SORVEGLIANZA ALLE OPERE D'ARTE MAGGIORI
I SERVIZI DI ISPEZIONE

SINA
ASTM GROUP

CONSISTENZA OPERE PRINCIPALI GRUPPO ASTM

Opere Maggiori

n. 2.739

per oltre 13.500 campate

Gallerie

n. 326

Per oltre 200 km di estensione

TIPO OPERA	ADF A10	ADF A6	A33	SALT A15	SALT A12	SATAP A21	SATAP A4	Autovia Padana	ATIVA	SAV	SITAF	TOTALE
Opere maggiori	296	370	91	219	361	309	305	141	350	117	180	**2.739**
Gallerie	144	52	6	36	53					10	25	**326**
Opere Minori	87	102	15	76	112	89	109	317	41	88	59	**634**

SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – PRINCIPI METODOLOGICI

Uno dei modi più efficaci di procedere nell'osservazione delle strutture, finalizzato alla formulazione di giudizi di merito circa il loro stato di conservazione, e quindi di esercizio, è quello di basarsi su ispezioni periodiche, che mirino non solo all'acquisizione di informazioni di "stato" ma anche all'acquisizione di informazioni "evolutive" sulla base delle quali è possibile comprendere, spiegare e giudicare lo stato attuale.

L'esperienza nel condurre contemporaneamente campagne ispettive su un elevato numero di opere e la necessità di pervenire a sintetici giudizi d'insieme, hanno indotto SINA a perfezionare le metodologie che governano l'ispezione adottando fondamentalmente le seguenti modalità di ispezione:

- **ISPEZIONE VISIVA PRINCIPALE**
  - ✓ con restituzione grafica
  - ✓ con restituzione a stima percentuale
- **ISPEZIONE VISIVA DI SORVEGLIANZA**
- **ISPEZIONE STRAORDINARIA**

Il sistema S.I.O.S. prevede l'ispezione di sorveglianza intesa come ispezione trimestrale come da indicazioni della Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 19/07/1967, n. 6736/61A1, "Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali."

Le modalità sopra descritte devono essere precedute da una analisi conoscitiva dell'opera secondo il flusso seguente:

SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – PRINCIPI METODOLOGICI

ANALISI CONOSCITIVA

Ricerca, archiviazione ed analisi dei dati storici dell'opera

Suddivisione in unità strutturali, elementi tipologici, elenco anomalie, distinta elementi

ISPEZIONE VISIVA

CON RESTITUZIONE GRAFICA

Rilevazione di dettaglio delle anomalie riscontrate e loro registrazione su schemi grafici degli elementi

CON STIMA PERCENTUALE

Rilevazione visiva delle anomalie riscontrate e loro stima percentuale

ISPEZIONE VISIVA DI SORVEGLIANZA

Valutazione dello stato evolutivo delle principali anomalie riscontrate nelle ispezioni di dettaglio;

Riscontro delle segnalazioni precedentemente registrate

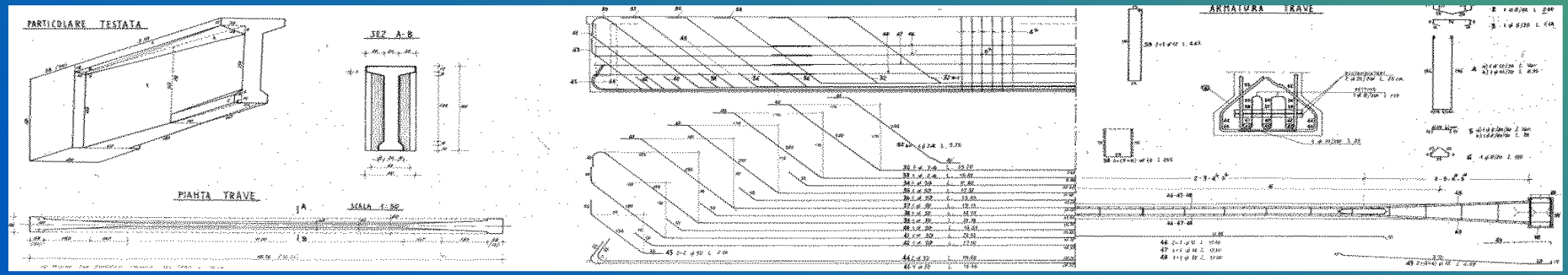
SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) - OGGETTI DI ISPEZIONE

- Ponti
- Viadotti
- Cavalcavia
- Gallerie
- Tombini e sottopassi
- Portali segnaletici
- Pensiline di esazione
- Altro (Lampioni, etc)

SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – ANALISI STRUTTURA

L'analisi strutturale di ogni struttura ha inizio con la ricerca dei dati storici e la loro archiviazione nel database SIOS con la valutazione di:

- ❑ dati di anagrafica, dati morfologici ed ambientali (schede tecniche);
- ❑ dati di caratterizzazione strutturale (disegni e relazioni);



- ❑ dati relativi alla vita manutentiva dell'opera (interventi pregressi);
- ❑ dati relativi allo stato di fatto dell'opera con valutazione del coefficiente di struttura.

La successiva analisi delle informazioni ottenute, prevede l'"ingegnerizzazione" del dato attraverso il riconoscimento di:

A. valutazione e scomposizione dell'opera in **unità strutturali**;
B. scomposizione in **elementi tipologici** ;
C. associazione ad ogni tipologico di un **meccanismo di degrado** (*grandezze di riferimento*) e riconoscimento delle **cause di guasto** (*anomalie*);
D. scomposizione della struttura in **elementi** (distinta elementi).

UNITA' STRUTTURALI

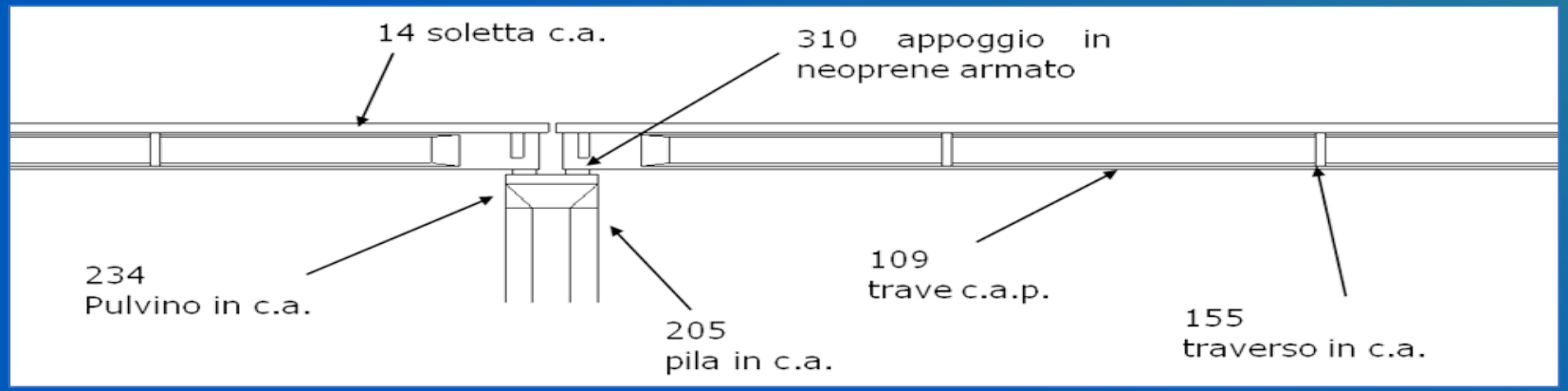
Le singole strutture vengono dunque suddivise in unità (insieme di campate) in funzione delle **similarità** riscontrate a livello di materiale, della metodologia costruttiva, dell'età e delle curve di degrado.

