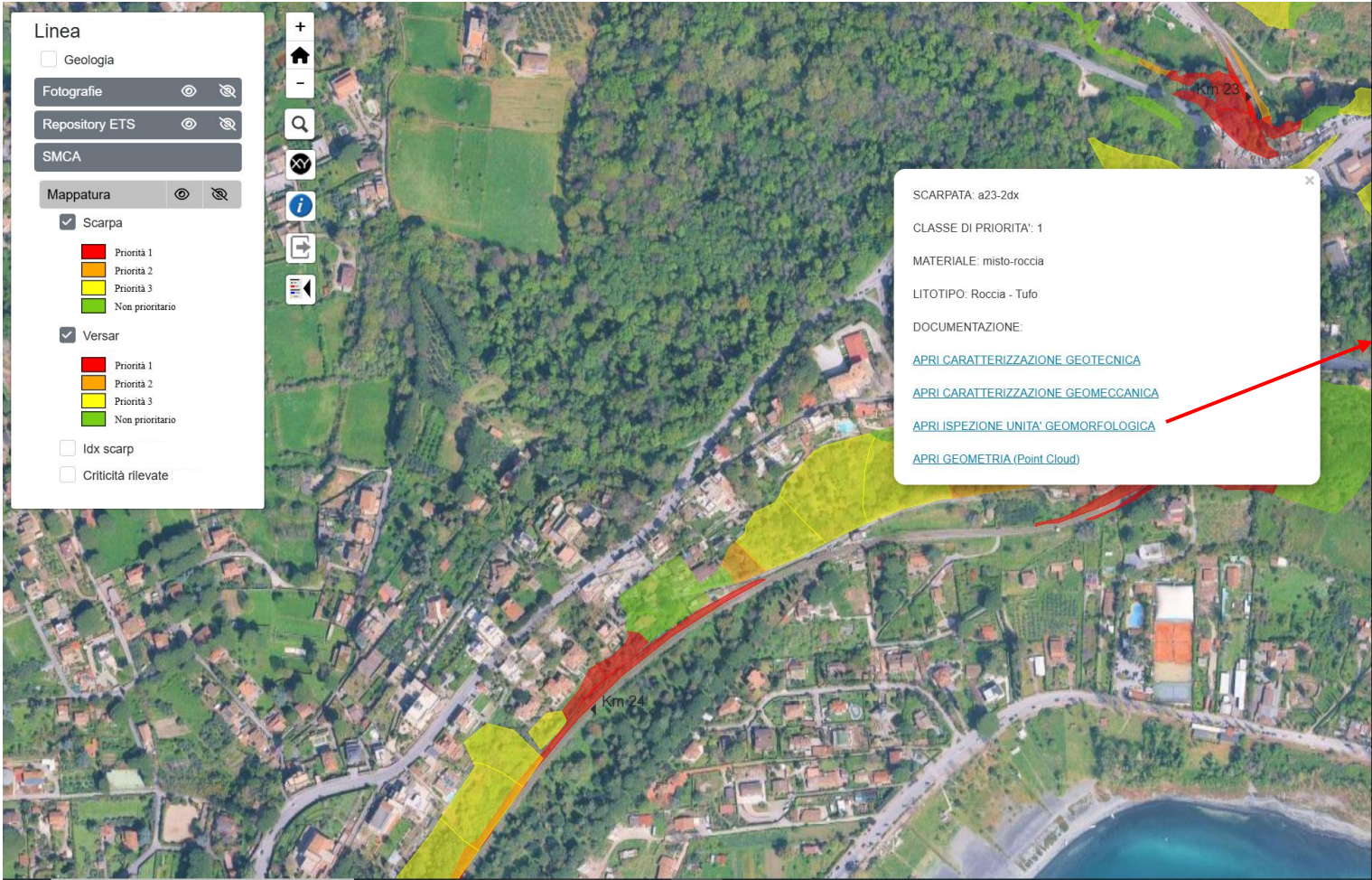


APPROFONDIMENTO GEOMECCANICO

LINEA FS: Ciampino - Albano Laziale
SCHEDE N°: 11
RIFERIMENTO SCARPATA: 24DX-2 / 24DX-3
LITOLOGIA: lava

