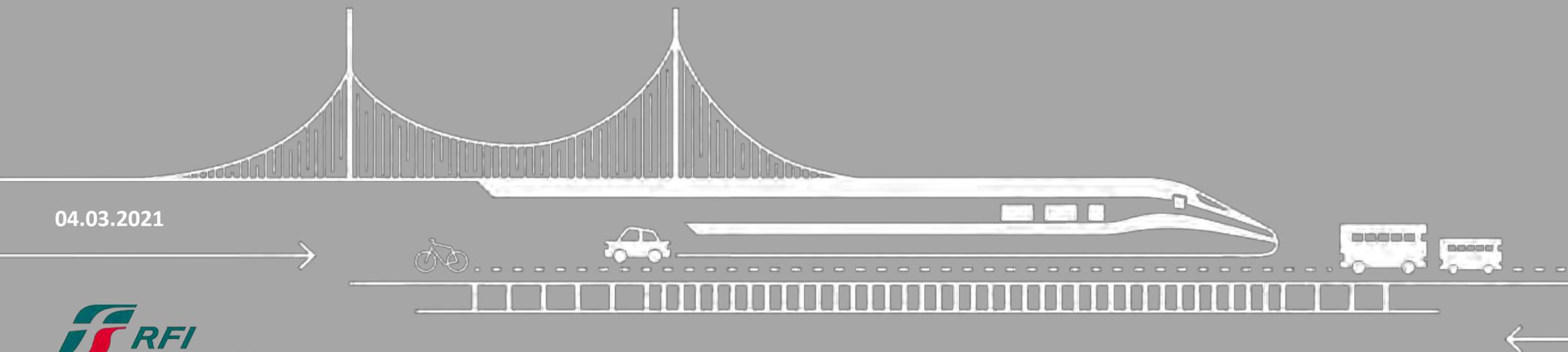


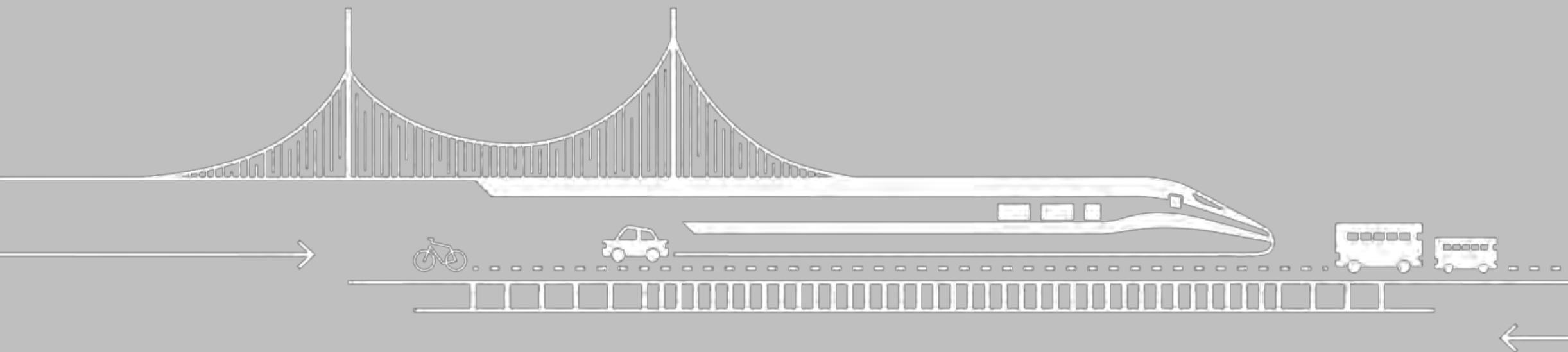
DALLA MANUTENZIONE CICLICA ALLA MANUTENZIONE PREDITTIVA

L'ingegnerizzazione dei processi di manutenzione dell'infrastruttura, la diagnostica mobile ed i relativi progetti innovativi in RFI



04.03.2021

Introduzione



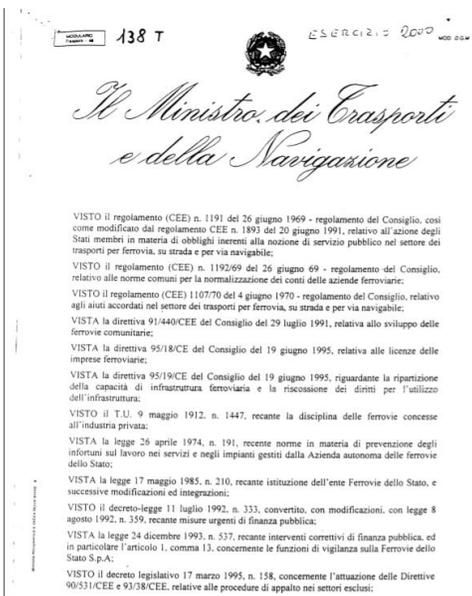
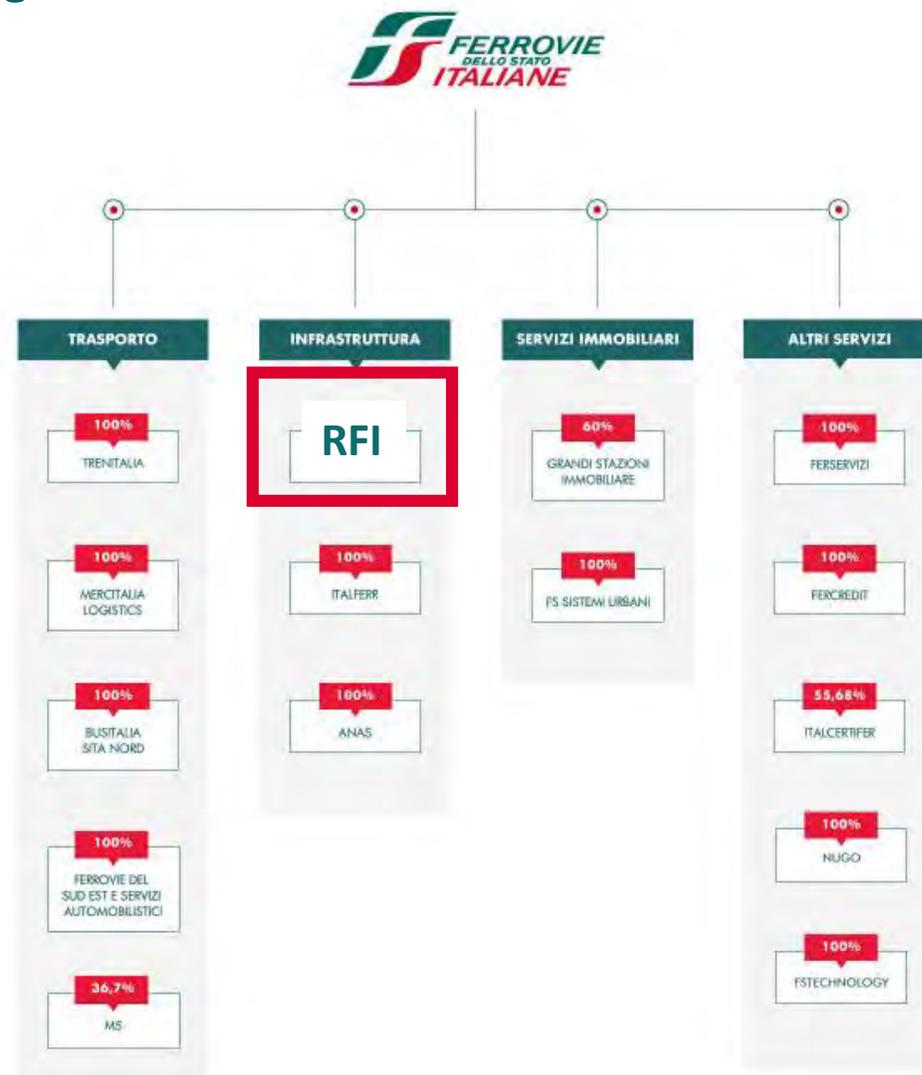
RETE FERROVIARIA ITALIANA

La missione del Gestore dell'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale

RFI è la società del gruppo Ferrovie dello Stato responsabile della gestione complessiva della rete ferroviaria nazionale

La missione di RFI è definita a partire dall' **Atto di Concessione** per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria nazionale (DM 138T/2000). Essa include:

- ...la gestione in sicurezza della circolazione ferroviaria
- **il mantenimento in piena efficienza dell'infrastruttura ferroviaria nazionale, assicurato tramite le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria**
- la progettazione e realizzazione degli investimenti per il potenziamento dell'infrastruttura esistente
- la definizione annuale dell'orario ferroviario...



La SO «Servizi per i Rotabili e la Diagnostica»

L'organigramma societario



DIREZIONE PRODUZIONE

DPR/SRD
SERVIZI PER I ROTABILI E PER LA DIAGNOSTICA

ROMA

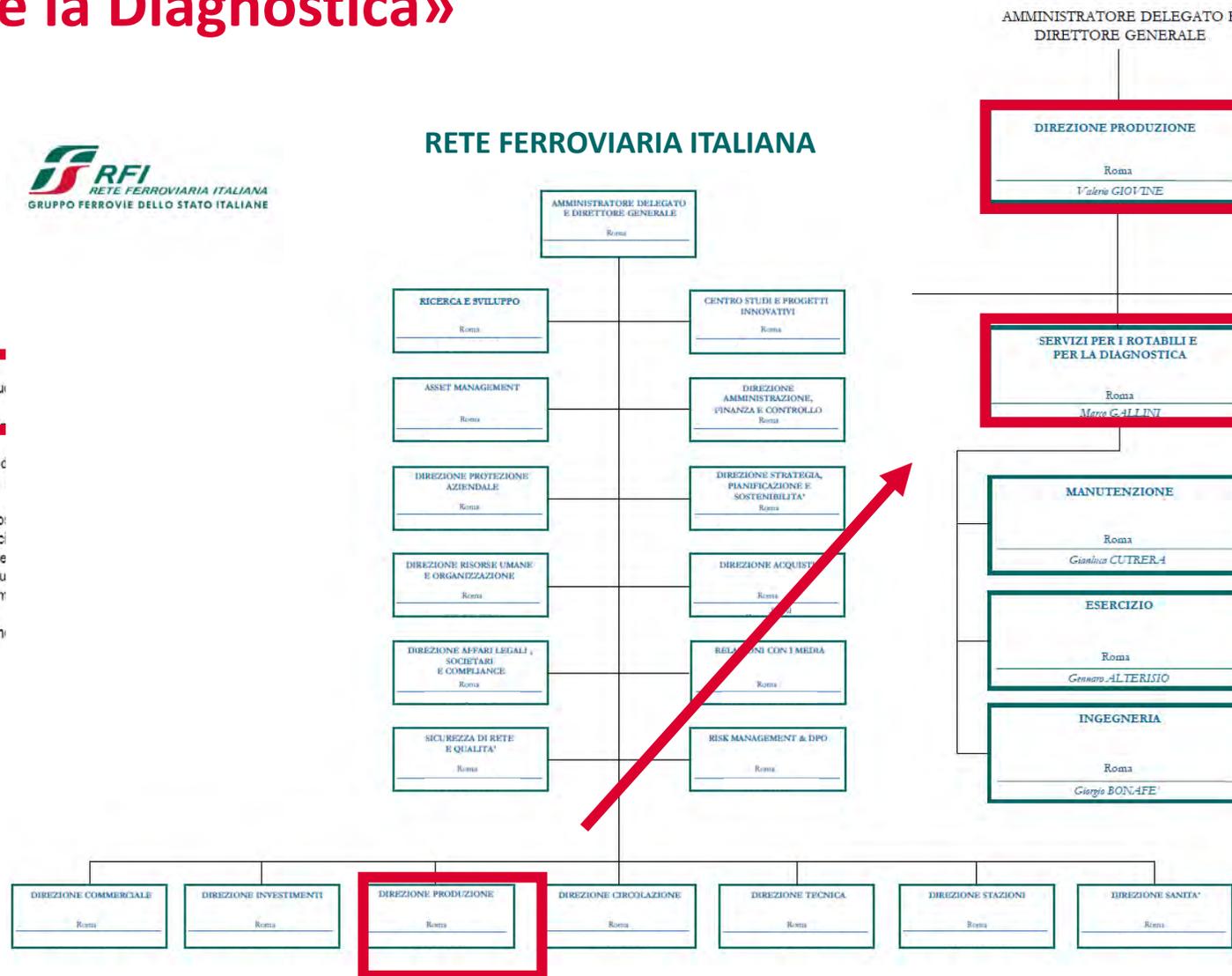
Aree responsabilità

- Assicura l'effettuazione del servizio di diagnostica mobile dell'infrastruttura ferroviaria nazionale, garantendo il continuo disponibilità sul mercato, nonché lo sviluppo e la sperimentazione di nuove tecnologie e sistemi;
- assicura la continuità del servizio autorizzato dei treni di RFI e della gestione consultativa e la circolazione in cui RFI è detentore per la circolazione in regime di treno;
- assicura lo svolgimento del servizio di trasporto in regime di treno dei veicoli ferroviari e dei materiali per la manutenzione e assicura la gestione dei veicoli ferroviari circolanti come treno di cui RFI è detentore, conformemente alla normativa dell'ANSF;
- è titolare delle istruttorie presso l'ANSF per l'autorizzazione alla messa in servizio dei veicoli ferroviari di RFI e relativi sotto;
- è titolare delle istanze presso la Direzione Tecnica per il rilascio della circolabilità dei veicoli ferroviari registrati nel RIN e ci assicura, per i veicoli ferroviari di cui RFI è "Soggetto Responsabile della Manutenzione" (SRM), il corretto funzionamento comma 1, del Regolamento UE n. 445/2011, garantendo il mantenimento della certificazione di RFI in qualità di SRM di cui assicura la definizione dei piani di rinnovo, implementazione, adeguamento e gestione dei veicoli ferroviari e dei sistemi aziendali e gli indirizzi della Direzione Produzione;
- assicura, per conto della Direzione Produzione ed in relazione agli ambiti di competenza, la predisposizione e il miglioramento della infrastruttura ferroviaria e della sua gestione nell'ambito di committenze internazionali.

...assicura l'effettuazione del servizio di diagnostica mobile dell'infrastruttura ferroviaria nazionale...



RETE FERROVIARIA ITALIANA

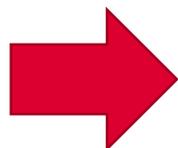


DIREZIONE PRODUZIONE



«Servizi per i Rotabili e la Diagnostica»

L'organigramma della Struttura



AREE DI
RESPONSABILITA'

MANUTENZIONE

- ...assicura le funzioni di **gestione ed esecuzione della manutenzione della flotta dei veicoli ferroviari di RFI e il mantenimento in efficienza dei sistemi di diagnostica mobile...**

ESERCIZIO

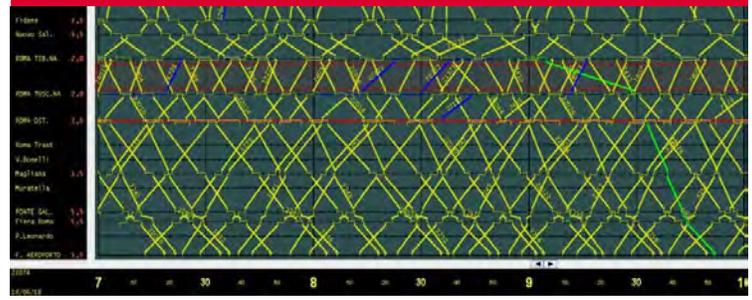
- ...assicura la **programmazione e l'esercizio dei servizi di diagnostica mobile ...**

INGEGNERIA

- ...Assicura l'**omologazione e messa in servizio dei sistemi di diagnostica mobile**
- Assicura la **messa in servizio dei veicoli ferroviari di RFI**
- garantisce l'**elaborazione delle specifiche tecniche e delle prescrizioni operative per il corretto utilizzo dei veicoli ferroviari in uso a RFI**
- **predispone i piani di rinnovo, implementazione ed adeguamento dei veicoli ferroviari, dei sistemi di diagnostica mobile e relativi sistemi di gestione ...**

Gestione dell'infrastruttura ferroviaria nazionale: lo scenario

RIDUZIONE DEGLI SLOT MANUTENTIVI



NORME SEMPRE PIÙ SEVERE



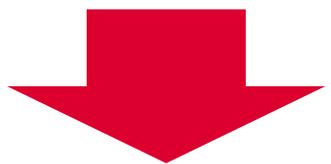
REGIME DI CONCORRENZA SULL'AV



EFFICIENTAMENTO ECONOMICO CONTINUO



OBIETTIVI DI PUNTUALITÀ CRESCENTI



MIGLIORAMENTO CONTINUO DELL'INFRASTRUTTURA
MIGLIORAMENTO CONTINUO DEI PROCESSI

Il miglioramento continuo dell'infrastruttura (RAMS)



Filo sagomato in Cu-Ag e Cu-Mg



Segnali a LED

ACC



Ballast I[^] cat.