ELEMENTI TIPOLOGICI

Evidenziate quindi le unità strutturali costituenti l'opera, per ognuna di esse vanno individuati gli **elementi tipologici** ricorrenti che serviranno da *archètipo* (base) per la scomposizione successiva in elementi di dettaglio.
Gli elementi tipologici sono scelti dall'ingegnere, per una prima scomposizione della struttura o delle famiglia di strutture , in funzione dei seguenti parametri:

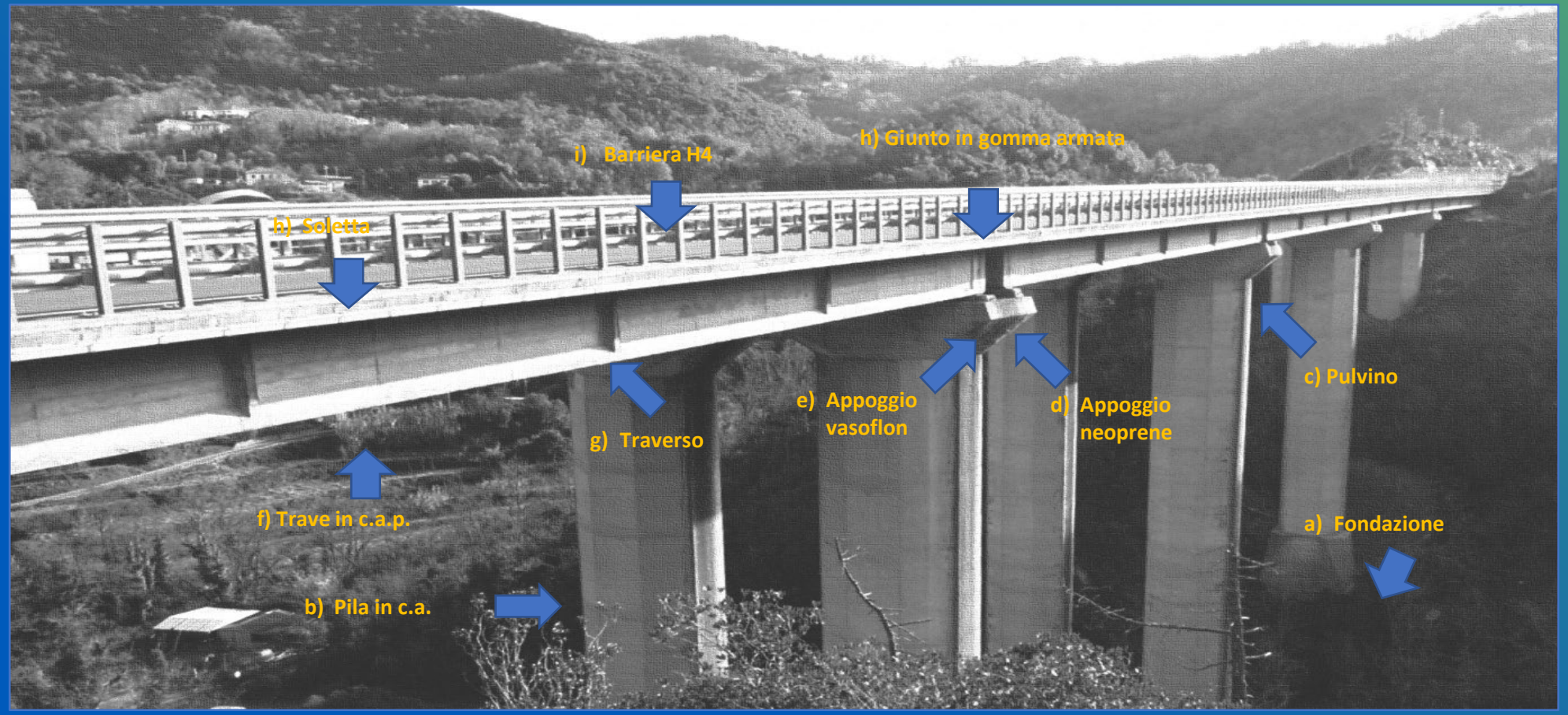
- *Materiale*
- *Geometria*
- *Tipologia costruttiva e produttore*
- *Classe di utilizzo (carichi di esercizio)*
- *Modi di guasto (curve di degrado - anomalie)*

Una volta scelti i tipologici vengono anche riferiti agli elementi **Co.Re**. (Commonly Recognized Structural Elements) contenenti le curve di degrado assegnate al fine di creare un elemento generale per la caratterizzazione globale di tutte le opere considerate.



SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – ANALISI STRUTTURA

Nell'immagine che segue sono indicati gli elementi tipologici che possono essere individuati su un viadotto tipico



SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – MAPPATURA DEL DEGRADO

È opportuno specificare che il catalogo difetti storicamente adottato da SINA è stato sviluppato secondo le migliori conoscenze disponibili in letteratura determinando un indice numerico del degrado basato su parametri già in origine perfettamente in linea con quanto proposto dalle Linee Guida.
Il catalogo difetti utilizzato dal metodo S.I.O.S. è stato aggiornato adottando integralmente il catalogo difetti proposto dalle Linee Guida riscontrando in molti casi una perfetta corrispondenza tra le anomalie dei due cataloghi.
Sono state mantenute alcune peculiari differenze nella rilevazione delle difettologie allo scopo di poter rendere il più confrontabile possibile le risultanze delle ispezioni eseguite nel tempo, e disponibili nel data base, e rendere così possibile un confronto tra di esse funzionale sia ad una valutazione dell'evoluzione del degrado sia all'utilizzo di curve di «life time» che come noto necessitano di dati storici il più ampi possibili per la loro implementazione.
Le differenze citate possono essere sintetizzate come segue:

Peso "G"	Classe SIOS
1	Classe 1
2	
3	Classe 2
4	Classe 3
5	

Linee Guida Ponti Parametro k1	Estensione SIOS (ispezione stima percentuale)
0.2	0÷5
	5÷25
0.5	25÷50
1	50÷100

Linee Guida Ponti Parametro k2	Intensita SIOS
0.2	Lieve
0.5	Medio
1	Forte

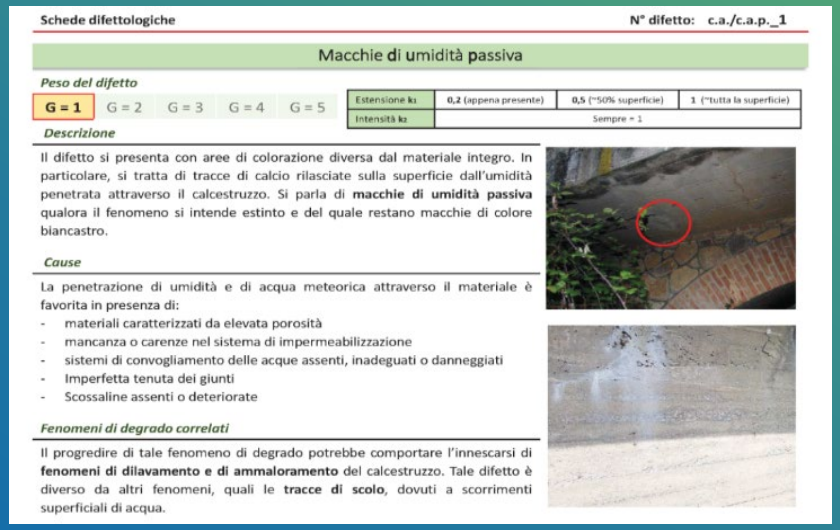
La metodologia proposta, per le sue caratteristiche di elevato dettaglio, consente di determinare per ogni elemento in cui è discretizzata l'opera l'indice di degrado definito come Valore Indice. È anche possibile determinare l'indice proposto dalle Linee Guida, Difettosità relativa (Dr), direttamente tramite l'applicativo in quanto i parametri utilizzati per la mappatura dei difetti sono direttamente raffrontabili.