set	imm.	ind.
1	360	79
2	101	81
3	171	79
4	309	80
5	126	29
6	188	44



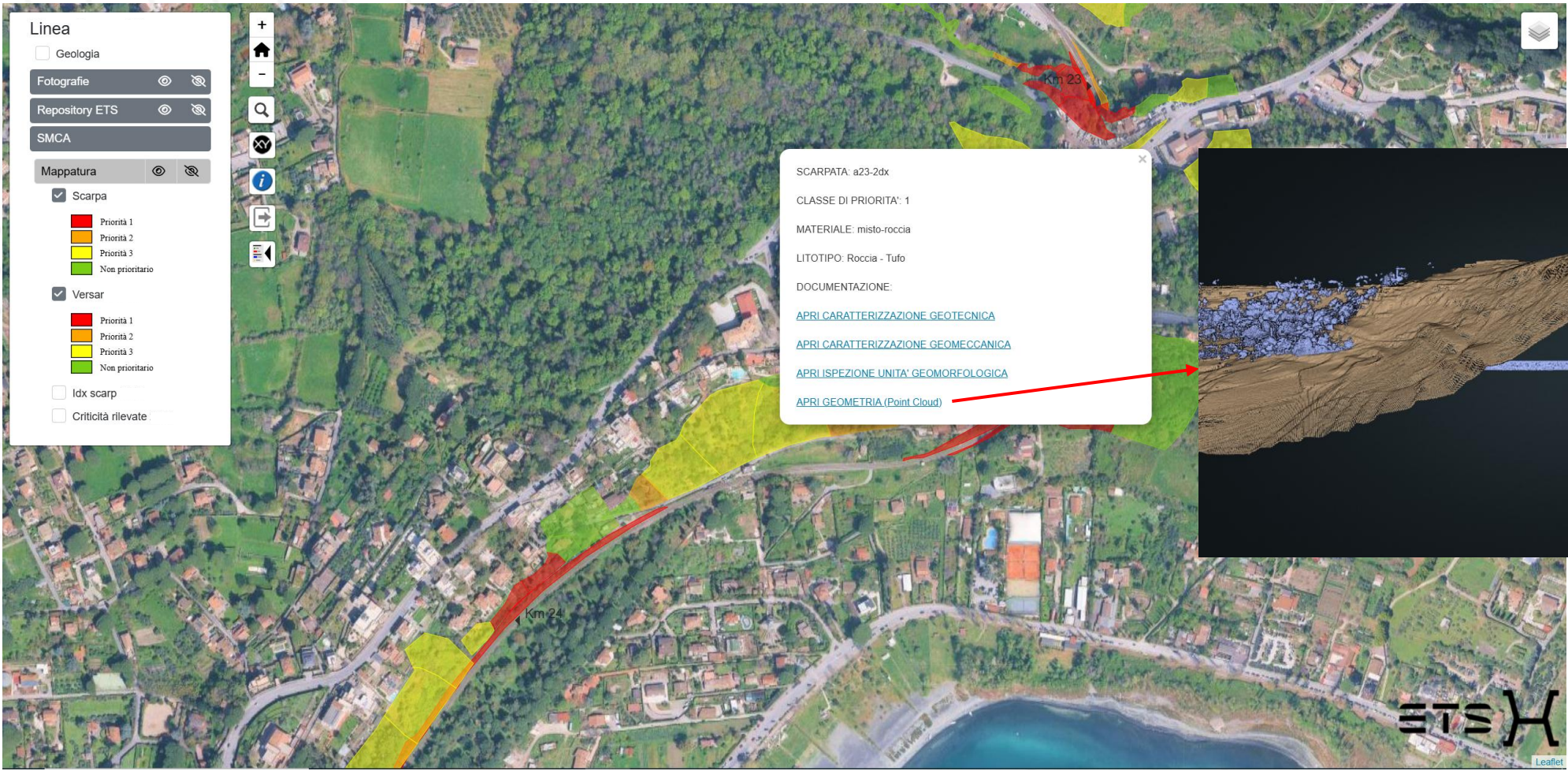


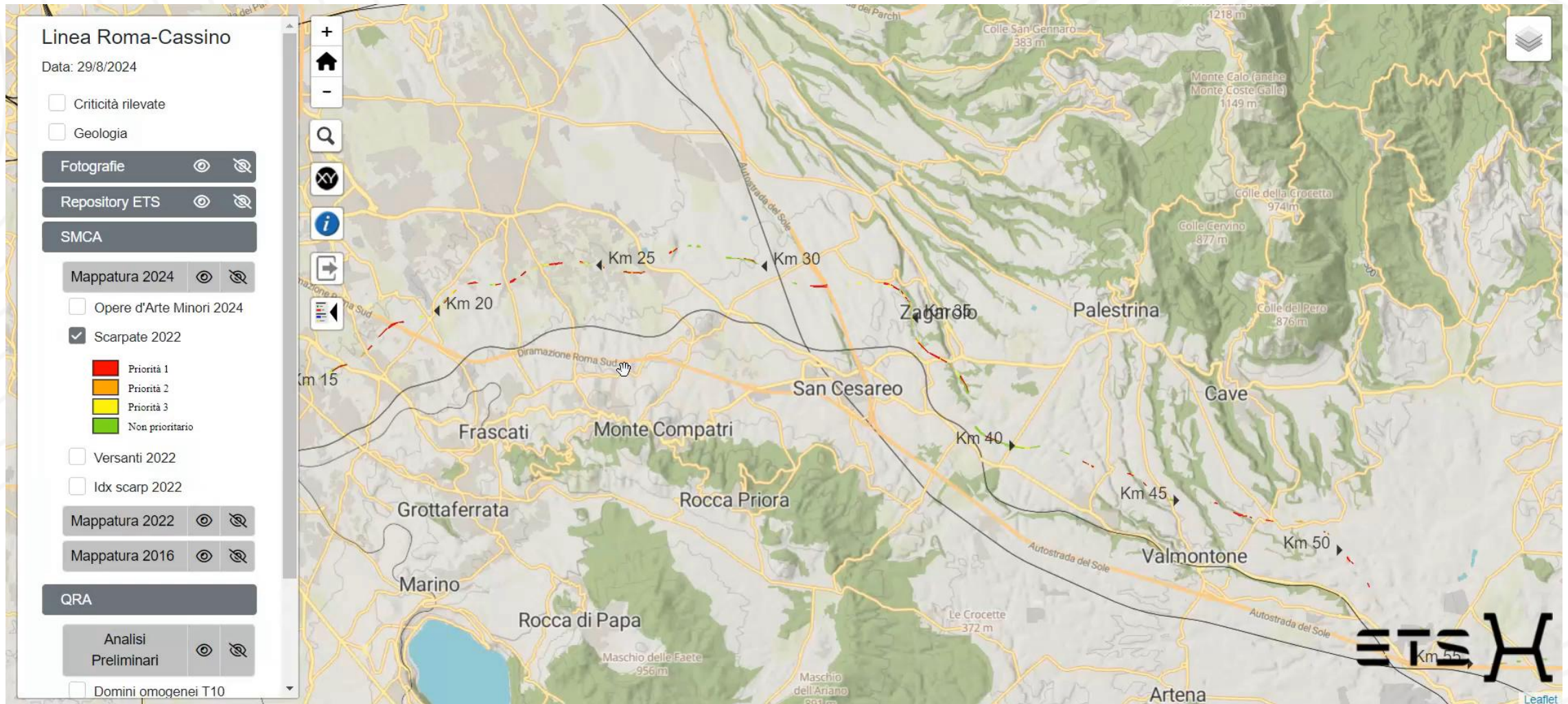
SCHEDA DESCRITTIVA

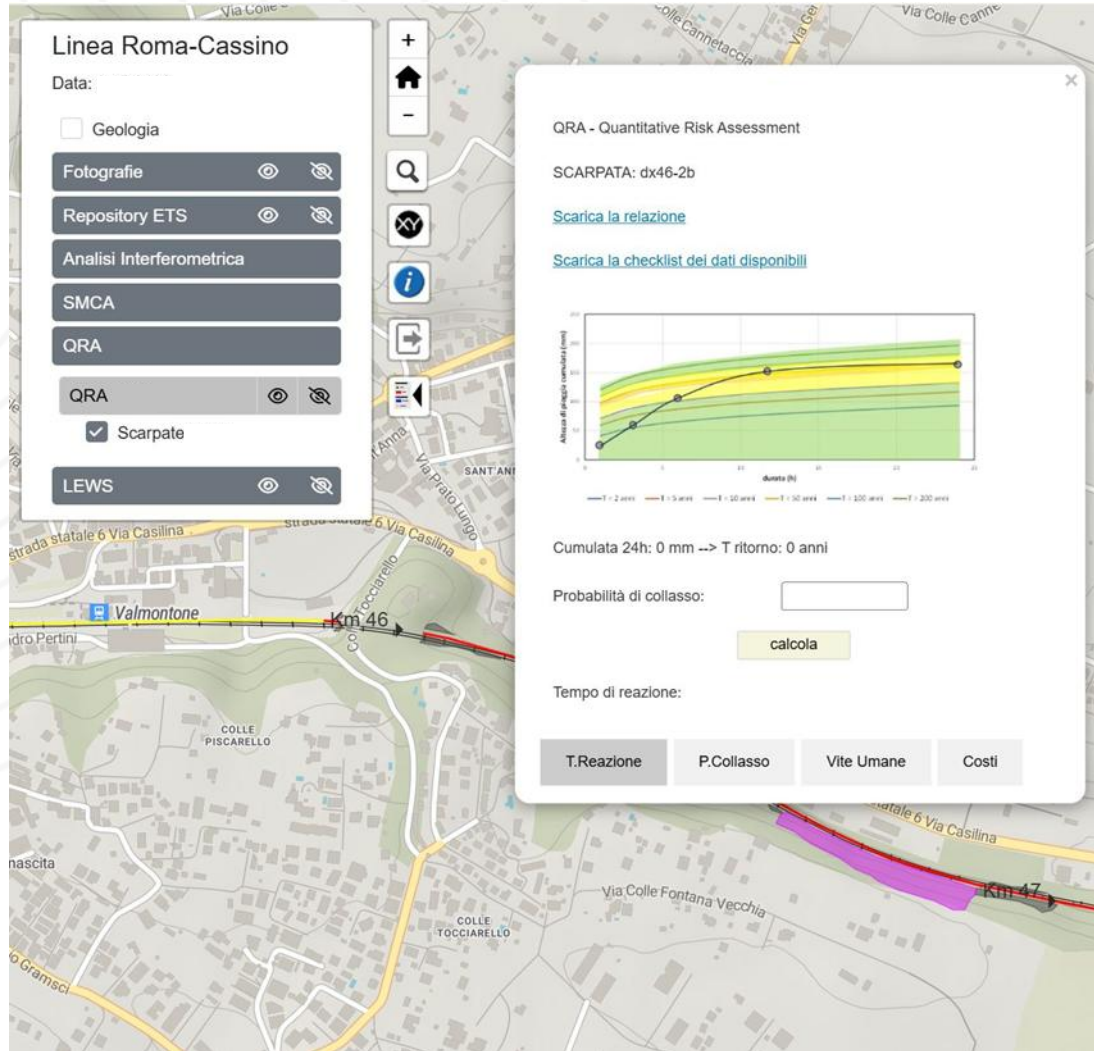
N° SCHEDA	32
IDENTIFICATIVO	24DX-2 / 24DX-3
LINEA FS	Marino – Castel Gandolfo
COMUNE	Marino
TIPOLOGIA	☐ Trincea/scarpata ☒ Versante

COMMENTO GENERALE	Tratto della ferrovia che scorre alla base di un versante acclive; localmente si segnala la presenza di edifici residenziali. <i>Nessuna evidenza geologica degna di nota.</i>
DESCRIZIONE GEOLOGICA E GEOLITOLOGICA	Ammasso roccioso dalle discrete caratteristiche geomeccaniche, con indice GSI compreso tra 52-57 (rif. scheda geomeccanica n° 11). Litologicamente si tratta di lave di colore grigiastro, poco fratturate e di aspetto mediamente compatto.
DETTAGLI MORFOLOGICI	Lunghezza complessiva di circa 600 m, con altezza massima pari a 21 m.
VEGETAZIONE E AMBIENTE	Vegetazione mista.
OPERE SOSTEGNO/DIFESA	Muro cls alla base, rete semplice, muri in pietrame e in cemento sul versante. Discrete condizioni generali.