Relay elettronici

Under Sleeper Pads



Cavi armati

Traverse in cavp



Pendiflex

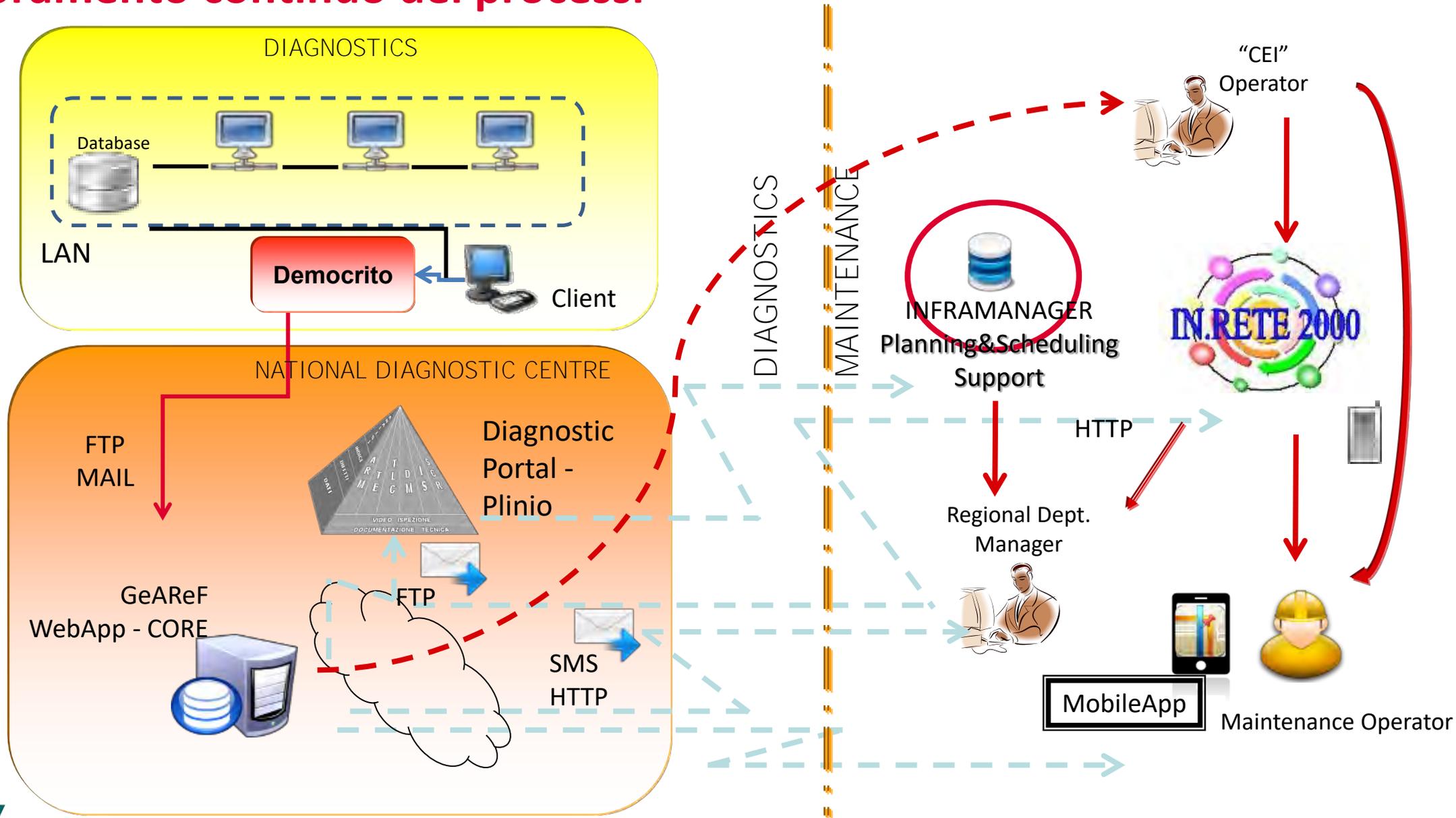


New pulley tensioning device



Casse PL oleodinamiche

Miglioramento continuo dei processi



La diagnostica mobile dell'infrastruttura

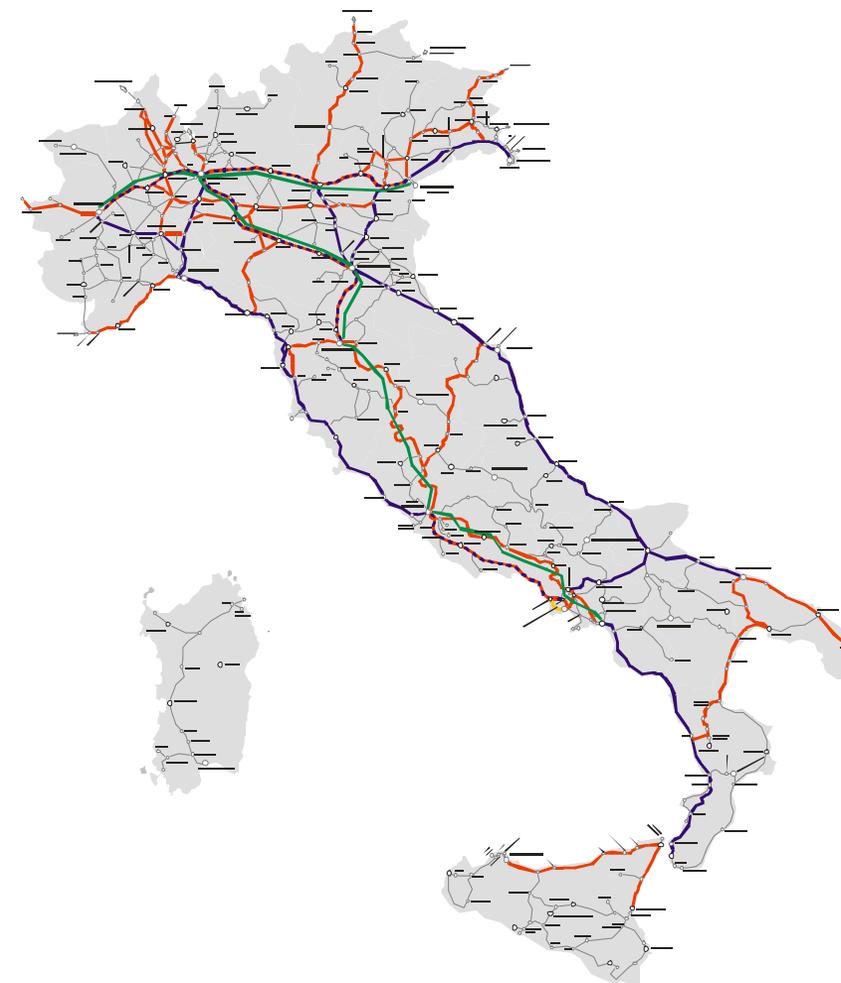
Il ruolo della diagnostica nel processo manutentivo

Milioni di asset da gestire....



La Rete Ferroviaria Italiana

RAILWAY LINES (RFI MONITORING CLASS)		16,700 km
1 st class Lines		1,600 km
2 nd class Lines		3,600 km
3 rd class Lines		3,000 km
4 th class Lines		8,500 km
CIVIL WORKS AND TRACKS		
N° of bridges		≈ 26,000 per 800Km
N° of tunnels		≈ 2,100 per 1600Km
Tracks length		≈ 24,300 Km
N° of Switches		≈ 30,000
RAILWAY FACILITIES		
Passenger stations		2,201
Ferry stations		3
Freight stations		200
INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR TRAFFIC MANAGEMENT		
Remote (control) traffic management systems (SCC/CTC+DPC)		12,786 Km
SCMT – Control of the train speed		12,210 Km (of which 175 km double equipped SCMT-SSC)
SSC – Driving support		3,892 Km (of which 175 km double equipped SCMT-SSC)
ERTMS – Ensure interoperability on high speed lines		709 Km
GSM-R Mobile telecommunication		11,445



Il censimento degli asset

L'asset portfolio di RFI: «INRETE2000»

Codice sede tecnica

Sede tecnica: L01336-BC-BC01-DEV-D01 Cat. I Infrastruttura FS

Definizione: DEVIAT.EL. 26A + 27

Stato: CREA ESER

Generale Struttura Km e validità Classificazione Documenti

DEVIATOIO

Classe

Classe: S22050 Deviatoio

Gruppo autor.: 0002 Gruppo 0002

N. invent. In funz. dal

Centro di Costo

Divis. ubic.: ANM2 U.T. FOLIGNO

Campo sort

Organizzazione

Società: FS01 RFI S.p.A. Roma

Sett. cont.: RETE Div. Infrastruttura

Cdc: 15234301 / FS01 C065AN2UMB

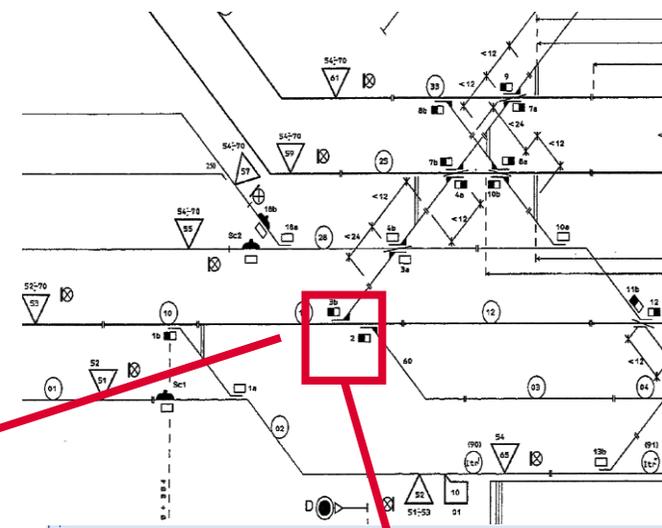
Catalogo guasti

DivPianManut.: AN00 D.T.P. ANCONA

GrRespPianManut

Centro LavResp.

Prof. catalogo: FS0000SE2 Profilo Deviatoio



Visualizzare sede tecnica: lista struttura

Sede tecnica	L01336	In. val.	29.04.13
Definizione	FOLIGNO		
L01336	FOLIGNO		ESER IPIC
L01336-BC	BINARI DI CORGA		ESER
L01336-BC-BC01	BINARIO IV DI PARI - ORTE FALCONARA		
L01336-BC-BC02	BINARIO III PAR - ORTE FALCONARA		
L01336-BC-BC03	BINARIO II - FOLIGNO TERONTOLA		
L01336-BC-BC03-MAS	MASSICCIATA		
L01336-BC-BC03-PIN	Punto Informativo SCMT (Contentitore)		
L01336-BC-BC03-SEG	SEGNALI		
L01336-BC-BC03-TRA	TRAVERSE		
L01336-BC-BC03-ROT	ROTAF		
L01336-BC-BC03-DEV	DEVIATOI		
L01336-BC-BC03-DEV-D01	DEVIAT.EL. 26A		
L01336-BC-BC03-DEV-D02	DEVIAT.EL. 21B		
L01336-BC-BC03-DEV-D03	DEVIAT.EL. 11B + 12		
L01336-BC-BC03-DEV-D04	DEVIAT.EL. 2		
L01336-BC-BC03-DEV-D05	DEVIAT.EL. 1B		

Il ruolo della diagnostica nel processo manutentivo

Conoscere lo stato degli asset

I servizi di “**Diagnostica**” rappresentano l’insieme delle attività volte a determinare lo “**stato di salute**” delle diverse componenti dell’**infrastruttura ferroviaria** al fine di:



- **Garantire la sicurezza dell’esercizio**



- **Prevenire i guasti**



- **Ottimizzare gli interventi manutentivi**



SISTEMI DI DIAGNOSTICA

SISTEMI DI DIAGNOSTICA FISSA

SISTEMI DI DIAGNOSTICA MOBILE



- Diagnostica Interlocking e PL
- Monitoraggio Temperatura rotaie
- Rilievo temperatura boccole e freni
- Portali Multifunzione
- Rilievo carichi verticali...

- **Flotta rotabili diagnostici**

Il ruolo della diagnostica nel processo manutentivo

I benefici dei TRENI MISURE di RFI



- riduzione del tasso di guasto



- Passaggio generalizzato dalla manutenzione ciclica alla manutenzione “on condition” ...sino alla manutenzione predittiva nel prossimo futuro



- la messa in servizio di nuove linee o di linee soggette a rinnovi/velocizzazioni

I sistemi diagnostici consentono di acquisire ed elaborare informazioni utili per la **valutazione dello stato di degrado** dell'infrastruttura ferroviaria, con riferimento ai principali **sottosistemi strutturali del sistema ferroviario**:



ARMAMENTO



ENERGIA



TLC



IS

Il ruolo della diagnostica nel processo manutentivo

Il sistema ferroviario: sottosistemi strutturali e funzionali

Ai sensi del d.lgs. 191/2010 (recepimento delle direttive CE 2008) essere suddiviso nei seguenti sottosistemi corrispondenti a:

SOTTOSISTEMI DI NATURA STRUTTURALE



Infrastrutture



Energia



Comando, controllo e segnalamento



Materiale rotabile

Definiti in dettaglio
nell'allegato II del
d.lgs 191/2010

2.1 Infrastruttura

Le strade ferrate, l'insieme dei binari, le opere di ingegneria (ponti, gallerie, ecc.), le relative infrastrutture nelle stazioni (marciapiedi, zone di accesso, tenendo presenti le esigenze delle persone a mobilità ridotta, ecc.), le apparecchiature di sicurezza e di protezione

2.2 Energia

Il sistema di elettrificazione incluso il materiale aereo e le parti caricate a bordo delle apparecchiature di misurazione dei consumi elettrici

2.3 Comando, controllo e segnalamento

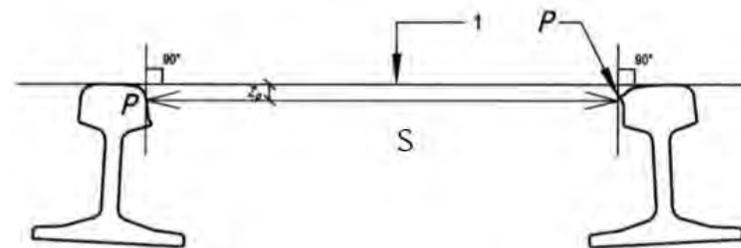
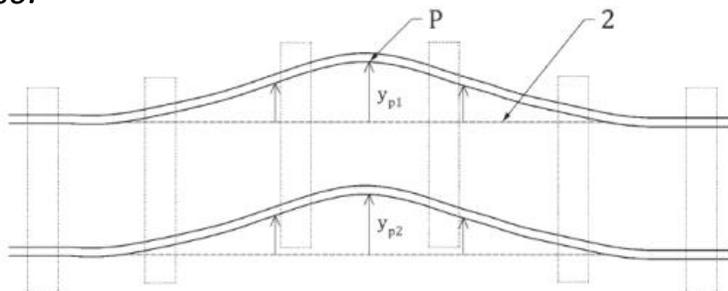
Tutte le apparecchiature necessarie per garantire la sicurezza, il comando ed il controllo della circolazione dei treni autorizzati a circolare sulla rete

I parametri misurati e le relative tecnologie di misura

Armamento (ARM)

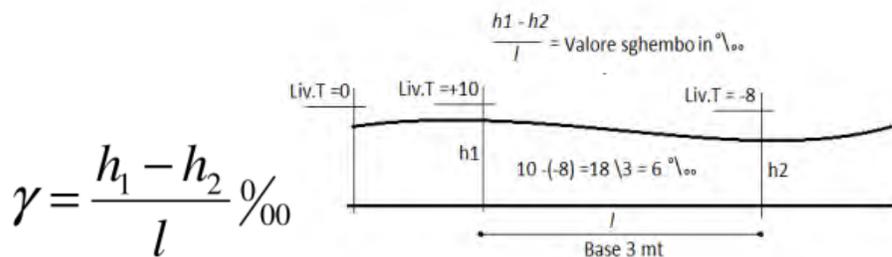
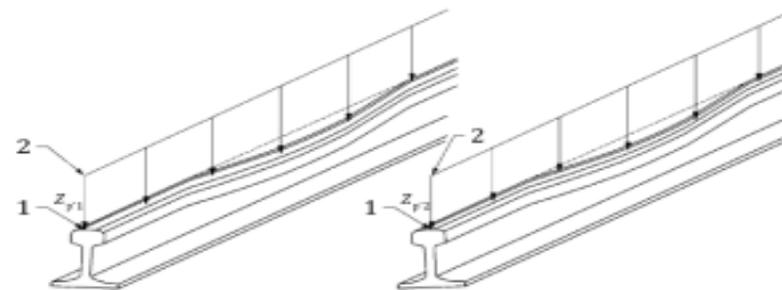
La geometria del binario

SCARTAMENTO - *Minima distanza*, espressa in mm, fra i fianchi attivi dei funghi delle due rotaie, acquisita dal piano di rotolamento fino a 14 mm sotto di esso.