SISTEMA ISPEZIONE OPERE SINA (S.I.O.S.) – MAPPATURA DEL DEGRADO

Il manuale delle ispezioni SINA è stato ampliato mediante l'adozione di documentazione di supporto all'attività di campo quali:

- Schede difettologiche di dettaglio;
- Tavole principali ammaloramenti

Le schede difettologiche di dettaglio, suddivise per materiale, riepilogano l'elenco difetti, riportano l'acronimo ed il simbolo utilizzato quando la registrazione dell'anomalia è grafica, oltre a riportare delle foto esplicative a supporto del riconoscimento del difetto ed i parametri associati ad esso. Le tavole ammaloramenti, anch'esse suddivise per materiale, agevolano l'ispettore nel riconoscimento delle difettologie riscontrabili sui vari elementi in cui è scomposta l'opera.



Schede difettologiche — N° difetto: c.a./c.a.p._1

Macchie di umidità passiva

Peso del difetto

G = 1 | G = 2 | G = 3 | G = 4 | G = 5

Estensione k1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k2	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con aree di colorazione diversa dal materiale integro. In particolare, si tratta di tracce di calcio rilasciate sulla superficie dall'umidità penetrata attraverso il calcestruzzo. Si parla di **macchie di umidità passiva** qualora il fenomeno si intende estinto e del quale restano macchie di colore biancastro.

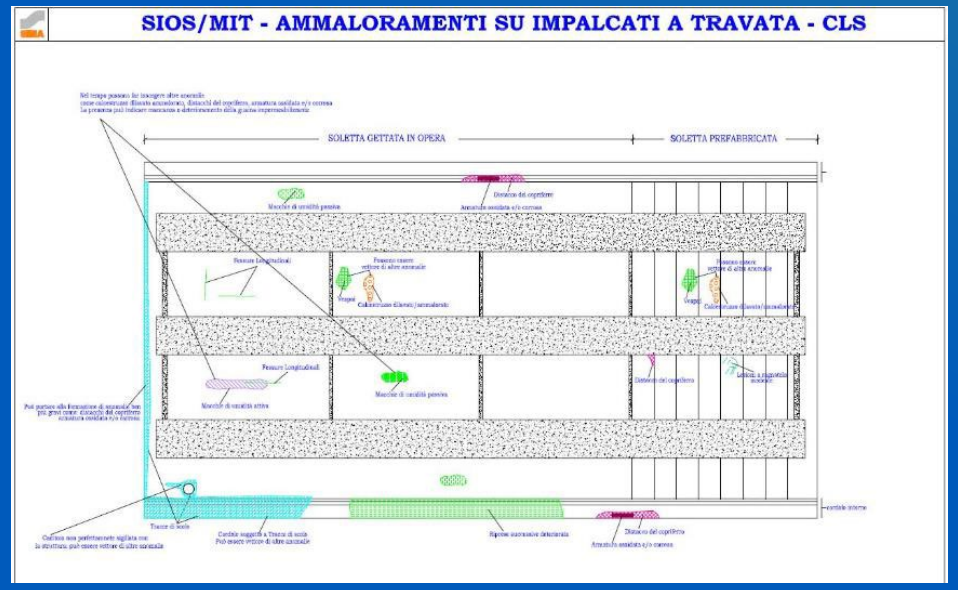
Cause

La penetrazione di umidità e di acqua meteorica attraverso il materiale è favorita in presenza di:

- materiali caratterizzati da elevata porosità
- mancanza o carenze nel sistema di impermeabilizzazione
- sistemi di convogliamento delle acque assenti, inadeguati o danneggiati
- Imperfetta tenuta dei giunti
- Scossaline assenti o deteriorate

Fenomeni di degrado correlati

Il progredire di tale fenomeno di degrado potrebbe comportare l'innescarsi di **fenomeni di dilavamento e di ammaloramento** del calcestruzzo. Tale difetto è diverso da altri fenomeni, quali le **tracce di scolo**, dovuti a scorrimenti superficiali di acqua.



SIOS/MIT - AMMALORAMENTI SU IMPALCATI A TRAVATA - CLS

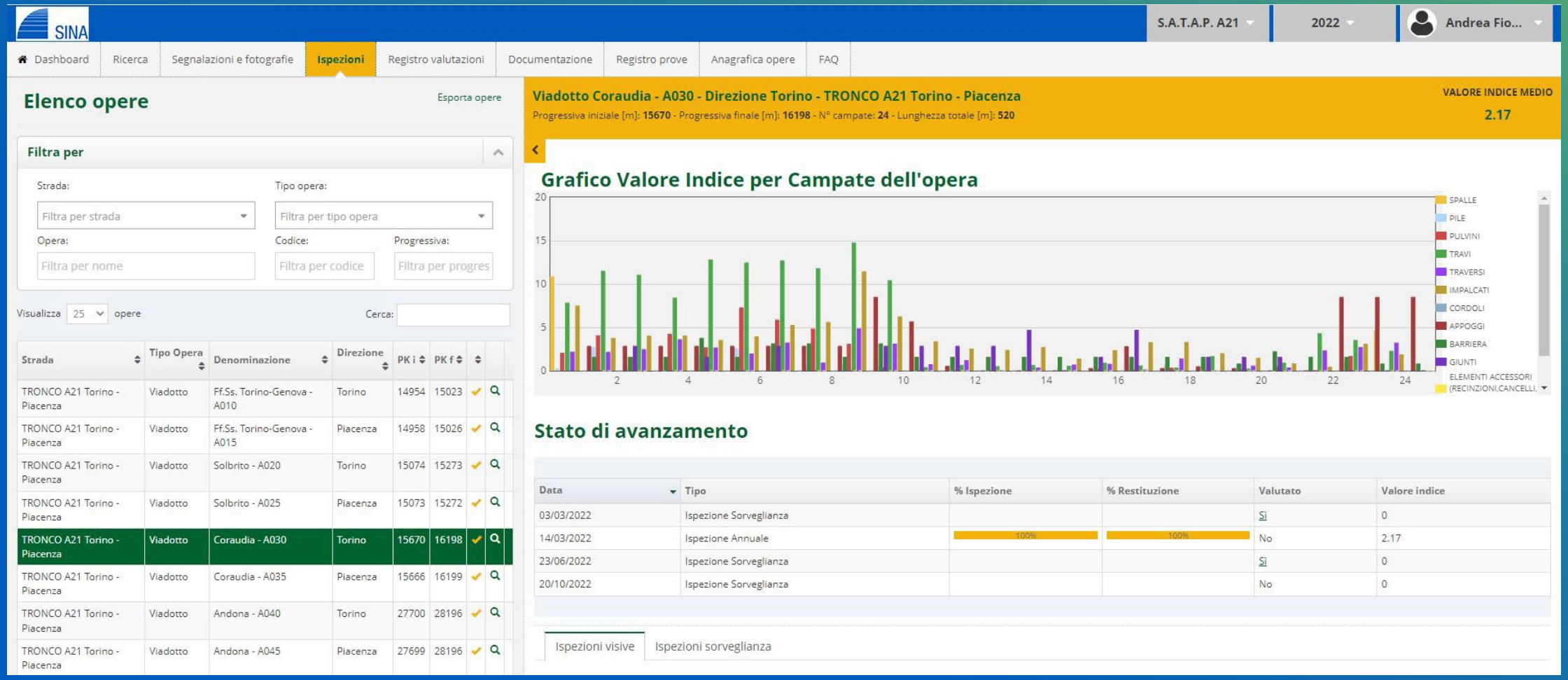
SIOS MIT SCHEDE DIFETTOLOGICHE C.A. / C.A.P.