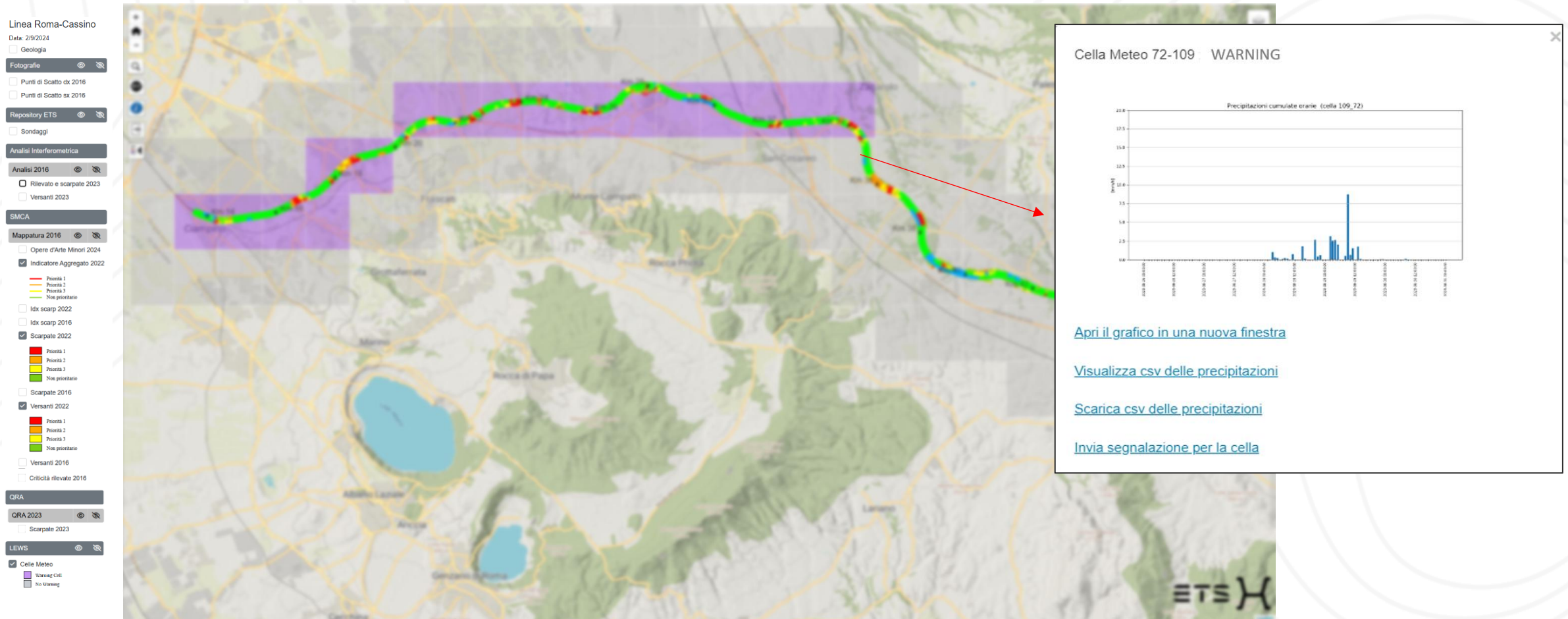


MIRETS Mappatura idrogeologica Modulo QRA

Il modulo QRA (Quantitative Risk Assessment) è una delle funzionalità più recenti del sistema WebGIS per la valutazione quantitativa del rischio di frane lungo le infrastrutture ferroviarie. Questo strumento consente di effettuare analisi probabilistiche a supporto delle decisioni operative e di manutenzione.