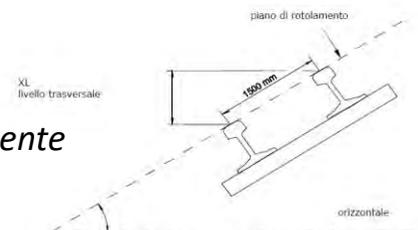
ALLINEAMENTO – Posizione *planimetrica* del binario, ovvero deviazioni delle rotaie nel senso trasversale rispetto alla loro posizione normale

LIVELLO LONGITUDINALE – Posizione *altimetrica* del binario, ovvero deviazioni delle rotaie nel senso longitudinale rispetto alla loro posizione normale

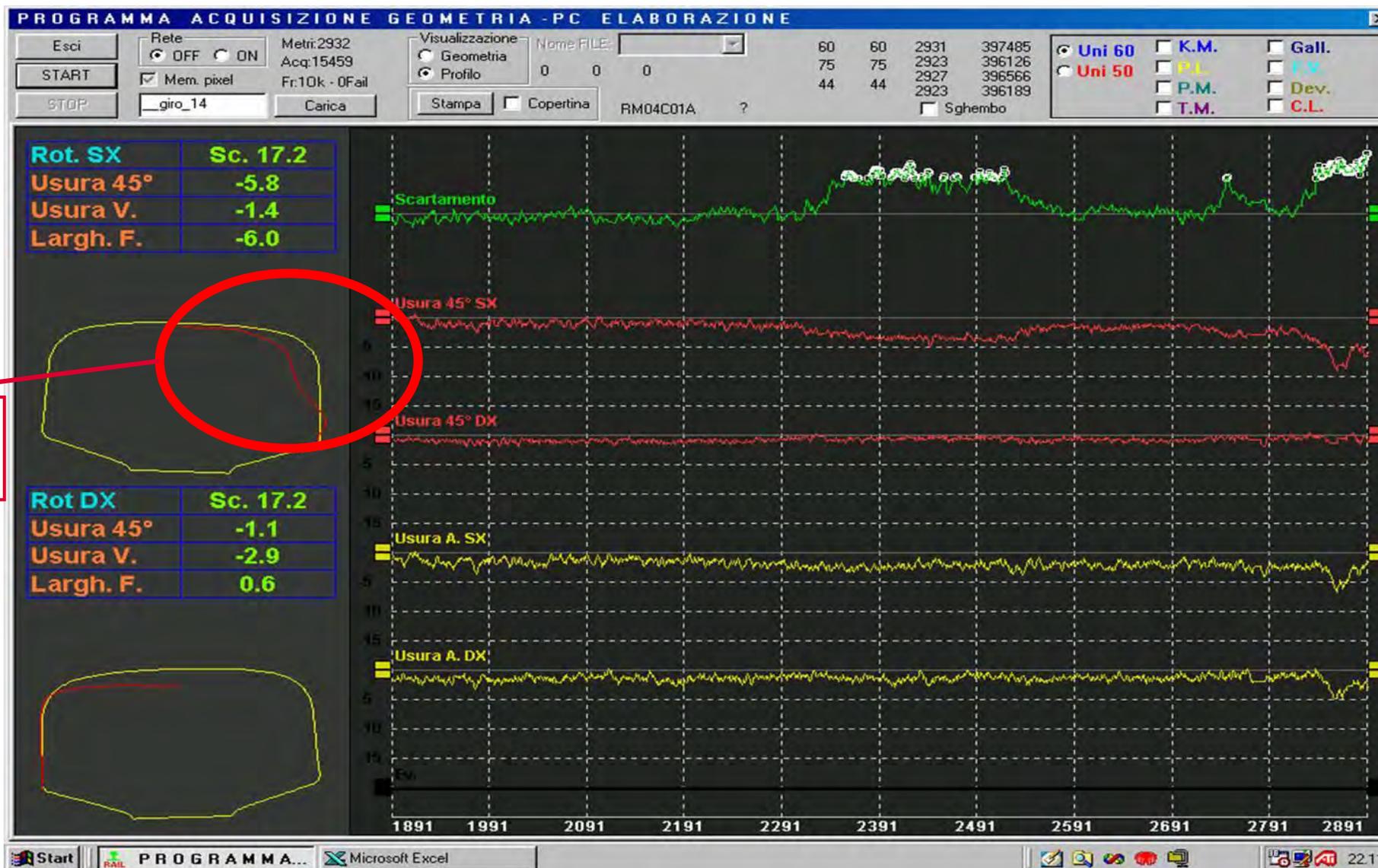


SGHEMBO – Variazione lungo l'asse del binario della pendenza trasversale, espressa come *differenza di livello trasversale misurata su una distanza prefissata*, detta base

LIVELLO TRASVERSALE – *differenza in altezza tra le due tavole di rotolamento adiacenti*, è espressa come l'altezza del triangolo rettangolo avente ipotenusa pari a 1500 mm ed angolo al vertice pari all'angolo tra il piano di rotolamento ed un piano orizzontale di riferimento



L'usura del binario



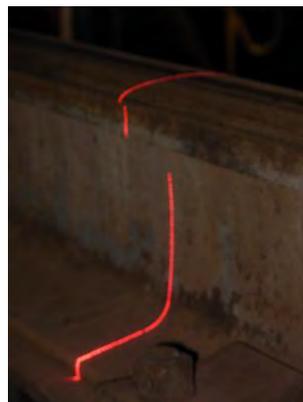
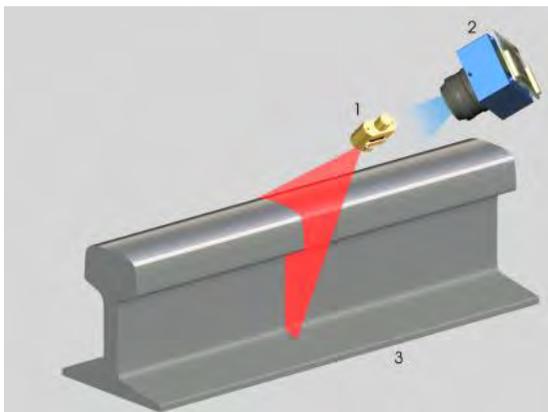
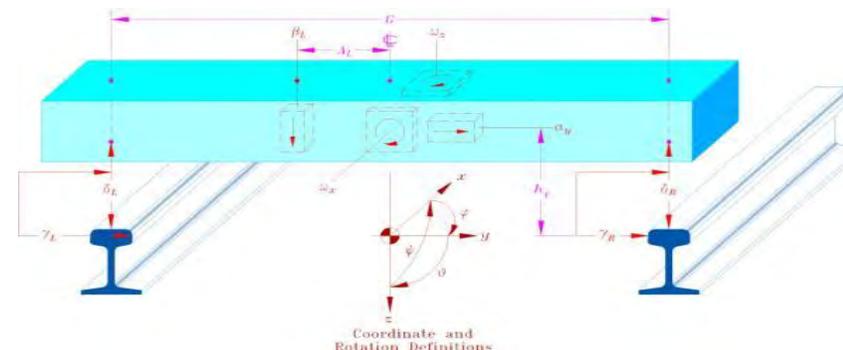
Il sistema di acquisizione della GEOMETRIA E USURA DEL BINARIO

È in grado di acquisire tutte le grandezze di GdB attraverso sistemi «non a contatto» di tipo ottico-inerziale



Unità di Misura Inerziale

- Tre giroscopi definiscono un sistema di riferimento inerziale (X,Y,Z)
- Tre accelerometri calcolano la posizione δ , γ della IMU rispetto al sistema di riferimento



Unità di Misura Ottica

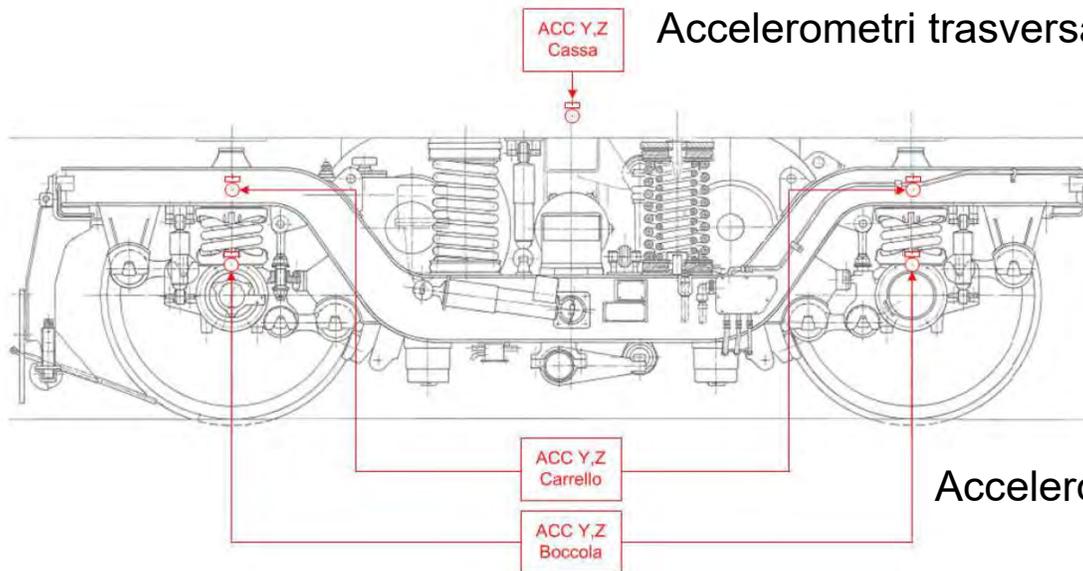
Una sorgente laser a infrarosso “taglia” in sezione la rotaia in modo da ottenere un piano di riferimento rilevabile mediante una telecamera CCD.

La dinamica di marcia

La carrozza C7 di DIAMANTE è interamente attrezzata per la rilevazione e la elaborazione di un insieme di parametri volti a rappresentare il comportamento dinamico del veicolo rispetto alle sollecitazioni imposte dalla via



Accelerometri trasversali e verticali su cassa

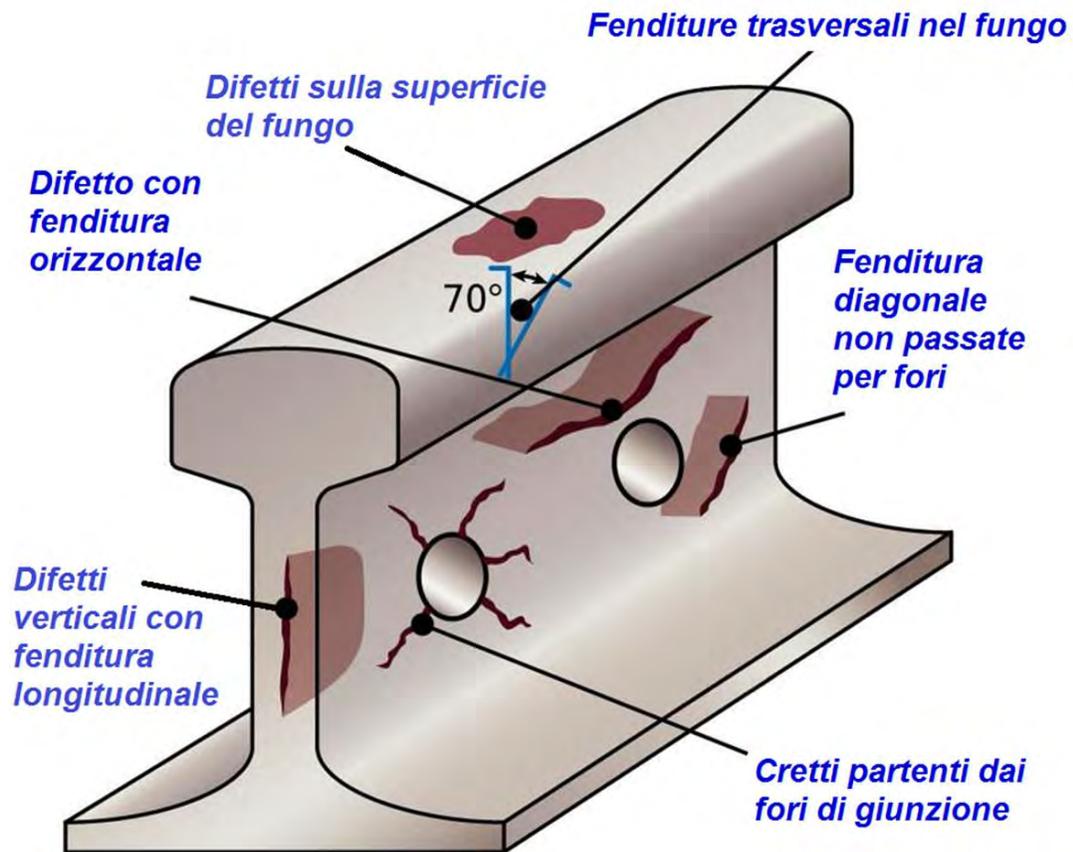


Accelerometri trasversali e verticali su carrello

Accelerometri trasversali e verticali su boccole

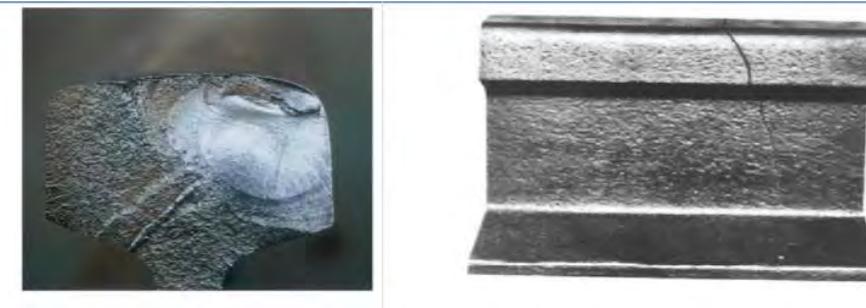
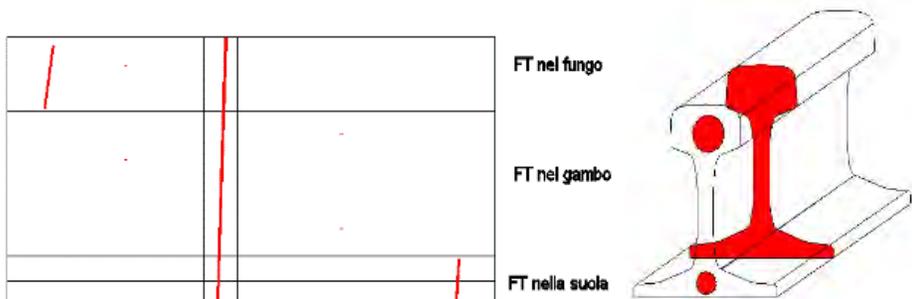
I difetti interni delle rotaie

Oltre alla geometria del binario, sono oggetto di profonda attenzione anche i **difetti** inerenti la **struttura della rotaia**.



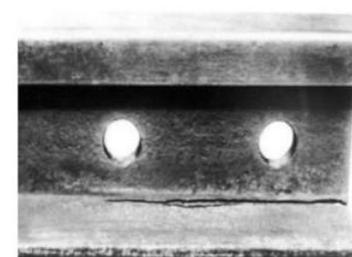
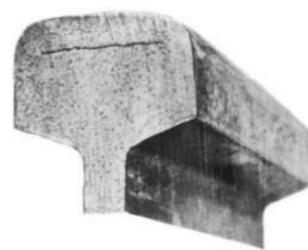
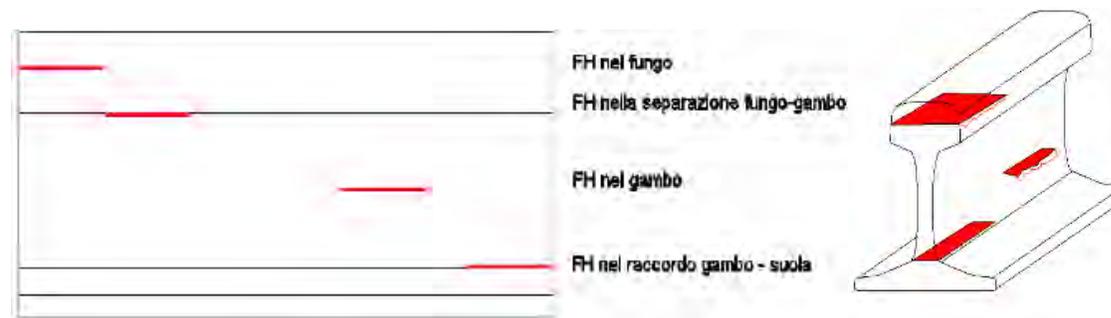
I difetti interni delle rotaie

FENDITURA TRASVERSALE



Tipo 211

FENDITURA ORIZZONTALE



Tipo 112 e 132.2

I difetti interni delle rotaie

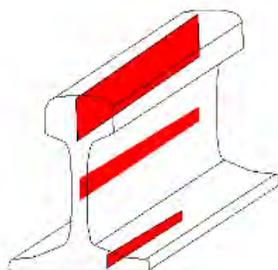
FENDITURA VERTICALE LONGITUDINALE



FVL nel fango

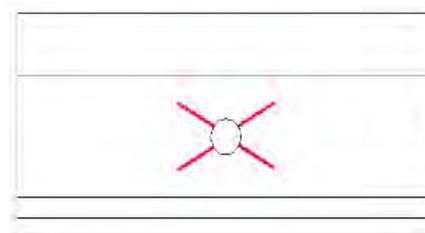
FVL nel gambo

FVL nella suola

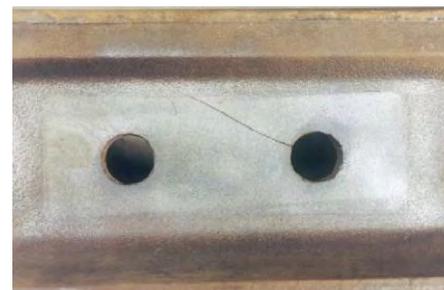
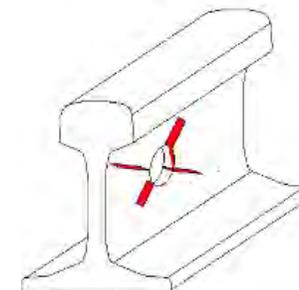


Tipo 113 e 133

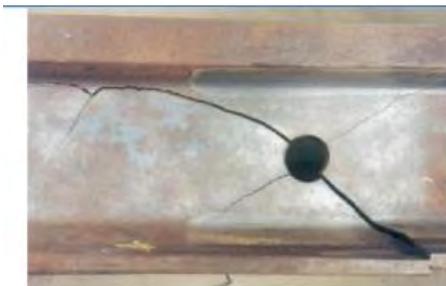
CRETI DA FORI



ET partenti dai fori nel gambo



Tipo 235



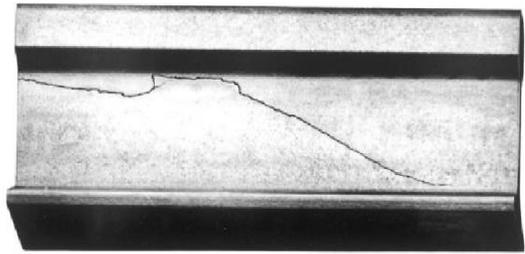
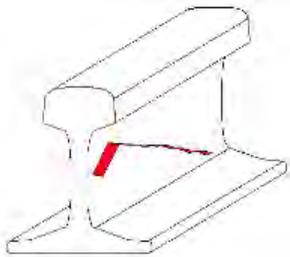
Tipo 135