ALD | FL | FT | RRT | LDTT | RS | LATS | RD | DU | LZA | RAC | FP | SC | MF | DRA

MD_Schede difettologiche SINA/MIT — Pag. 2 di 9

APPLICATIVO S.I.O.S. – INTERFACCIA CLIENTE (S.I.O.S. WEB)

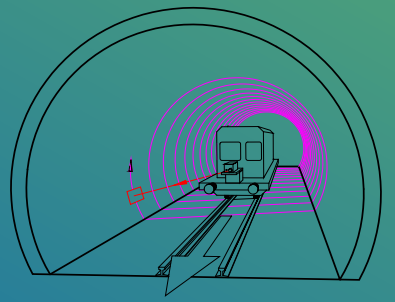
Nel seguito si riporta l'immagine di una sezione del portale web, accessibile dal cliente o personale autorizzato, sul quale è possibile consultare tutto il dato ispettivo. Il dato è disponibile in tempo quasi reale, infatti l'ispettore al termine dell'attività di campo «sincronizza» i dati rilevati rendendoli disponibili immediatamente.



GALLERIE: METODOLOGIA ISPEZIONE SINA – TUNNEL SCANNER SYSTEM (TSS3)

Le principali caratteristiche tecniche dell'apparecchiatura utilizzata per le acquisizioni possono essere così riassunte:

- ✓ velocità massima di rotazione della testa dello scanner: 150 giri al secondo;
- ✓ risoluzione massima rilievo fotografico: 10.000 pixel per scansione;
- ✓ risoluzione massima rilievo profilometrico: 10.000 pixel per scansione;
- ✓ passo di campionamento: circa 1 sezione al cm;
- ✓ acquisizione in contemporanea sui tre canali
- ✓ temperatura d'esercizio compresa tra 0° e 40°
- ✓ Velocità di acquisizione variabile tra i **3 ed i 12 km/h** in funzione della risoluzione attesa.



TSS in assetto ferroviario

TSS in assetto stradale

TSS in assetto industriale

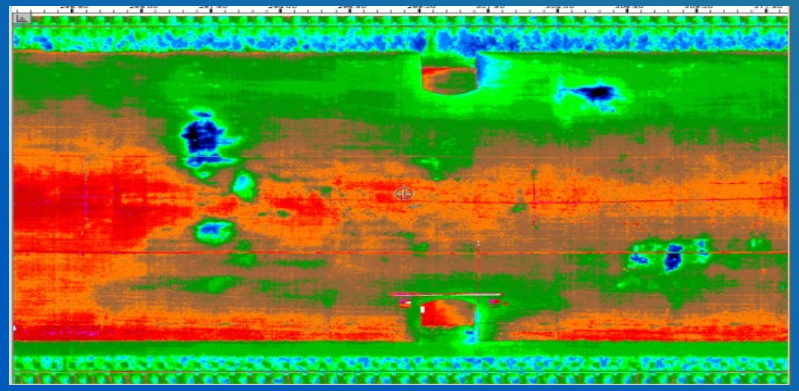
GALLERIE: METODOLOGIA ISPEZIONE SINA – TUNNEL SCANNER SYSTEM (TSS3)

Immagine visiva

Ispezione visiva della galleria

- Lesioni all'intradosso
- Acqua e/o umidità superficiali
- Anomalie varie
- Reti metalliche e/o canalette
- Catasto impianti

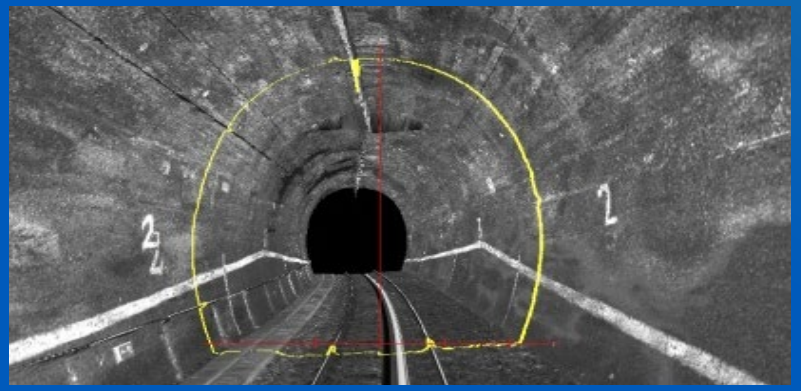
Termografia



Analisi termografica

- Presenza di acqua
- Vuoti e/o scollamenti del rivestimento
- Anomalie impianti

3D Recording



Rilievo geometrico

- Individuazione delle anomalie
- Sezioni in corrispondenza di qualunque prog.
- Viste tridimensionali
- Modellazione 3D del fornice

GALLERIE: METODOLOGIA ISPEZIONE SINA – TUNNEL SCANNER SYSTEM (TSS4)

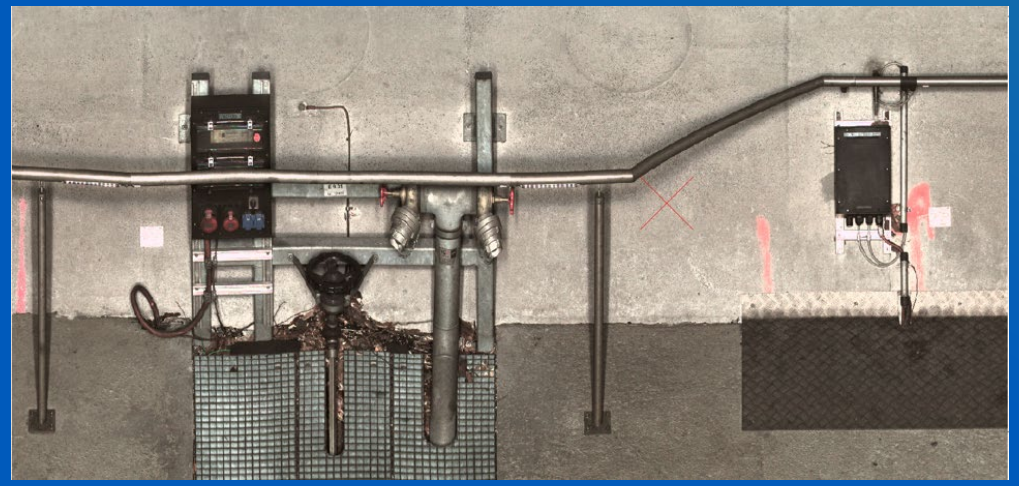
Le principali caratteristiche tecniche dell'apparecchiatura utilizzata per le acquisizioni possono essere così riassunte:

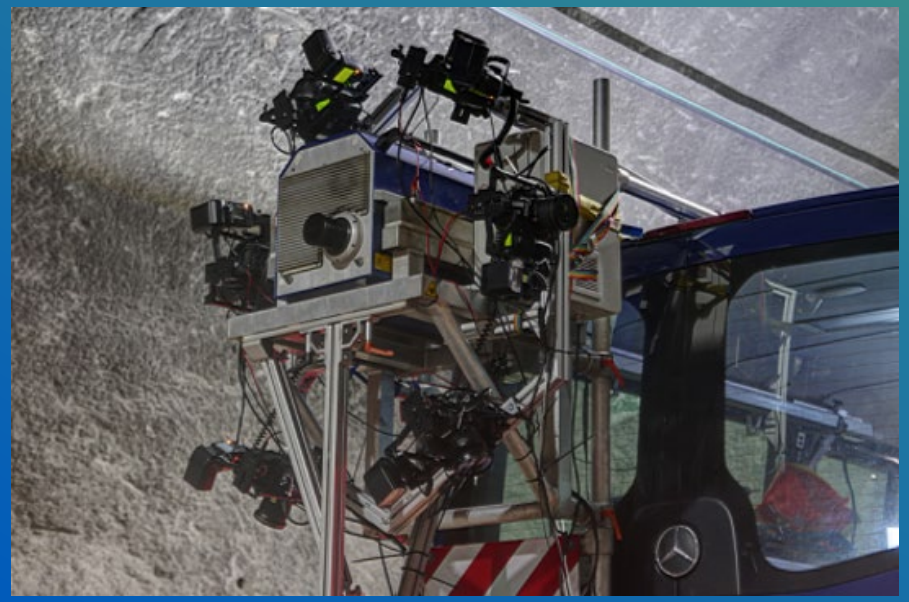
- ✓ velocità massima di rotazione della testa dello scanner: 150 giri al secondo;
- ✓ risoluzione massima rilievo fotografico: 10.000 pixel per scansione;
- ✓ risoluzione massima rilievo profilometrico: 10.000 pixel per scansione;
- ✓ passo di campionamento: circa 1 sezione al cm;
- ✓ Velocità di registrazione telecamere: 20.000 lines/s;
- ✓ Risoluzione telecamere (sulla superfice del tunnel): 1 mm/pixel
- ✓ Risoluzione immagine a colori (pixel per 360°) >30000 pixel
- ✓ acquisizione in contemporanea sui quattro canali
- ✓ temperatura d'esercizio compresa tra 0° e 40°
- ✓ Velocità di acquisizione variabile sino a **30 km/h** in funzione della risoluzione attesa.

TS4 in assetto ferroviario

TS4 in assetto stradale

TUNNEL SCANNER SYSTEM TSS4 – CANALE DI AQUISIZIONE RGB

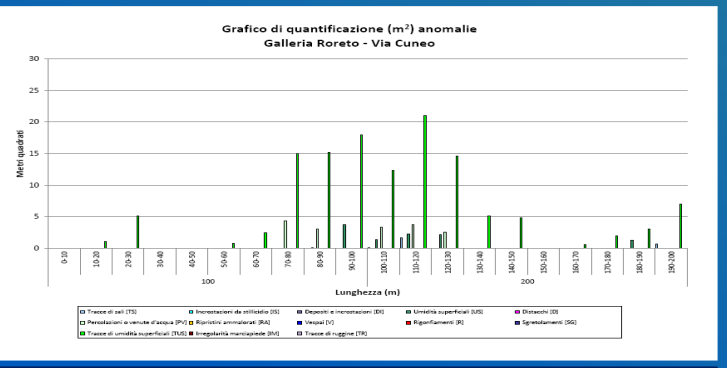




IMMAGINI ACQUISITE

ESECUZIONE RILIEVO

TUNNEL SCANNER SYSTEM TSS4 – ESEMPIO MAPPATURA ANOMALIE

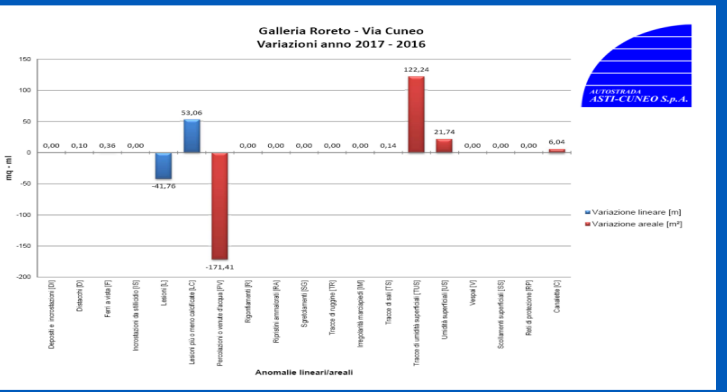


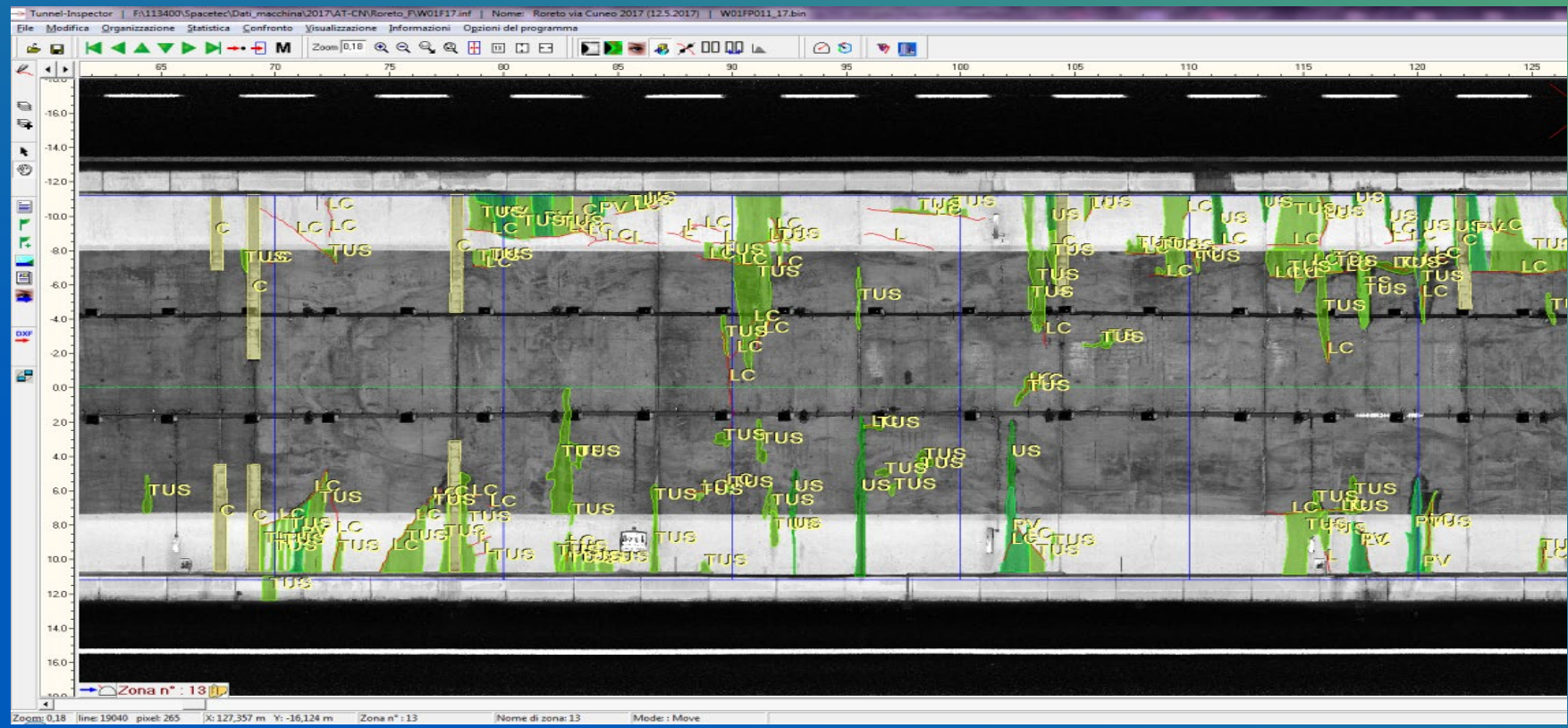
Risultati Tunnel-Inspector 2010
Galleria Pieruccia via Viareggio