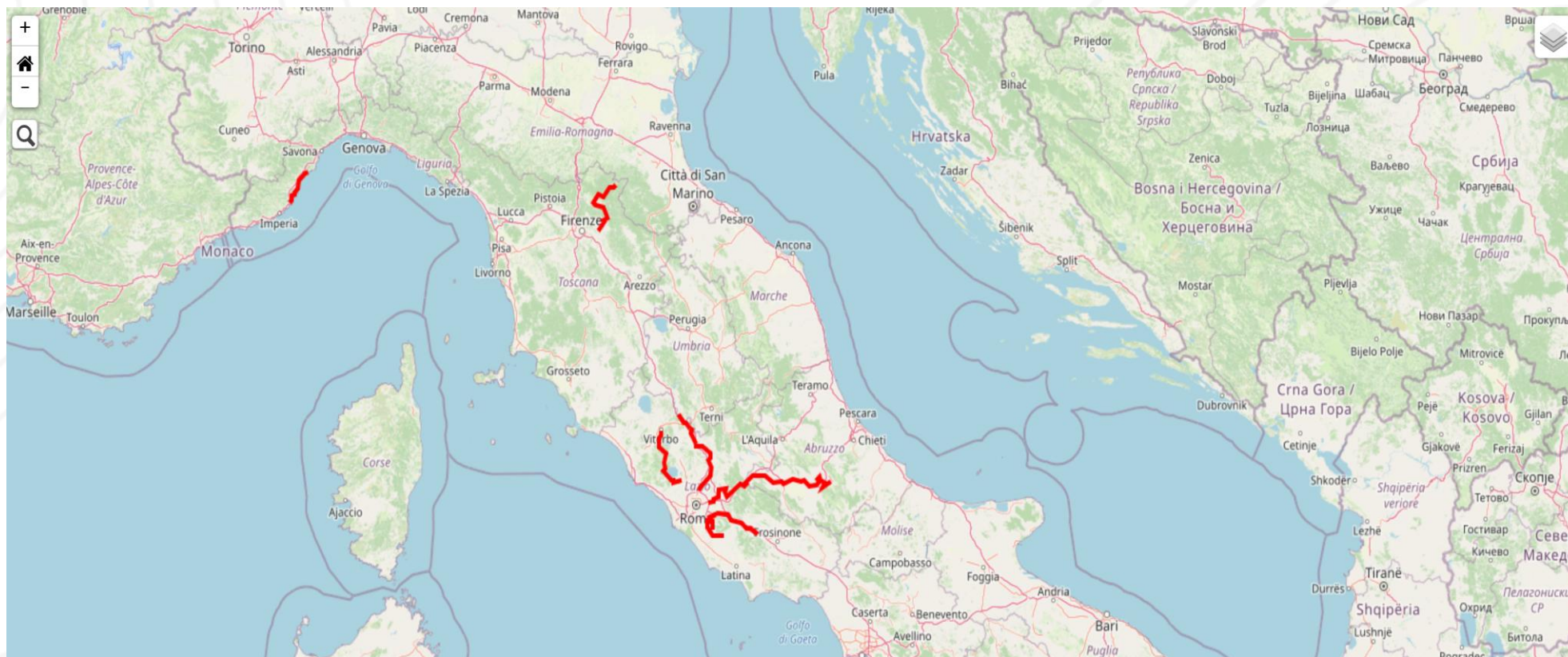
Application of Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) to assess rockfall hazard and plan mitigation strategies along long infrastructures (Foria et al, 2021b)

MIRETS Mappatura idrogeologica Modulo EWS



Application of Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) to assess rockfall hazard and plan mitigation strategies along long infrastructures (Foria et al, 2021b)

MIRETS Mappatura idrogeologica WebGIS: Panoramica



Acquisizione innovativa dei dati, digitalizzazione, analisi ingegneristiche e una piattaforma web basata sulla localizzazione geografica, creata per la gestione digitale del rischio idrogeologico, che comprende moduli per l'analisi qualitativa e quantitativa del rischio e sistemi di allerta lungo le infrastrutture ferroviarie.

Ad oggi (2016-inizio 2026) sono stati mappati complessivamente circa 500 km di linee ferroviarie.