I difetti interni delle rotaie

FENDITURA DIAGONALE

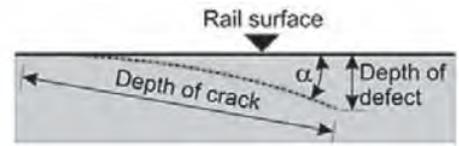
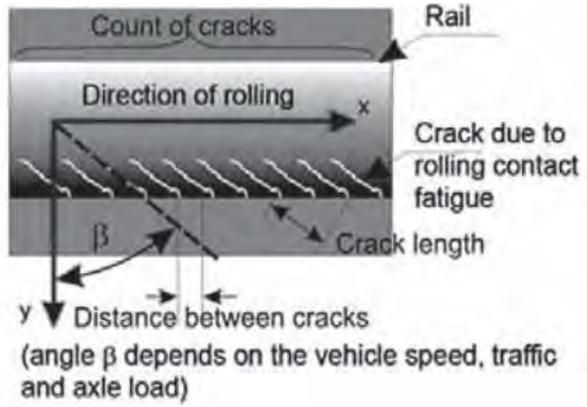


FD nel gambo



Tipo 236

HEAD CHECKING



Tipo 2223

La diagnostica mobile ad ultrasuoni

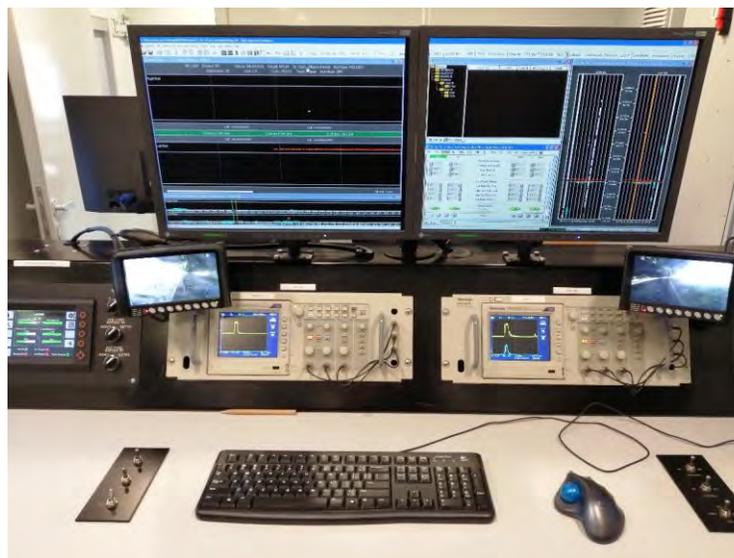
La rotaia è monitorata profilo per profilo, per mezzo della **scansione ad ultrasuoni**



Treno
DIC-80 US
equipaggiato con
sistema di scansione
ad ultrasuoni



Sistema ottico per il
rilievo dell'usura della
rotaia



Postazione Ultrasuoni

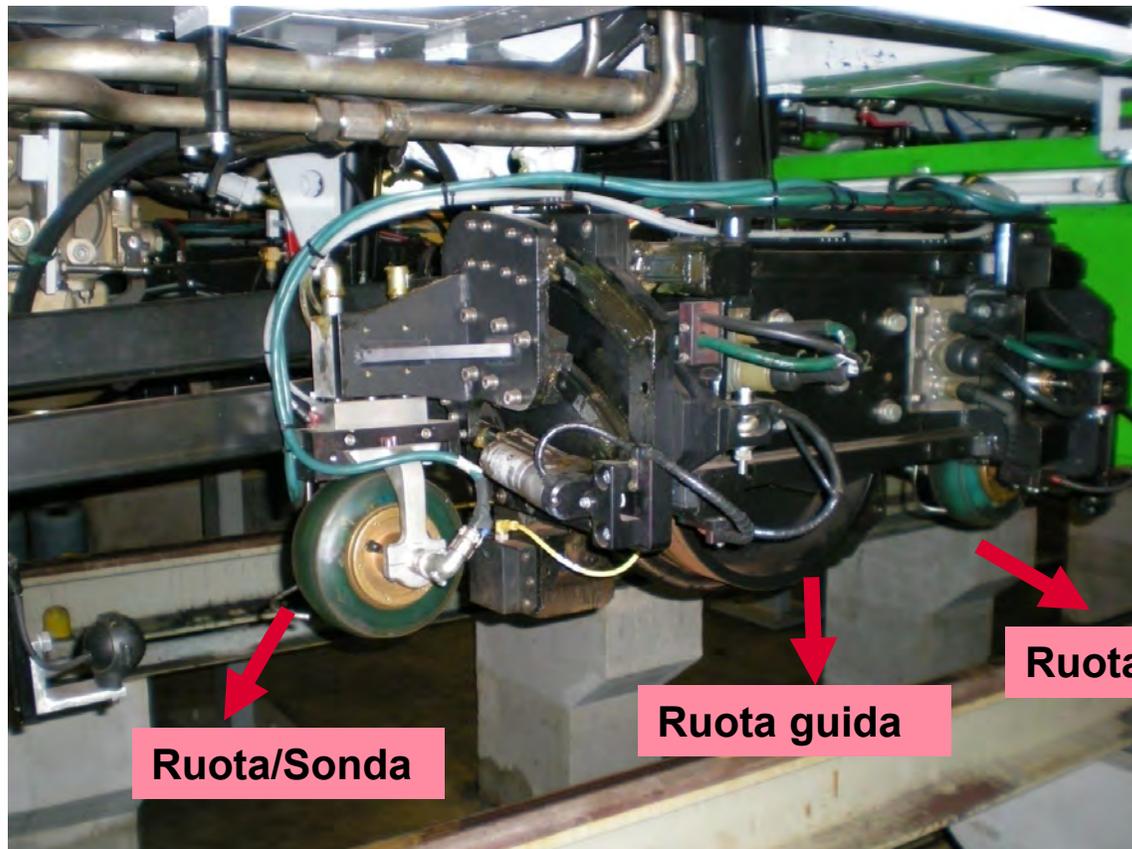
Il sistema di acquisizione del controllo della sanità della rotaia del DIC-80

Il carrello e l'asse di misura ad ultrasuoni

Il carrello porta sonde garantisce il posizionamento del sistema in asse alla rotaia, delle sonde e il corretto accoppiamento durante la marcia del treno

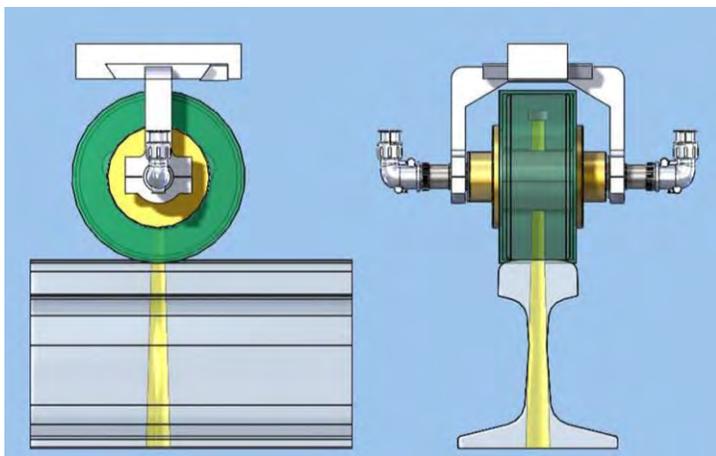
Le sonde contengono trasduttori a diversi fasci di inclinazione

Le inclinazioni diverse permettono di intercettare le diverse tipologie di difetto

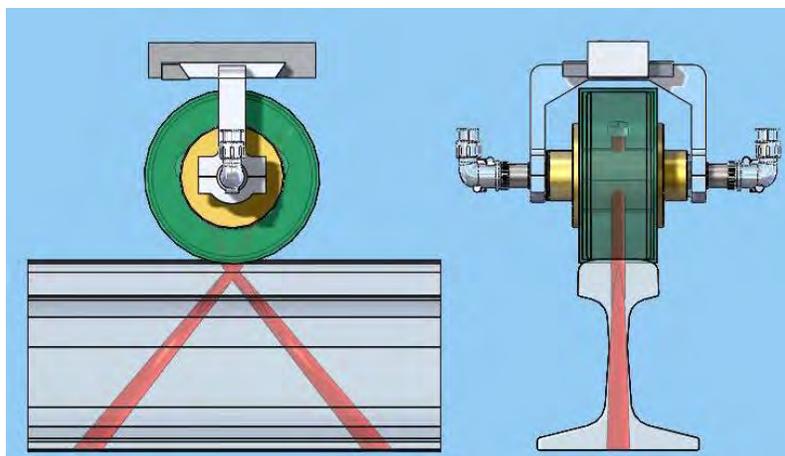


Il sistema di acquisizione del controllo della sanità della rotaia del DIC-80

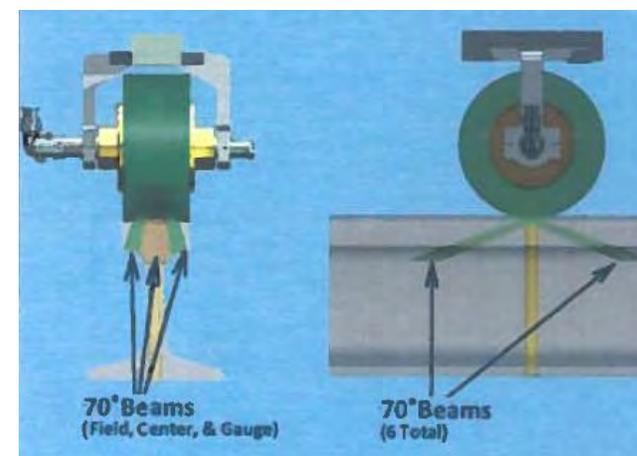
Campo di irradiazione ultrasuono sonda piana a 0°



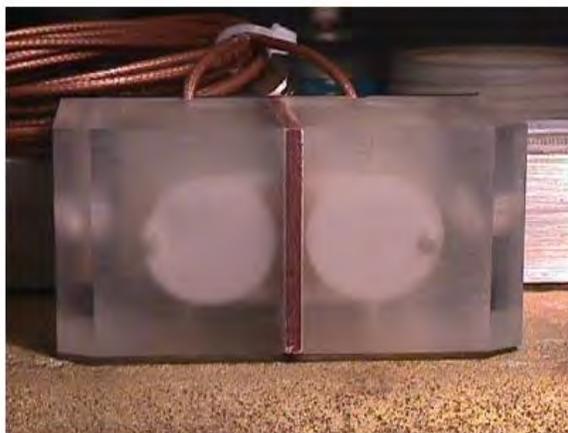
Campo di irradiazione ultrasuono sonda angolata a 45°



Campo di irradiazione ultrasuono sonda angolata a 70°



Es. Sonda piana a 0°



Es. Sonda angolata a 70°





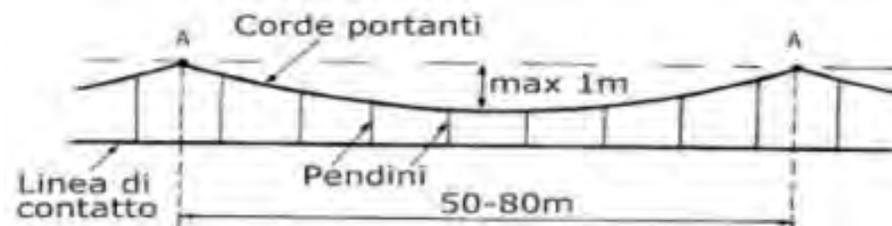
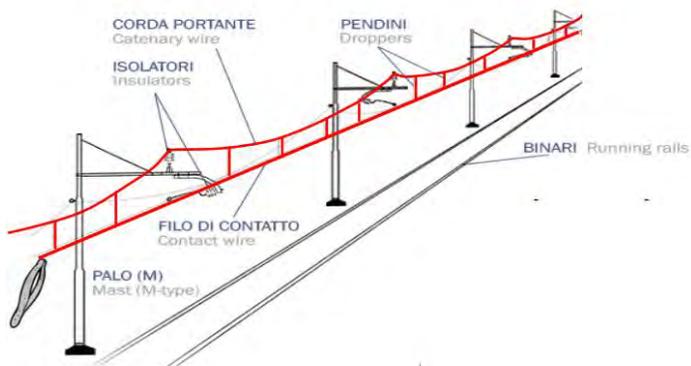
Trazione Elettrica (TE)

Geometria e usura della catenaria

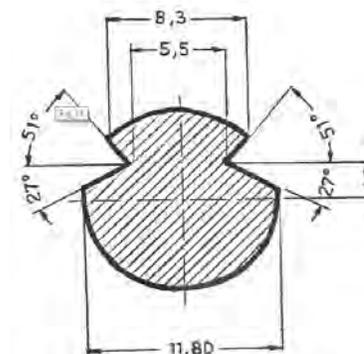
ALTEZZA CATENARIA – Differenza altimetrica fra linea di contatto e piano del ferro



USURA FILO DI CONTATTO – Grado di usura del filo di contatto, visto in sezione



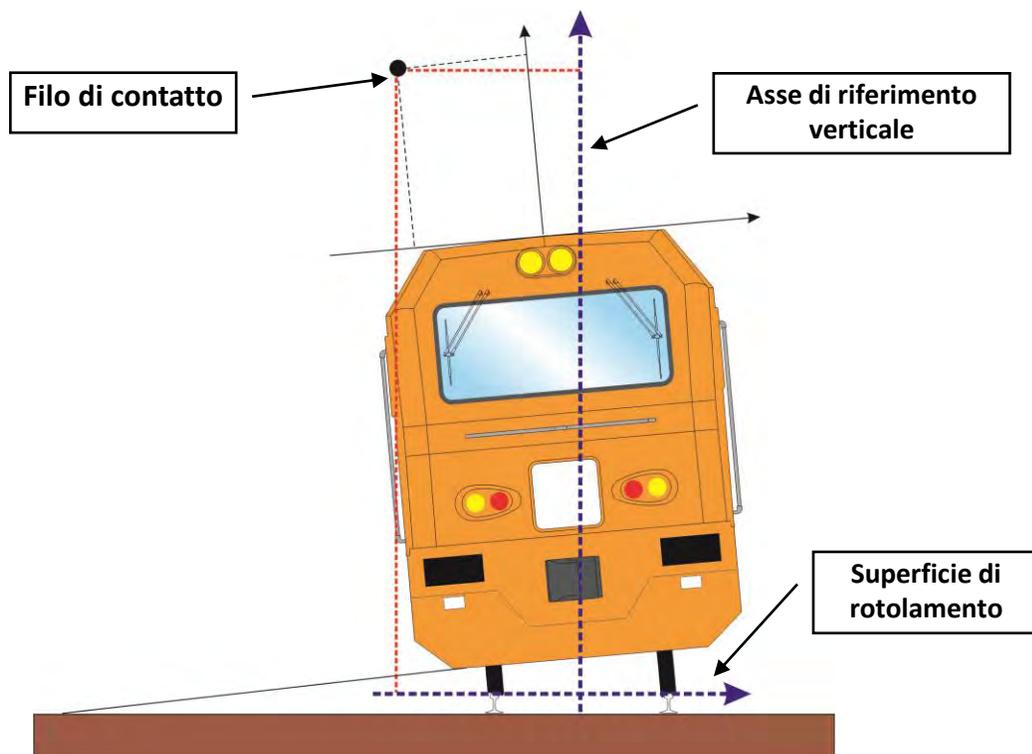
POLIGONAZIONE – Evoluzione geometrica della linea di contatto, rapportata al suo asse



PENDENZA CATENARIA – Variazione altimetrica della catenaria, su base 5 m o 60 m

Il sistema di acquisizione della geometria e usura della linea di contatto

Valore assoluto e valore relativo



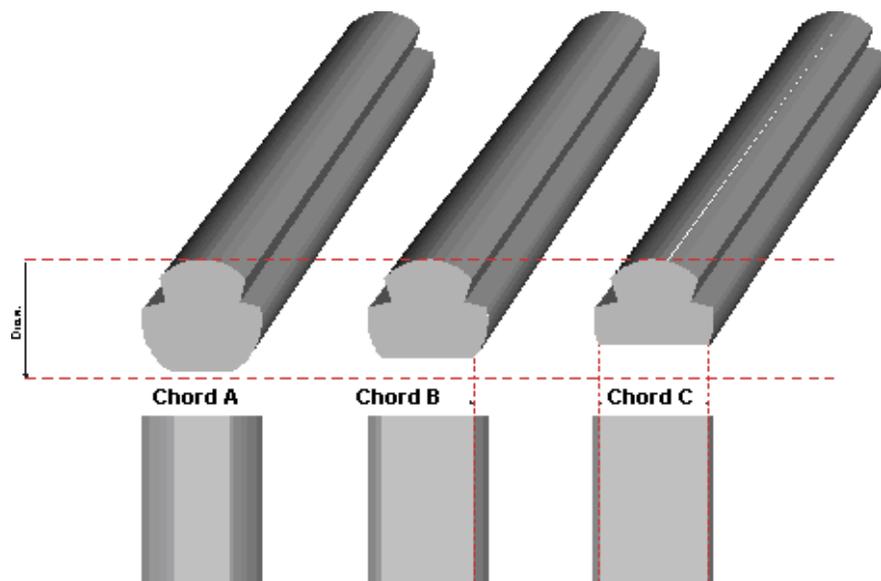
Valore relativo: valore della grandezza riferito all'imperiale del veicolo