Lunghezza tot. [m]	Larghezza blocchi [m]		
74	17.39	area totale =	1286.86

Anomalie	Prog. [m]	Lunghezza [m]	Superficie [m²]	Note
Tracce di umidità superficiali [TUS]	1.38		5.02	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	2.66		0.21	
Lesioni [L]	4.12	7.21		
Tracce di umidità superficiali [TUS]	4.29		0.25	
Lesioni [L]	4.61	4.64		
Tracce di umidità superficiali [TUS]	4.54		0.58	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	4.67		0.03	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	4.79		0.06	
Rigonfiamenti [R]	5.01		0.07	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	5.63		5.86	
Percolazioni o venute d'acqua [PV]	7.31		0.14	
Sgretolamenti [SG]	7.99		0.10	
Ferri a vista [F]	8.10	0.33		
Rigonfiamenti [R]	8.23		0.01	
Percolazioni o venute d'acqua [PV]	8.92		2.40	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	61.06		0.57	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	64.42		1.41	
Lesioni [L]	64.46	3.06		
Lesioni più o meno calcificate [LC]	64.61	7.44		
Lesioni più o meno calcificate [LC]	64.68	2.16		
Tracce di umidità superficiali [TUS]	67.21		0.48	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	67.37		3.02	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	67.74		6.65	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	70.16		0.74	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	70.92		1.72	
Lesioni [L]	70.95	5.33		
Tracce di umidità superficiali [TUS]	71.05		0.79	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	72.62		1.30	
Tracce di umidità superficiali [TUS]	72.99		1.60	

Anomalie	Lunghezza totale [m]	Superficie totale [m²]
Ferri a vista [F]	0.33	
Lesioni [L]	20.24	
Lesioni più o meno calcificate [LC]	9.6	
Percolazioni o venute d'acqua [PV]		2.54
Rigonfiamenti [R]		0.07
Sgretolamenti [SG]		0.10
Tracce di umidità superficiali [TUS]		29.29





IL RILIEVO TSS4 DELLE GALLERIE DI AUTOSTRADE PER L'ITALIA

Commessa di particolare rilevanza in merito al rilievo tecnologico Tunnel Scanner System è relativa al servizio di rilievo e mappatura degradi delle gallerie facenti parte delle tratte di competenza Autostrade per l'Italia.
Nel seguito riepilogo sintetico della consistenza delle opere

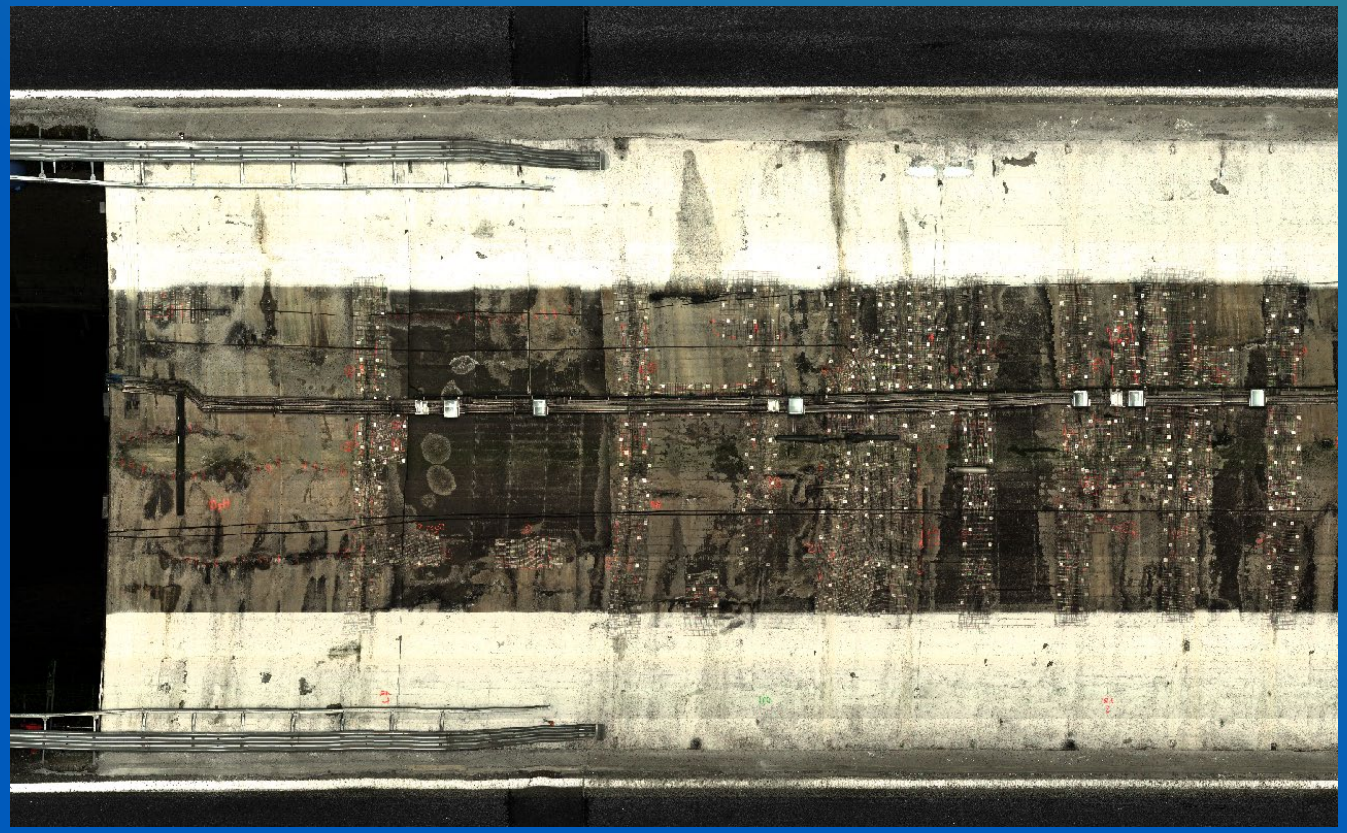
TRONCO ASPI	OPERE	LUNGHEZZA
DT1	285	144.268
DT2	17	5.742
DT3	11	7.008
DT4	120	96.083
DT5	10	3.262
DT6	30	12.568
DT7	70	41.006
DT9	52	60.689
Totale	**595**	**370.626**

L'esecuzione del rilievo è avvenuta mediante n. 9 MISSIONI eseguite in periodo notturno, della durata media di 1 settimana.
Per il caso in analisi la velocità di acquisizione è stata di 12 km/h, allo scopo di restituire un immagine di elevata precisione associato ad un rilievo laser scanner con una adeguata densità di punti, questa tecnologia ha permesso di rilevare fino a oltre 60 km di sviluppo di fornici in unica sessione notturna.
Va ricordato che la produttività è fortemente condizionata dalle necessità operative del cliente e dai tempi di trasferimento necessari.