C2RISK

Caso Studio: Linea Ferroviaria del Centro Italia

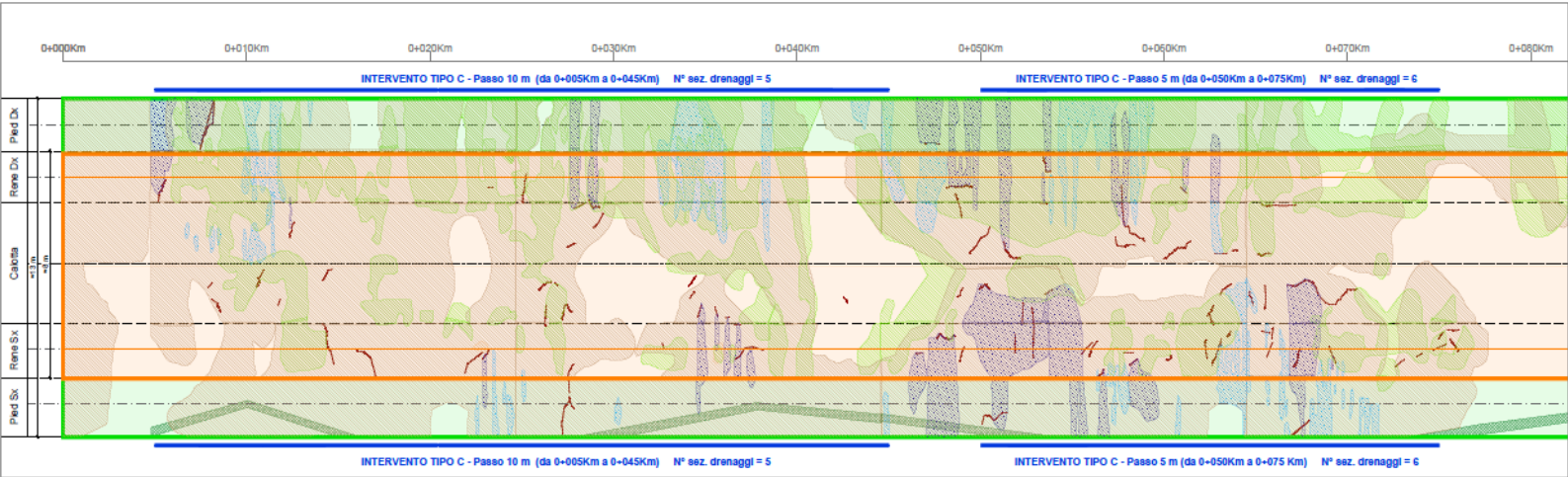
Ispezioni in Galleria

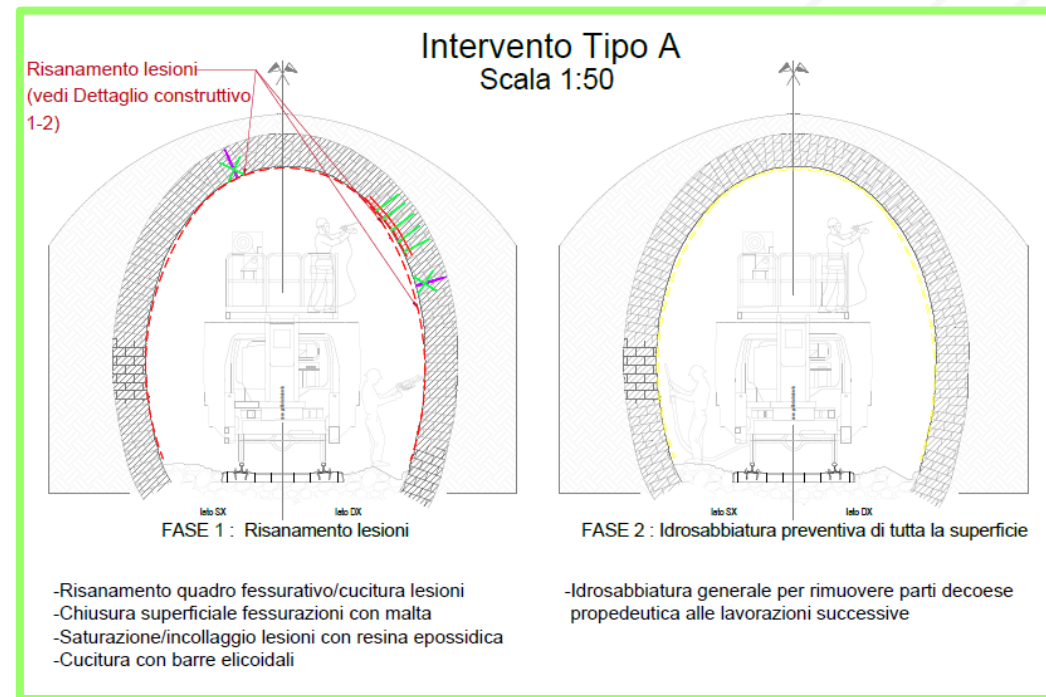


Idrogeologia

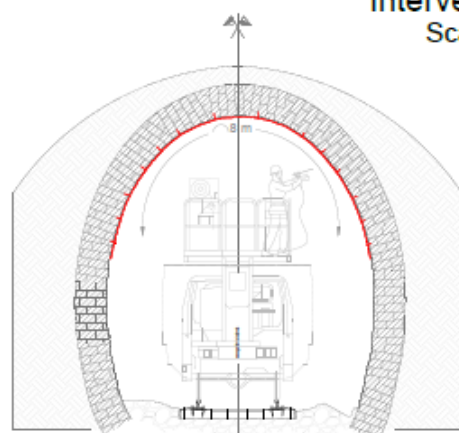


Cambiamento Climatico





Intervento Tipo B (L'intervento TIPO B dovrà essere realizzato a seguito dell'intervento TIPO A ⁽¹⁾)
Scala 1:50