Valore assoluto: valore della grandezza riferito all'asse centrale del binario

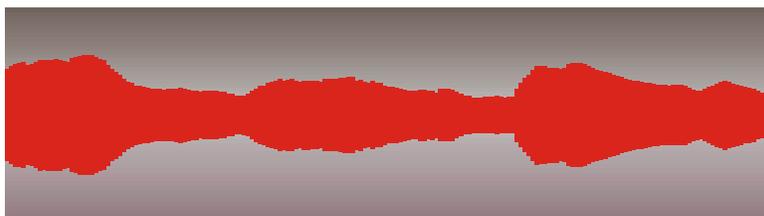
Il cambiamento del sistema di coordinate è possibile grazie ad un sistema di compensazione cassa-binario che misura i movimenti relativi tra il corpo del veicolo e il binario

Il sistema di acquisizione della geometria e usura della linea di contatto

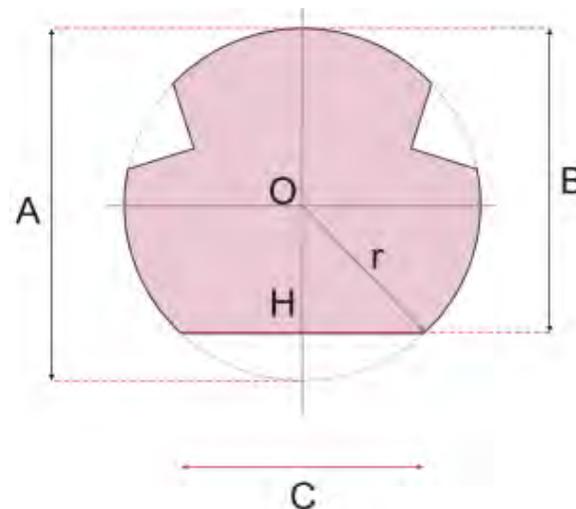
Spessore residuo del filo di contatto (B)



Principio di misura dell'usura del filo



Vista della superficie usurata del filo



$$\overline{OH}^2 = r^2 - (C/2)^2$$

$$B = r + \overline{OH} = (A/2) + \sqrt{(A/2)^2 - (C/2)^2}$$

$$B = \frac{A + \sqrt{A^2 - C^2}}{2}$$

Dove:

A = diametro nominale del filo di contatto

r = raggio nominale del filo di contatto

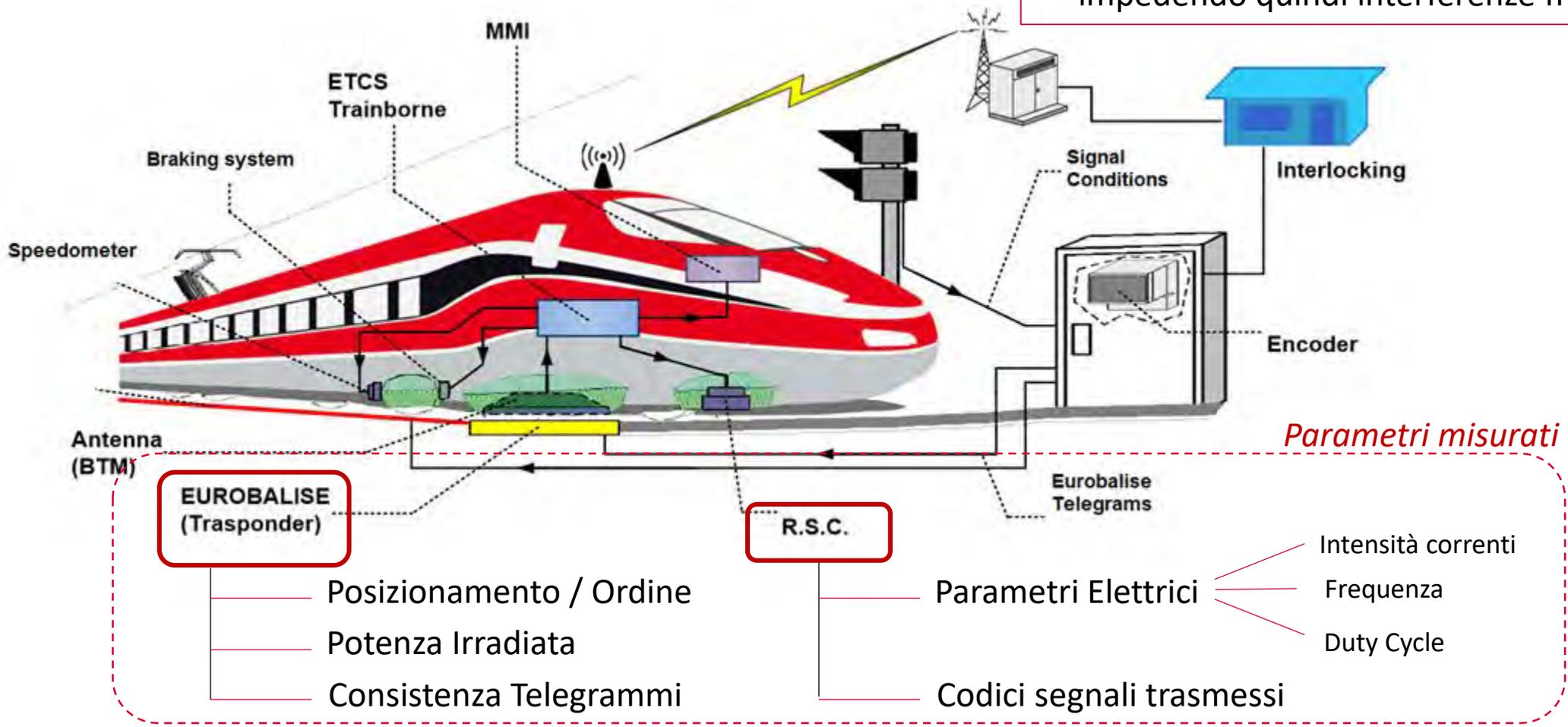
C = corda

B = spessore residuo del filo di contatto

Impianti di Segnalamento (IS)

La diagnostica degli impianti IS

Lo scopo degli apparati di segnalamento è garantire la sicurezza della circolazione, regolandola sulla infrastruttura ferroviaria ed impedendo quindi interferenze fra i convogli



La diagnostica degli impianti IS

Il sistema **MISTRAL** permette la verifica della logica ETCS/ERTMS e della configurazione di sistema. Consente di monitorare e di acquisire il traffico delle interfacce di bordo e di analizzare e risolvere in modo oggettivo, attraverso algoritmi di interpretazione automatica, i log file.



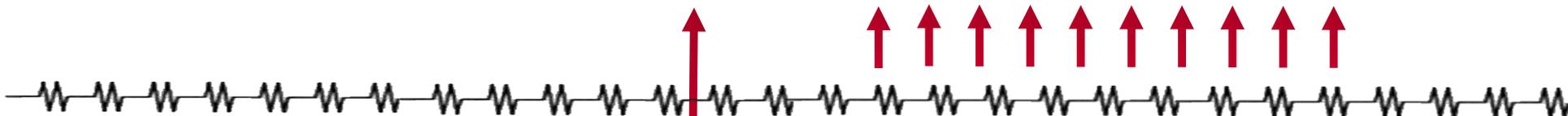
ERTMS

MISTRAL



SCMT/ETCS
(EUROBALISE)

BACC
(BLOCCO AUTOMATICO A CORRENTI CODIFICATE)



Impianti di Telecomunicazione (TLC)

La diagnostica degli impianti TLC

LIVELLO DEL SEGNALE GSM-R/GSM – Potenza del segnale in ricezione.

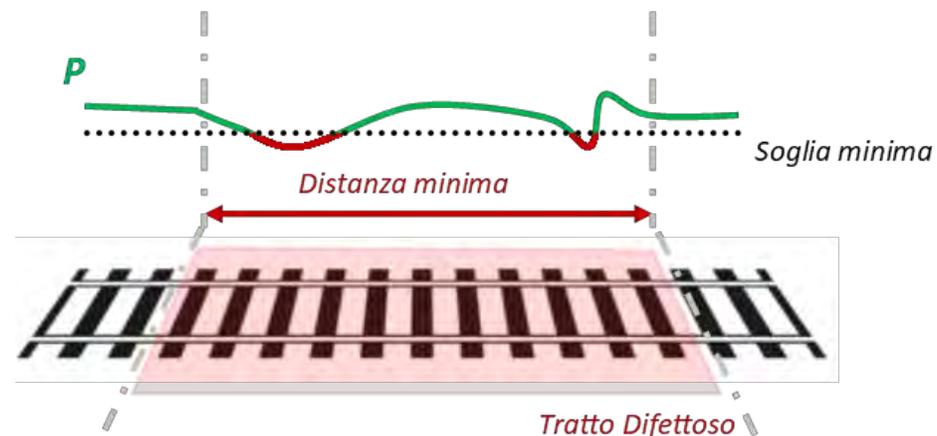
Data una linea ferroviaria, si ha un difetto di Livello Segnale quando la **potenza risulta inferiore alla soglia minima in tratti meno distanti di una lunghezza limite**, definita «distanza minima fra difetti»



ANOMALIE DI RETE

Vengono rilevati e classificati come anomalie di rete i seguenti eventi:

- **Handover Failure** (fallimento della procedura di handover)
- **Dropped Call** (caduta di una chiamata)
- **Failed Call** (fallimento di una chiamata)



CONTINUITA' COPERTURA GSM-R/GSM – Intervallo di permanenza della potenza del segnale al di sopra di una soglia minima, assunta come garanzia di continuità nella qualità del segnale.

La misura è effettuata su campioni relativi ad una linea ferroviaria di fissata lunghezza: nel caso in cui la potenza del segnale dovesse risultare inferiore alla soglia di continuità per almeno un numero minimo di campioni (solitamente 5%), si registra un difetto di continuità della copertura GSM-R / GSM per la linea ferrovia in questione.

La diagnostica degli impianti TLC

Il sistema diagnostico TLC, per la tecnologia GSM-R, acquisisce:

Scanners

Terminali mobili



RF copertura
(RFI, TIM, VODA
operators)

Interferenze

Chiamate voce
CSD data call
MOS/PESQ
Subset 093
Parametri rete
Layer 3 events

«Dia.Man.Te» rileva i parametri TLC a 300 km/h.

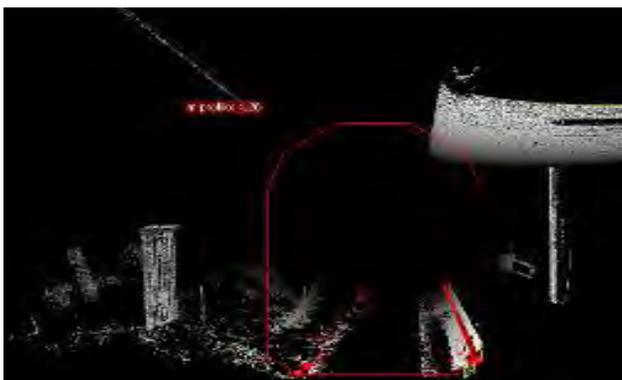
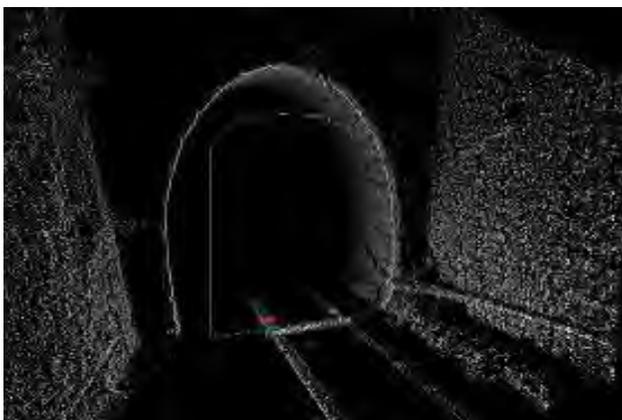


Il rilievo integra i test di segnale 3G in galleria

Profilo minimo degli ostacoli (PMO) e il digital twin (MUIF)

Il rilievo del PMO

Ricostruzione
3D



Il sistema di rilievo basato su tecnologie di natura laser e video permette la ricostruzione tridimensionale della via in un intorno dell'asse del binario (dominio di rilievo definito)

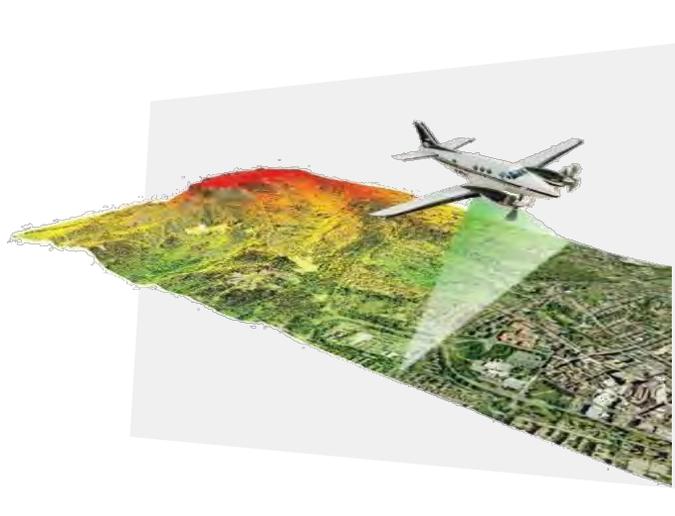


Sperimentazione
sistema portatile
installabile su
trolley/rotabile



Il MUIF: Modello Unico Infrastruttura Fisica

Modalità di rilievo e mezzi



AEREO



TRENO



2 CARRI

MM380

BIMODALE



TERRA



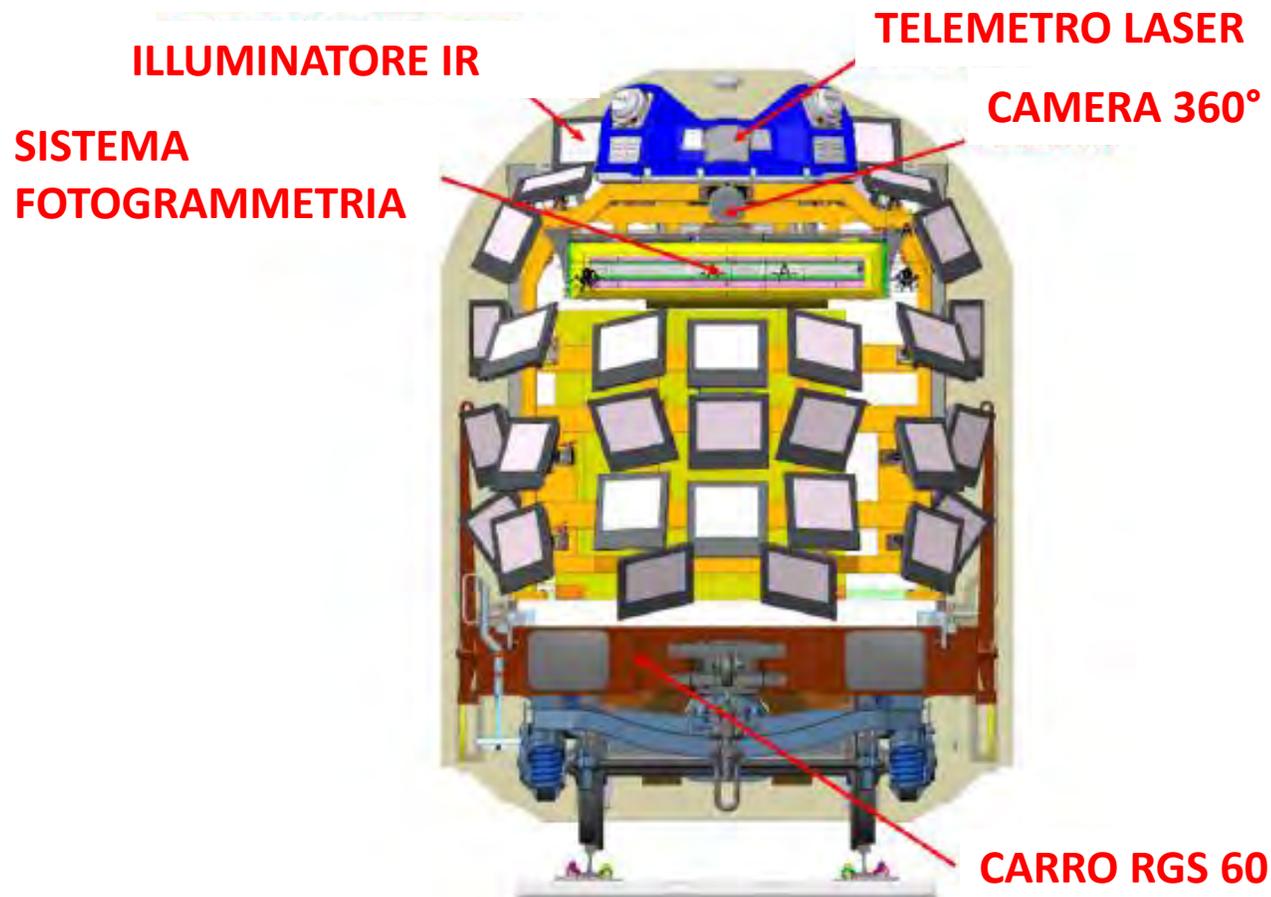
Il MUIF: Modello Unico Infrastruttura Fisica