IL RILIEVO TSS4 DELLE GALLERIE ASPI – SOFTWARE APPLICATIVI

Fornice di Esempio:

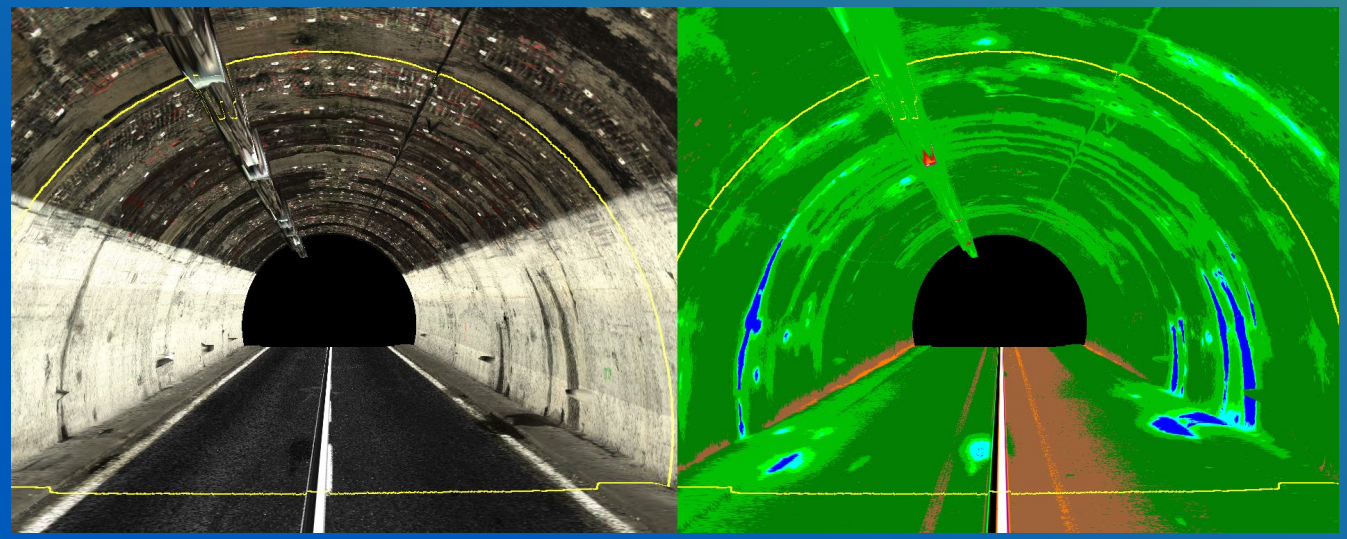
- Galleria **MAGGIO** via Sinistra;
- Direzione di Tronco n. 1;
- Autostrada A12 - Tratta Recco – Rapallo;
- Galleria «naturale»;
- Sviluppo m **1.792**;
- Data rilievo TSS4 07/12/2021.