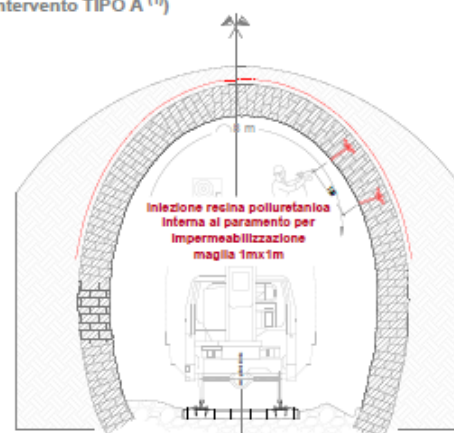
FASE 3 : Rasatura con malta

- Rasatura del paramento (spessore minimo su pietra) per consentire la chiusura dei vuoti nei giunti e nelle cavità con malte tixotropiche antiritiro
- Chiusura approfondita dei letti della muratura con malta cementizia tixotropica



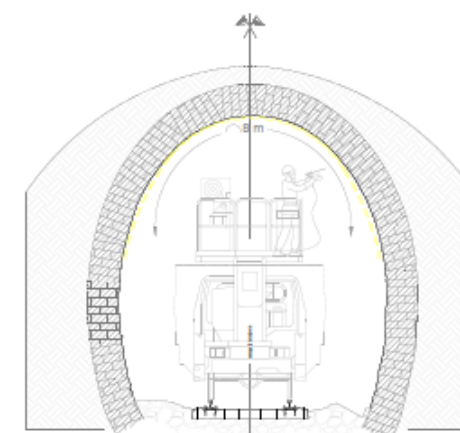
FASE 4 : Impermeabilizzazione e consolidamento a tergo del rivestimento

- Prefori Ø16-27mm Lmin 60 cm, inserimento packer Ø13 mm maglia 50x100 cm
- Iniezioni resina poliuretano bicomponente a celle chiuse
- Chiusura superficiale fori e stilatura finale con malta cementizia tixotropica



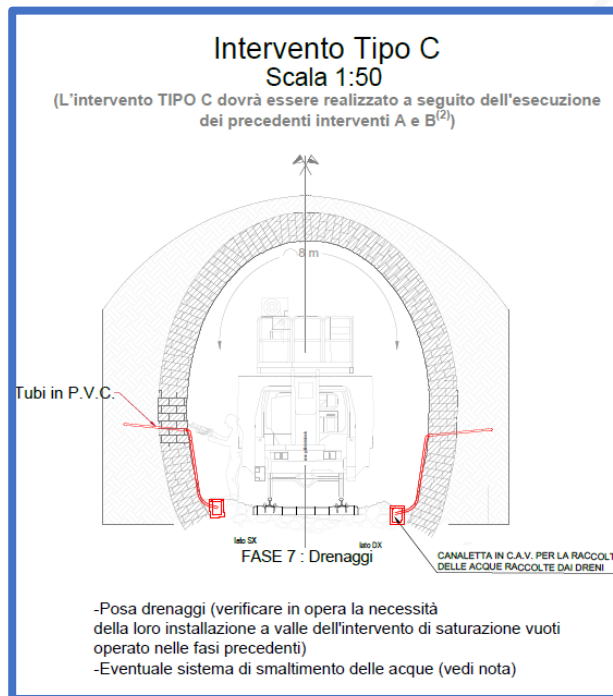
FASE 5 : Impermeabilizzazione e consolidamento all'interno del rivestimento

- Prefori Ø16-27mm Lmin 30 cm, inserimento packer Ø13 mm maglia 50x100cm nell'interspazio delle perforazioni della Fase 4
- Iniezioni resina poliuretano bicomponente a celle chiuse
- Chiusura superficiale fori e stilatura finale con malta cementizia tixotropica



FASE 6 : Idrosabbatura della superficie

- Idrosabbatura per rimuovere parti di malta dai conci



Gestione del rischio in ambito ferroviario: Innovazioni

Ispezioni in Galleria



Uno strumento una nuova metodologia per il rilievo, l'ispezione, l'analisi e la gestione digitale delle infrastrutture

Idrogeologia



Servizio di rilievo, analisi e piattaforma per la gestione e la digitalizzazione del rischio idrogeologico lungo le infrastrutture

Cambiamento Climatico



Piattaforma innovativa di supporto alle decisioni progettata per affrontare le esigenze di adattamento ai cambiamenti climatici nei sistemi di infrastrutture di trasporto



Thank you for your attention!

www.etsingegneria.it | ETS

mario.calicchio@etsingegneria.it

serena.pantaneschi@etsingegneria.it