Modalità di rilievo e mezzi



Il MUIF: Modello Unico Infrastruttura Fisica

Uno dei mezzi usati per il rilievo



CARRO PIANALE RGS 60

- ✓ **Velocità:** 120 km (con zavorra e sia con i sistemi diagnostici attivi che inattivi)
- ✓ **Lunghezza (compresi respingenti):** 19,9 m
- ✓ **Passo:** 14,86 m
- ✓ **Larghezza piano carico:** 2,76 m
- ✓ **Lunghezza container:** 20 ft
- ✓ **Tara media:** 24 t
- ✓ **Altezza piano carico dal ferro:** 1,170 m

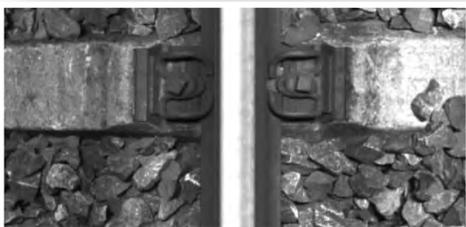
La videoispezione automatica del binario (sperimentazione)

La videoispezione automatica del binario

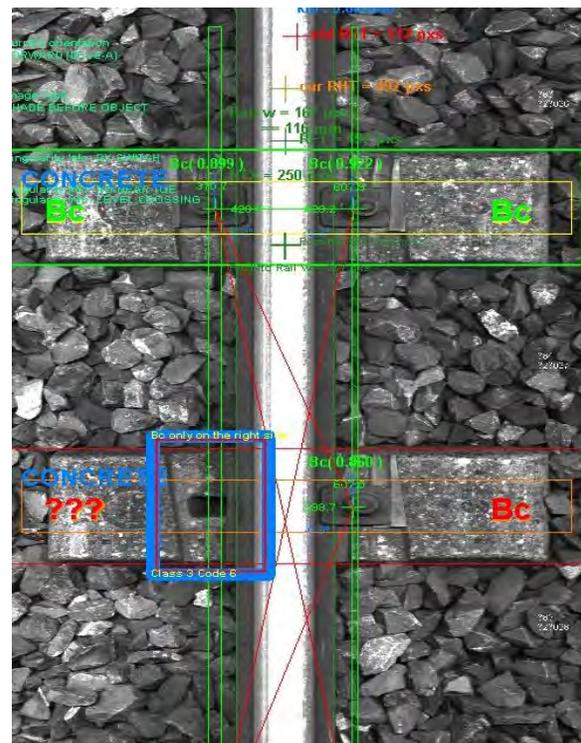
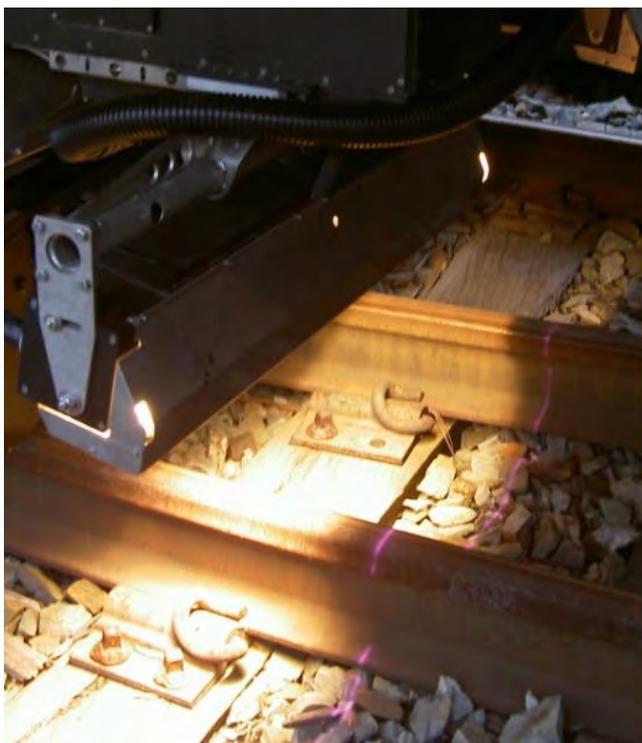
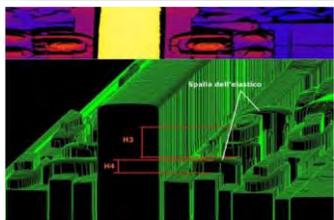
Il sistema di video controllo e video misura

Integra due sottosistemi di analisi e misura:

- 1. Track Inspection System:** scansione fotografica del binario



- 2. Track Measurement System:** sequenza di profili per una ricostruzione 3D



V-CUBE FASTENING CHECK REPORT		
Defect report		Current Report Home
Survey: 03/09/2018 09:34 Camera: camera_left		Page: 1/2
Route File: 20080903_093447.spd		
<p>SSC: 30041 Rail: Right Line: Honam line Track: Cheonwon Km: 141.353 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: int not recognized</p>	<p>SSC: 30183 Rail: Right Line: Honam line Track: Cheonwon Km: 141.388 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: int not recognized</p>	
<p>SSC: 32357 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 150.071 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: Couple not recognized</p>	<p>SSC: 108791 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 158.603 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	
<p>SSC: 310477 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 159.002 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	<p>SSC: 318711 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 161.040 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	
<p>SSC: 320361 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 161.453 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	<p>SSC: 160087 Rail: Right Line: Honam line Track: Jangseong Km: 171.255 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: Couple not recognized</p>	
<p>SSC: 327807 Rail: Right Line: Honam line Track: Imgok Km: 172.099 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	<p>SSC: 183085 Rail: Right Line: Honam line Track: Namam Km: 177.013 Type: Missing Fastening Size: Class: 1 Info: Notes: ext not recognized</p>	

- **Acquisizione dati ed immagini:** scansione dell'armamento attraverso sistemi ottici installati su mezzi mobili

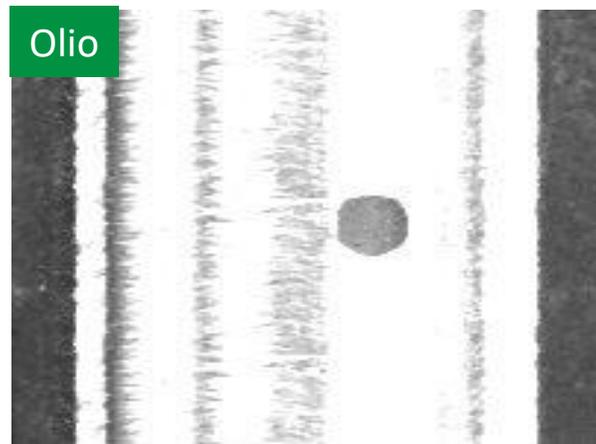
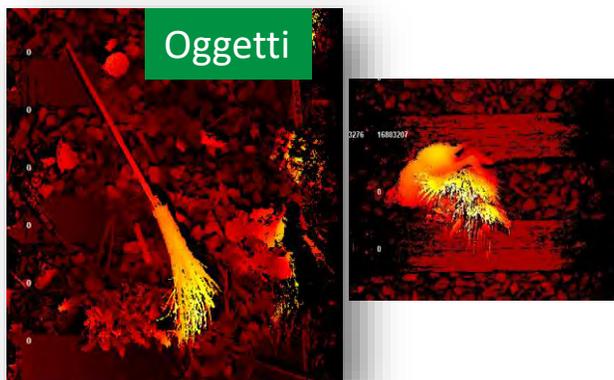
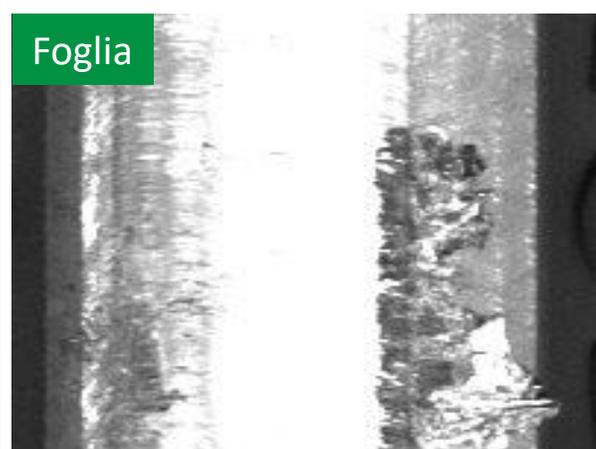
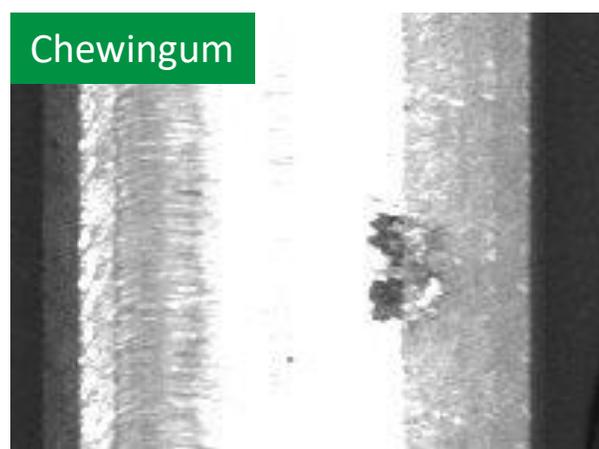
- **Analisi automatica dei dati,** attraverso le tecniche di elaborazione.

- **Rapporti puntuali e** statistici digitali

I risultati della prima sperimentazione

Inutilizzabilità del sistema sperimentato e ritorni di esperienza per il progetto di rinnovo flotta.

CAUSE COMUNI FALSI POSITIVI



Il processo di diagnostica mobile dell'infrastruttura

Il processo diagnostico

Acquisizione dati: la classificazione delle linee

Linee 1° classe	1600 Km (DT)
Linee 2° classe	3600 Km (DT)
Linee 3° classe	3000 Km (Km 800 DT)
Linee 4° classe	8500 Km (Km 500 DT)



Il processo diagnostico

La flotta diagnostica di RFI ante 2019

Armamento, TE, IS, TLC			US	SCMT
1° Classe (2 sett.)	2° Classe (2 mesi)	3° - 4° Classe (4-6 mesi)	(6-12-24 mesi)	(6-12-24 mesi)
Diamante, Aiace (Y)	Archimede	Talete + 15 PV7/EM80	Galileo	Caronte

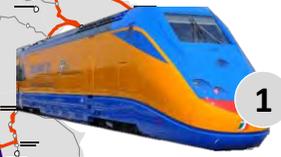
La flotta diagnostica di RFI: As Is



Armamento – TE – IS – TLC

1^a Classe
(2 settimane)

Aiace
 1

Diamante
 1

2^a Classe
(2 mesi)

Archimede
 1

3^a/4^a Classe
(4/6 mesi)

Aldebaran 2.0
 1

Nodi, piazzali, interconnessioni
(4/6 mesi)

EM 80/100
 2

Falco
 2

Sirter
 1

PV7
 15

US – MUIF – SCMT

Tutte le classi
(6/12/24 mesi)

Galileo 2.0
 1

Sperry
 2

MUIF
 2

Caronte 2.0
 1

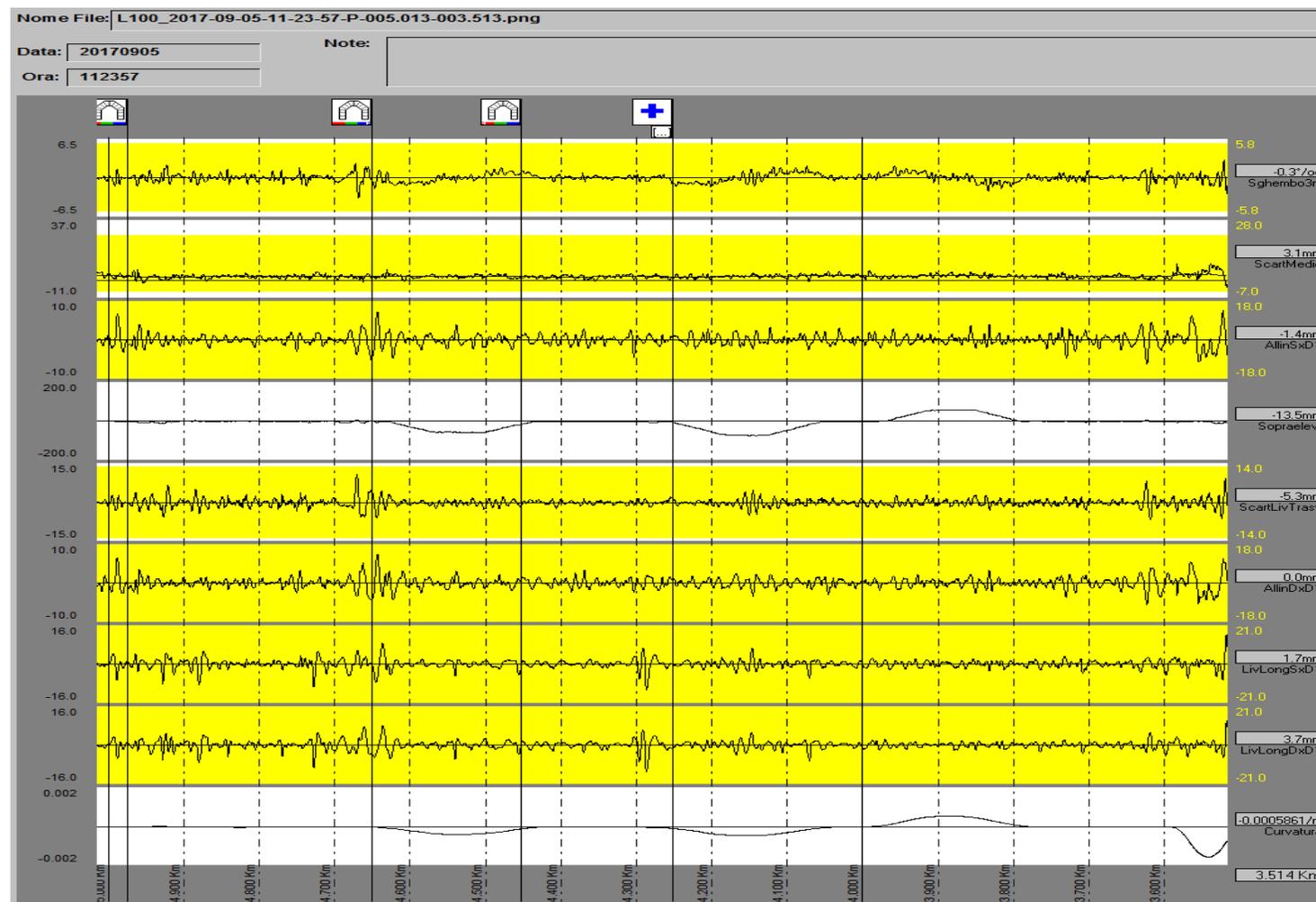
Il processo diagnostico

Analisi della deviazione dalla soglia

I dati, acquisiti, vengono visualizzati dall'operatore, insieme alle relative **soglie di tolleranza** (bande gialle)

In base al grado di severità del superamento soglia, i difetti sono automaticamente classificati in tre diverse tipologie:

- Difetti in **Attenzione** – grado minimo di severità: di norma, non è previsto un obbligo manutentivo
- Difetti in **Intervento** – grado medio di severità: a seconda della classe linea, si raccomanda un intervento manutentivo entro un intervallo da 1 a 6 mesi
- Difetti **Rilevanti** – Max grado di severità: intervento entro 24 ore



Il processo diagnostico

Le sue fasi



PARAMETRO DI RIFERIMENTO



RILIEVO



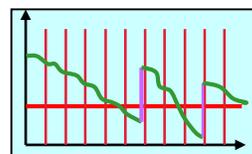
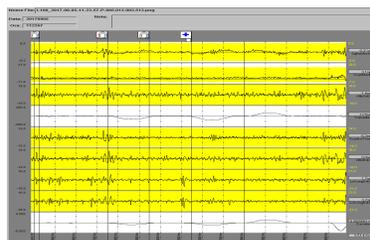
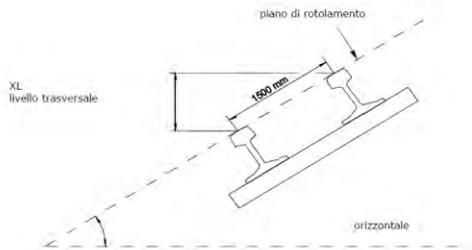
MISURA