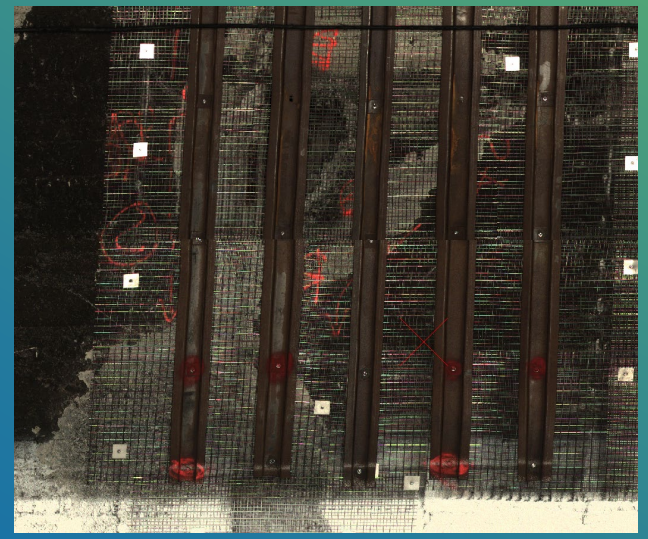


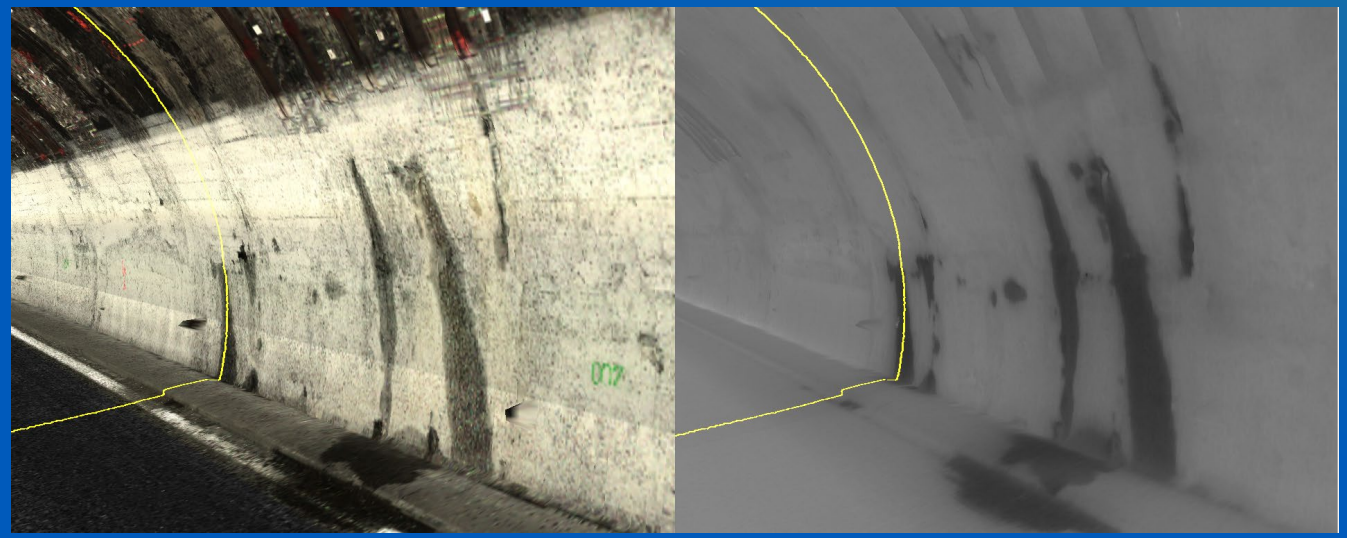
VISTA SVILUPPO DEL FORNICE

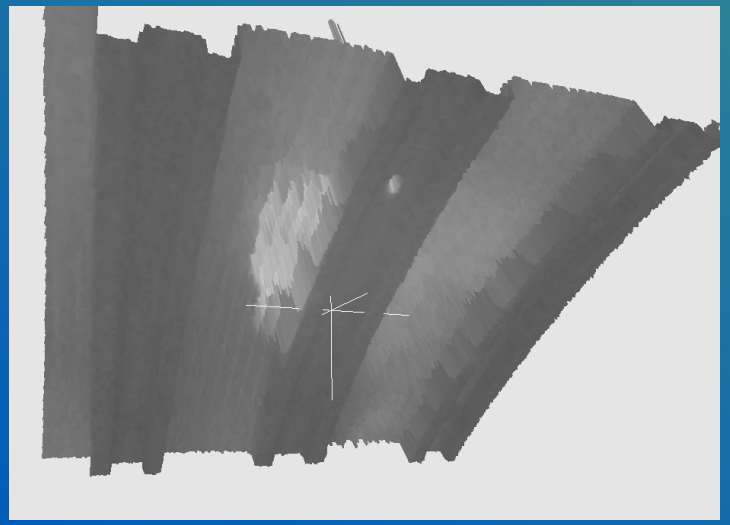
VISTA INTERNA DEL FORNICE

IL RILIEVO TSS4 DELLE GALLERIE ASPI – SOFTWARE APPLICATIVI

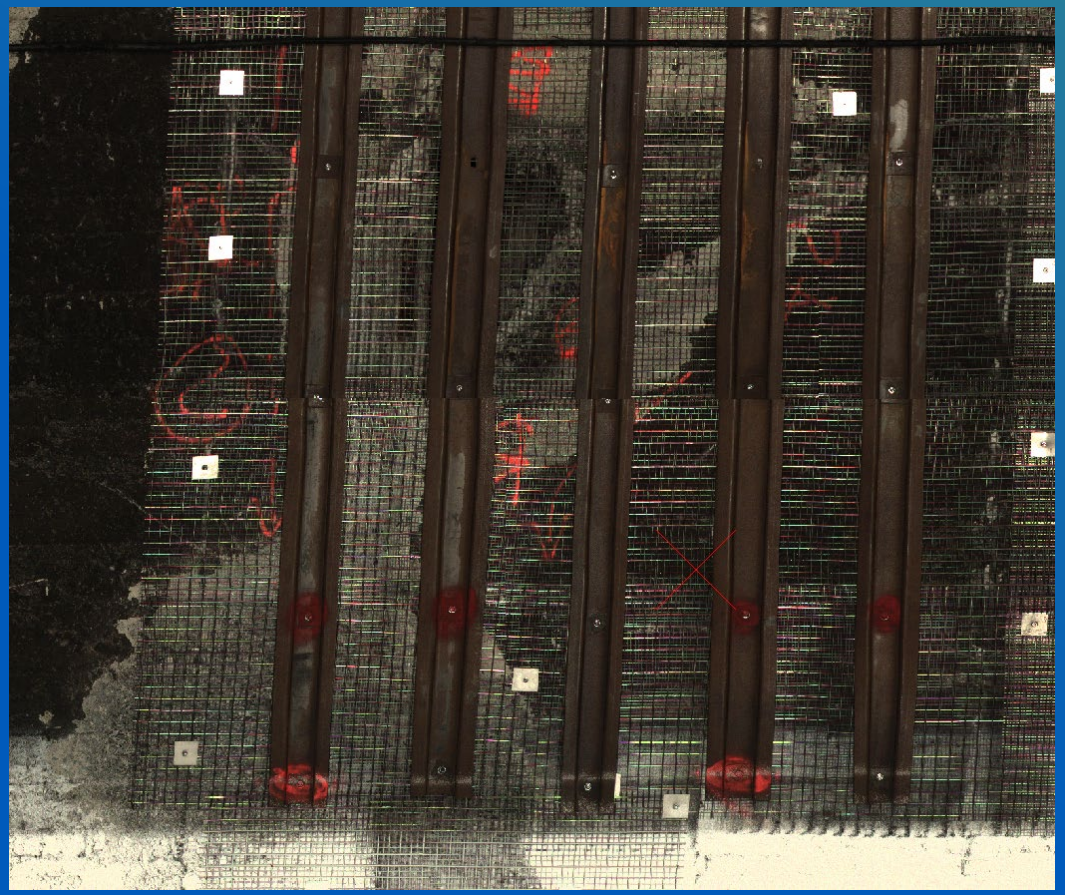


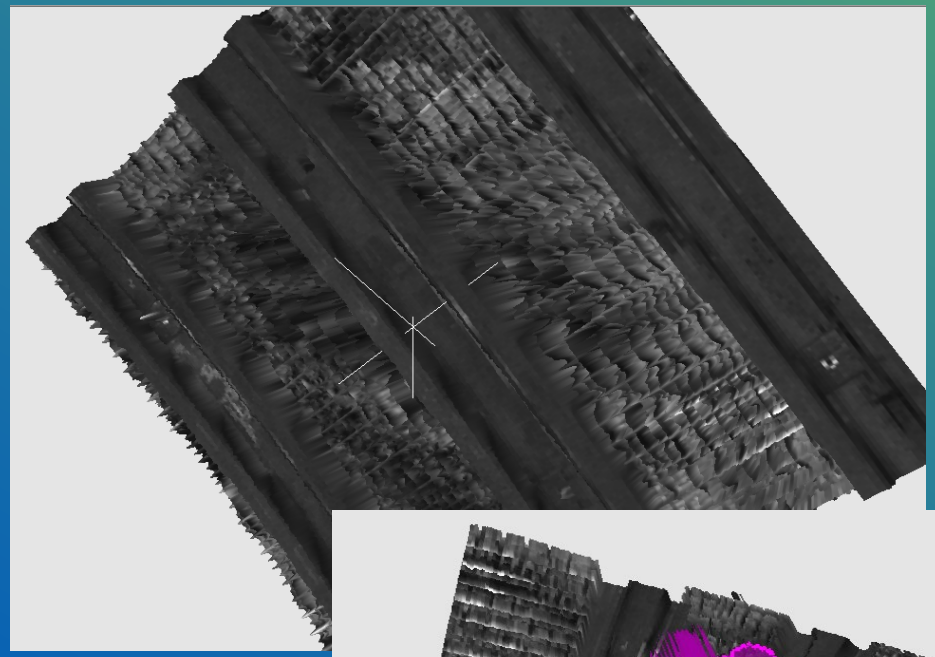


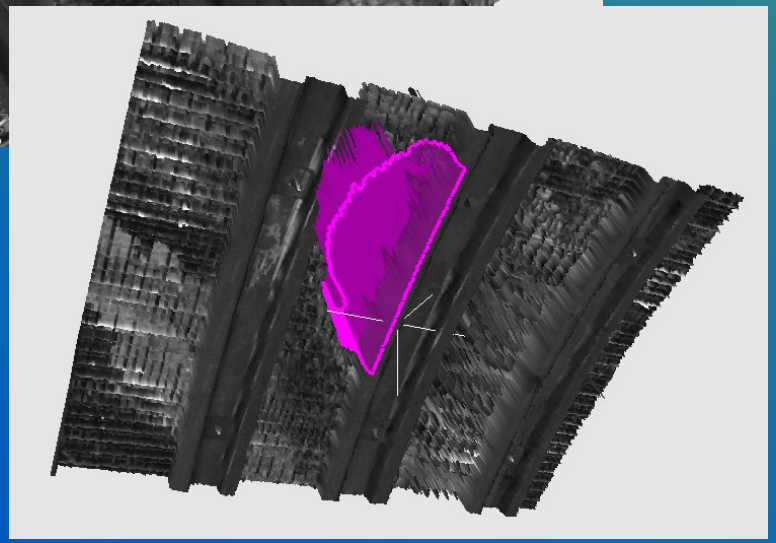




IL RILIEVO TSS4 DELLE GALLERIE ASPI – SOFTWARE APPLICATIVI







SINA

Grazie per l'attenzione

Gianluca Bordi – Sina S.p.A.