DIFETTO



PROVVEDIMENTO



RILEVANTE

INTERVENTO

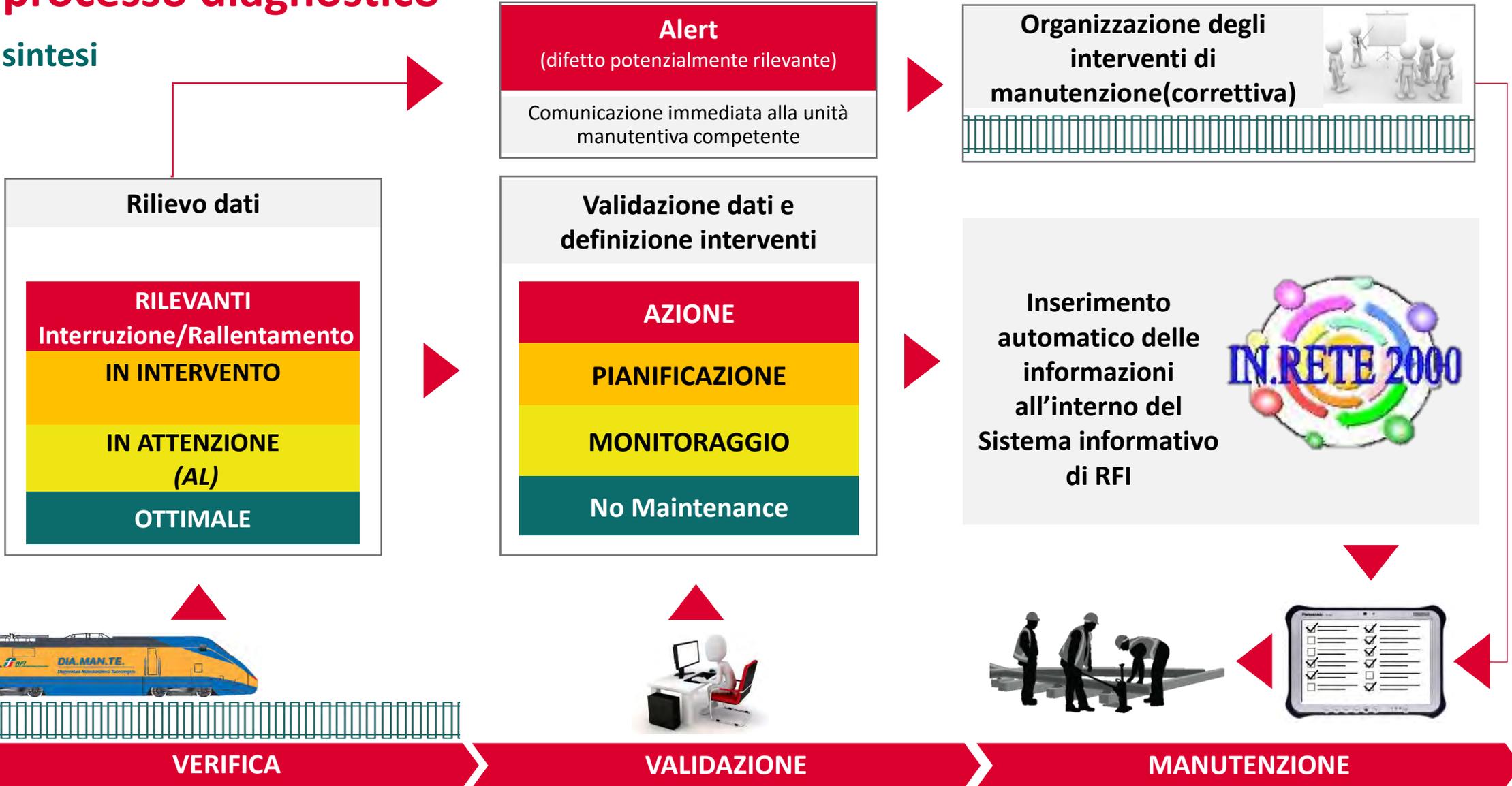
ATTENZIONE

OTTIMALE



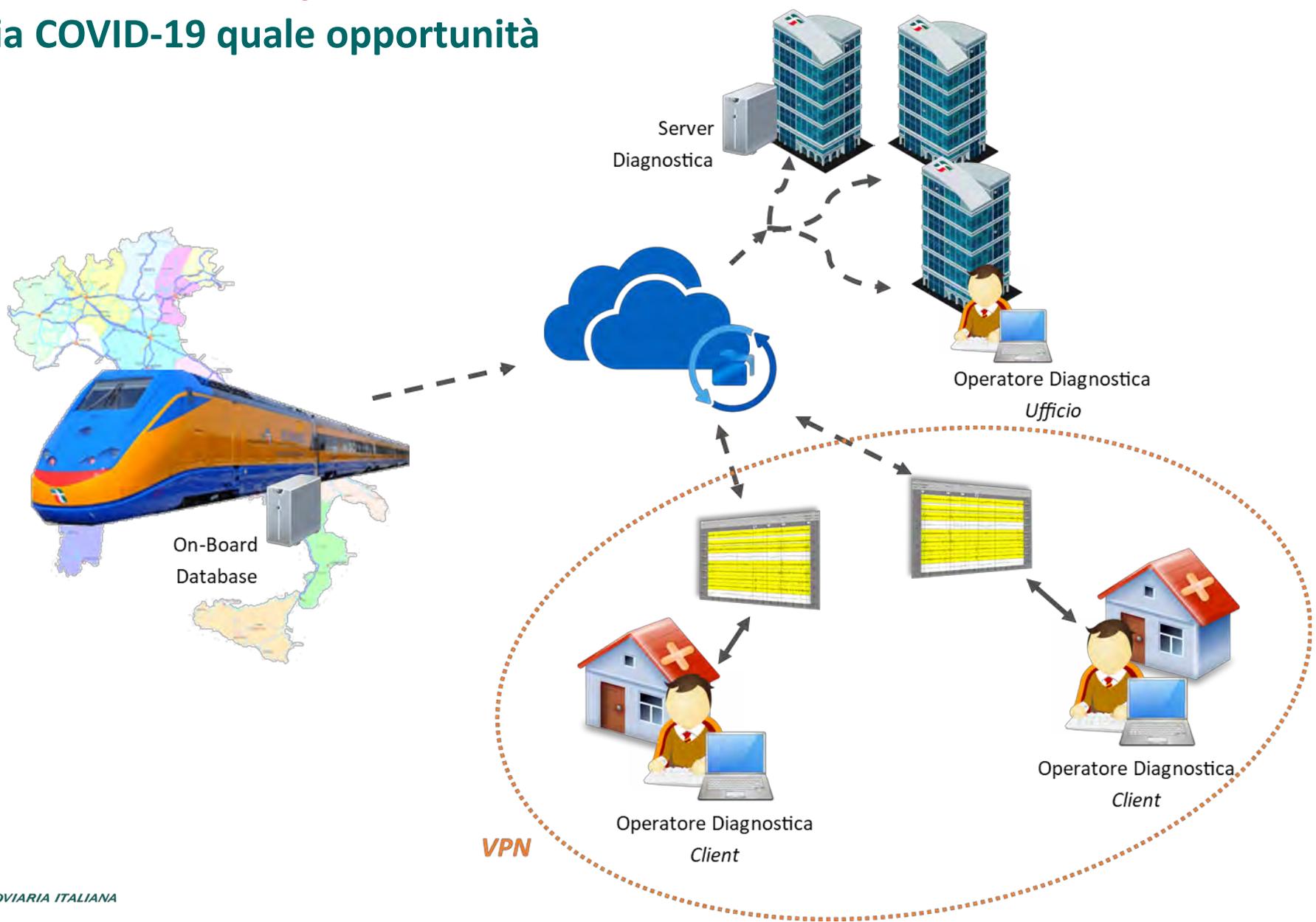
Il processo diagnostico

In sintesi

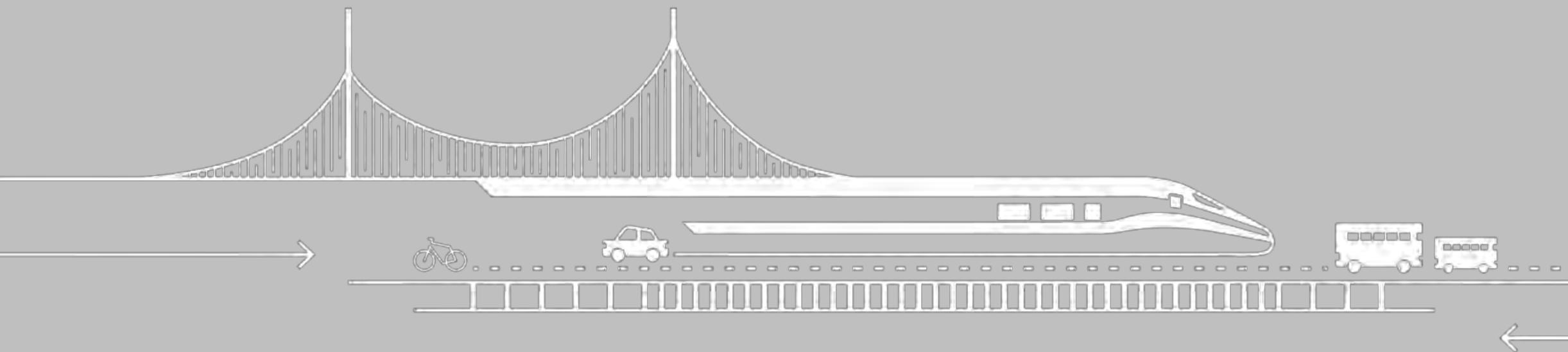


Remotizzazione del processo di analisi dati e validazione

Pandemia COVID-19 quale opportunità



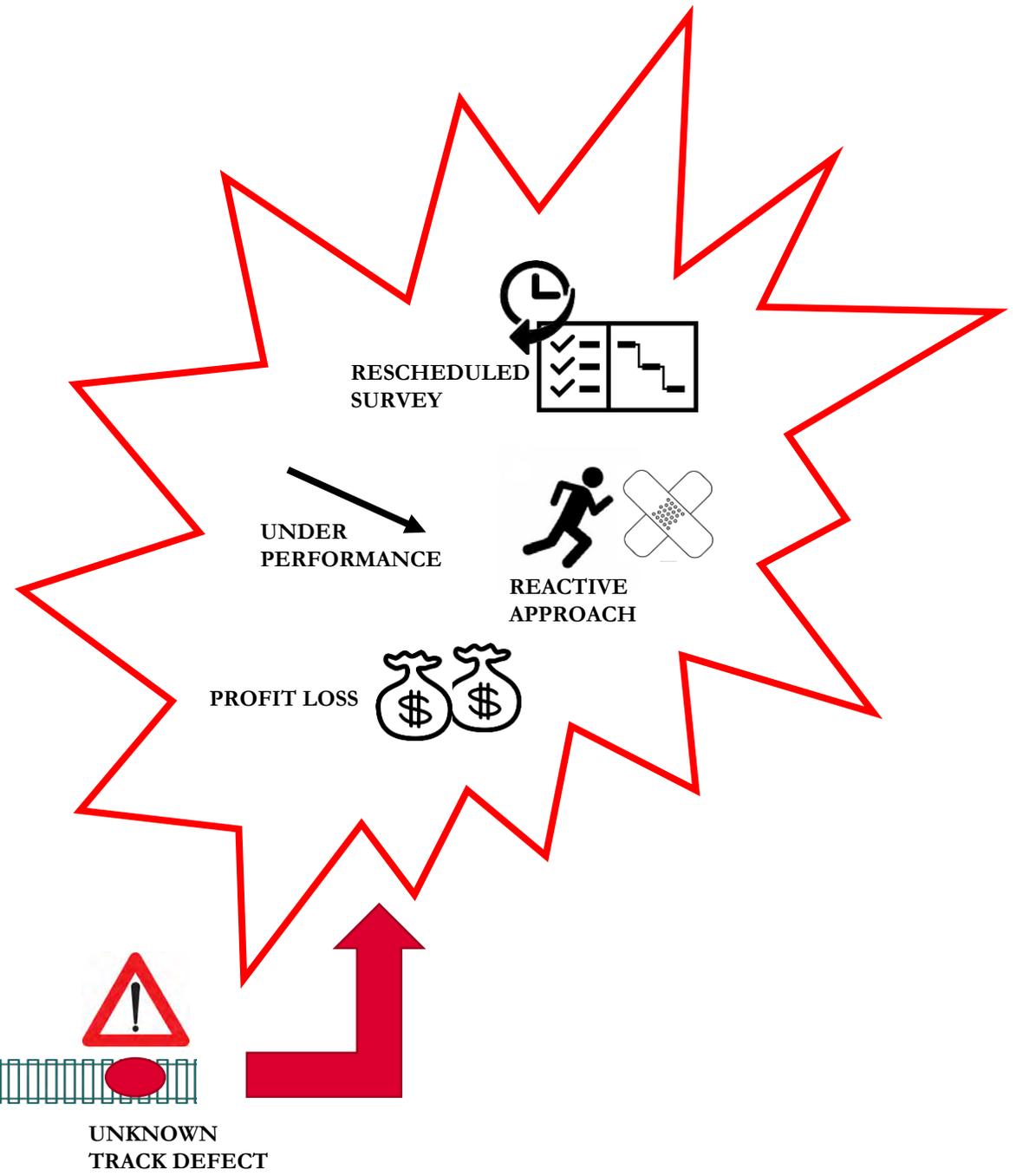
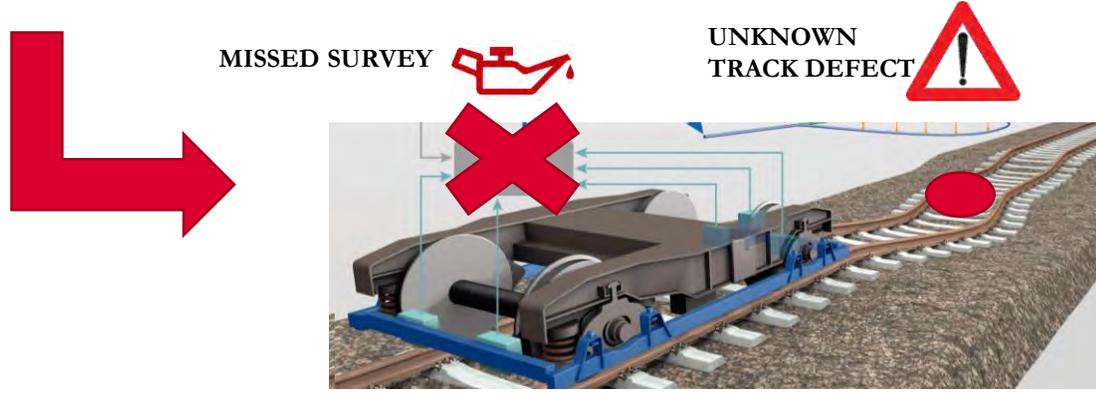
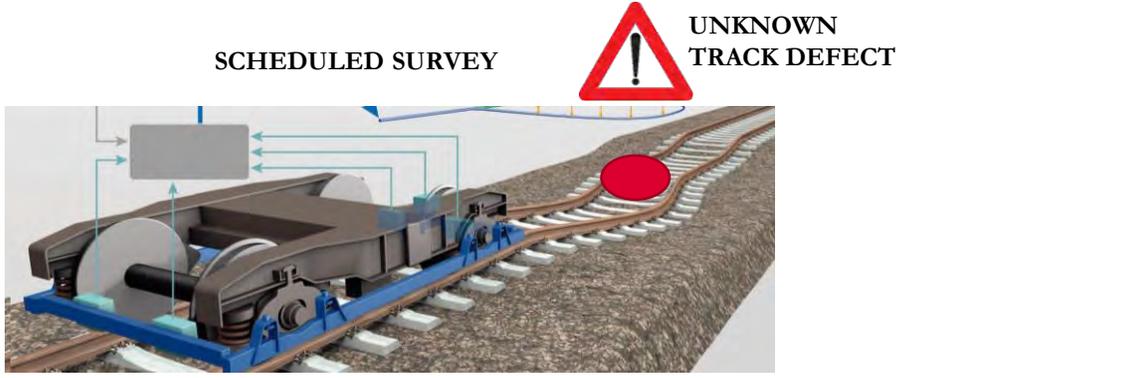
Il progetto di rinnovo flotta



Dove vogliamo arrivare?

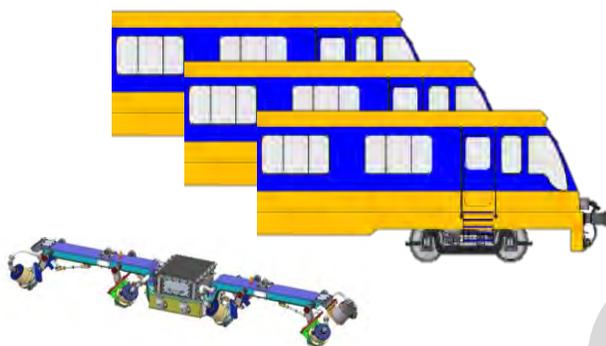
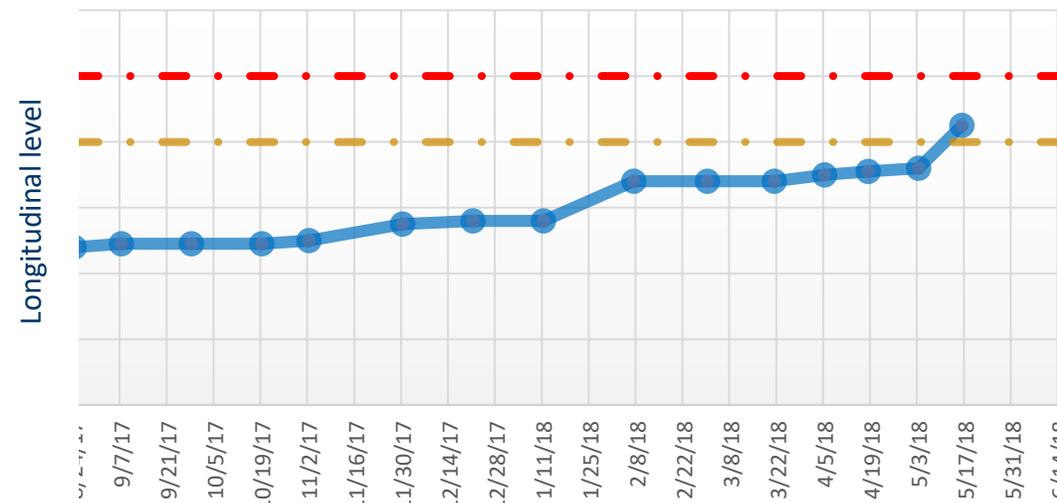
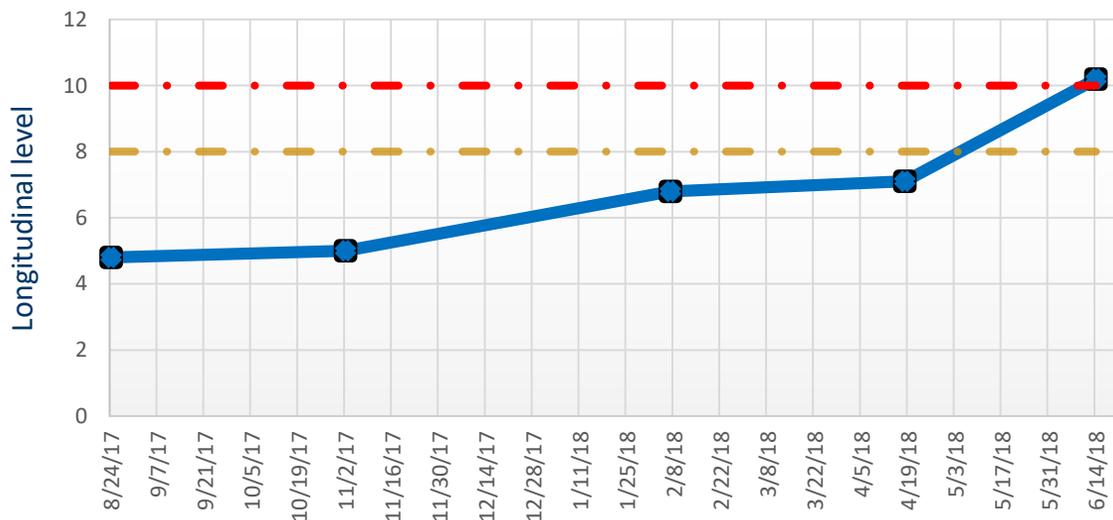


Vulnerabilità del contesto «as-is»



Come ridurre I mancati rilievi?

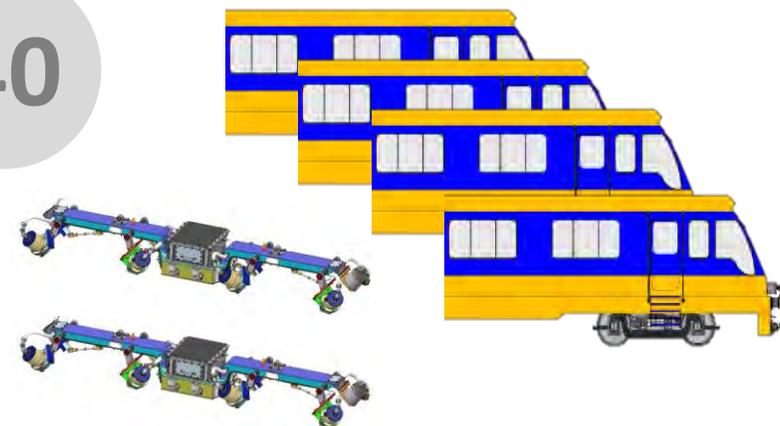
Mediante il potenziamento della flotta e la ridondanza dei sistemi



23

30

40



Come ridurre i falsi negativi?

Mediante la ridondanza dei sistemi

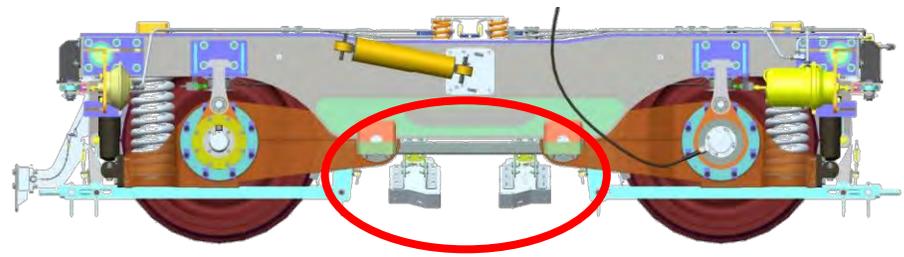


MEASURES	FALSE NEGATIVES RATE	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
	1	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
2	0%	19%	36%	51%	64%	75%	84%	91%	96%	99%	100%	
3	0%	27%	49%	66%	78%	88%	94%	97%	99%	100%	100%	
4	0%	34%	59%	76%	87%	94%	97%	99%	100%	100%	100%	
5	0%	41%	67%	83%	92%	97%	99%	100%	100%	100%	100%	
6	0%	47%	74%	88%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	

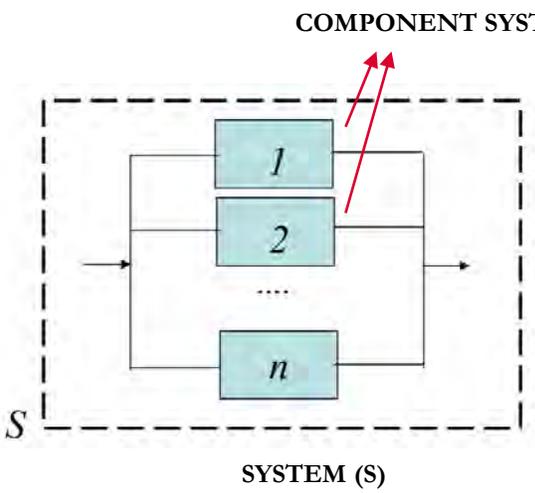
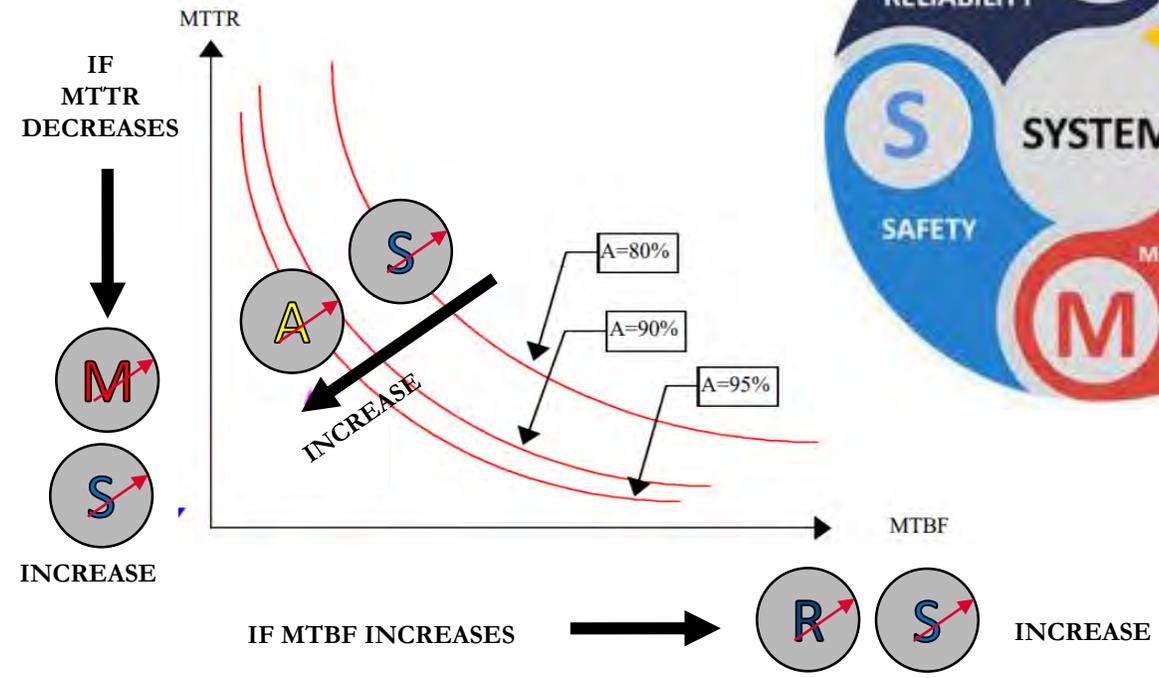


Ridondanza dei sistemi diagnostici

Benefici RAMS

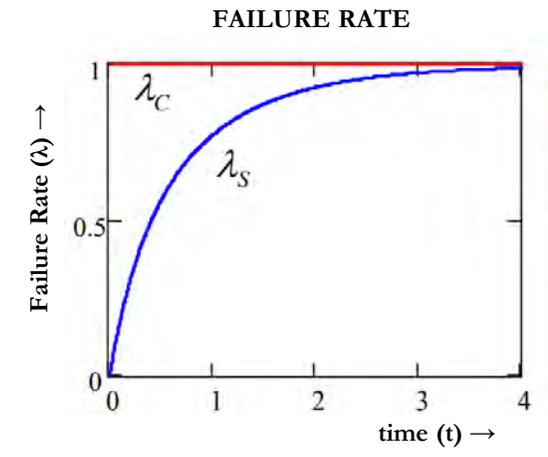
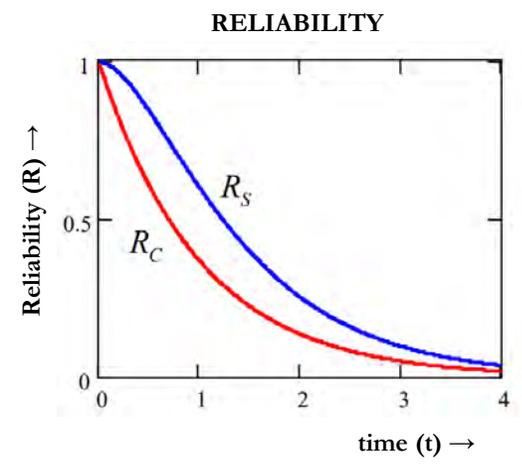


Redundant system



R, λ SYSTEM (S) ——— (Blue line)

R, λ COMPONENT (C) ——— (Red line)

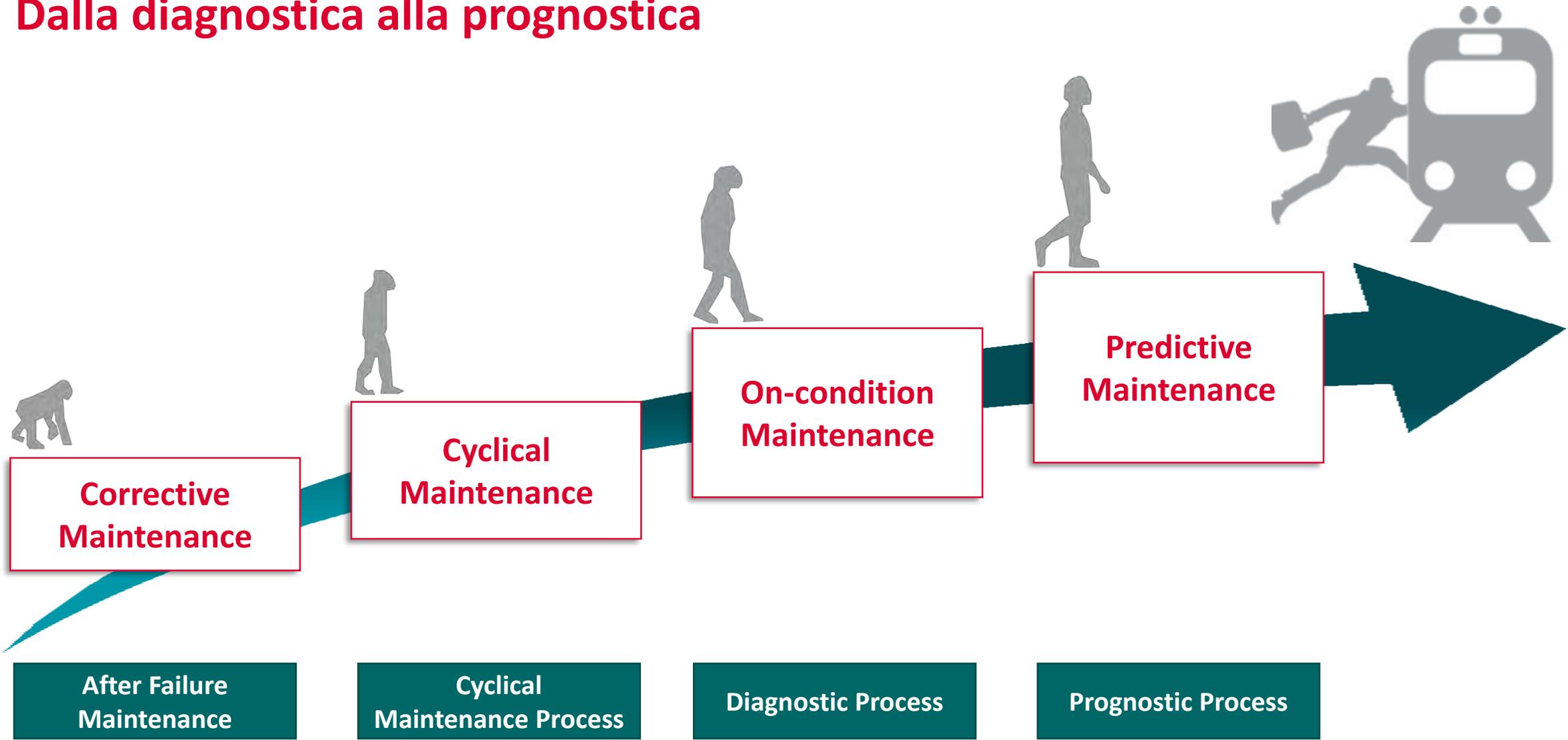


Il ruolo della diagnostica nel processo manutentivo

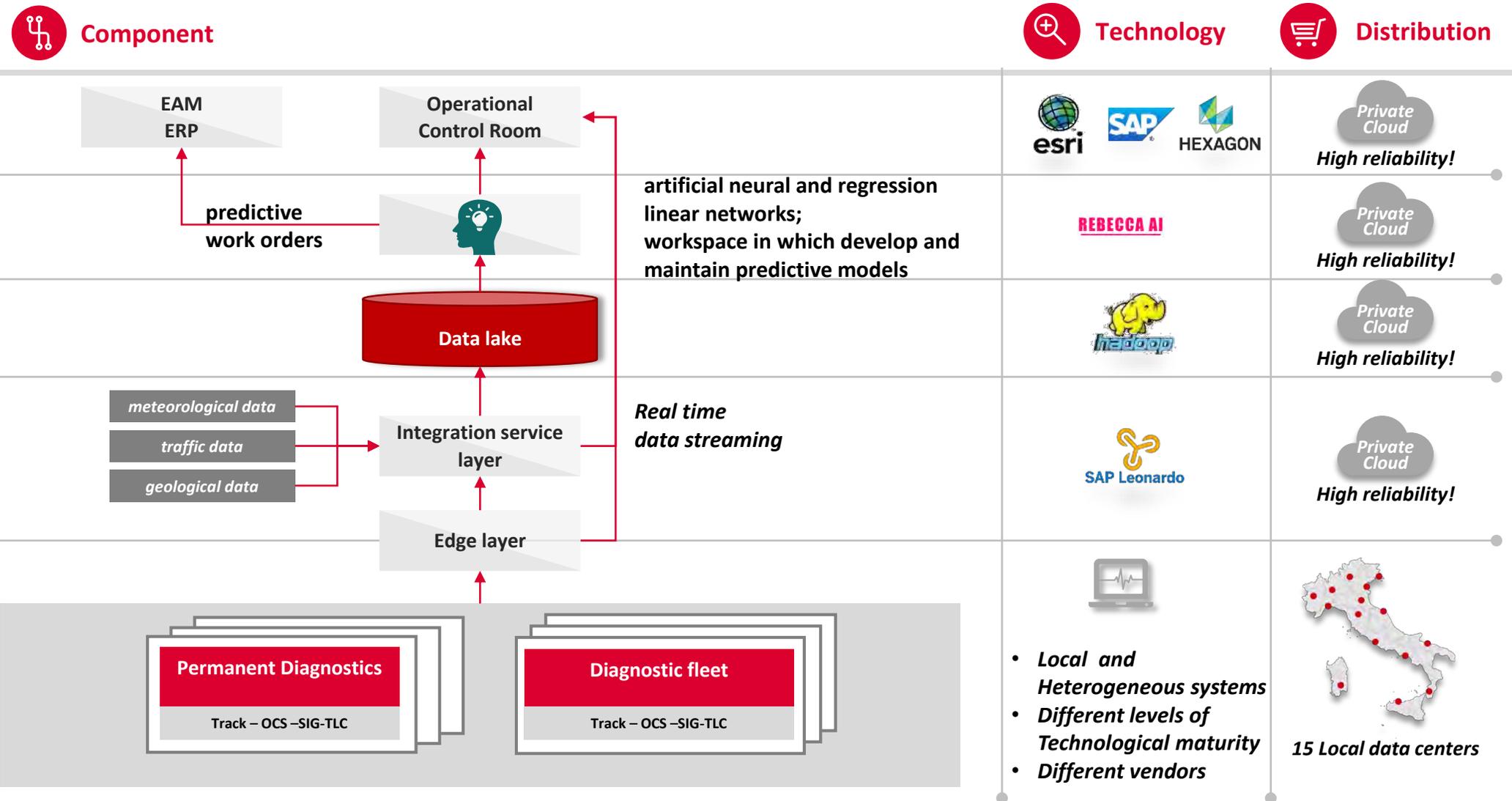
Le politiche manutentive

	CORRETTIVA	CICLICA	PREVENTIVE	
			SU CONDIZIONE	PREDITTIVA
	Su guasto	Ogni xx km	Raggiungimento soglia	previsione degrado
N° INTERVENTI	Fewest	Many	Few	Minimal and planned
DISPONIBILITA'	Lowest	Medium	High	High
RISCHI FUORI SERVIZIO	100%	Low	Low	Lowest

Dalla diagnostica alla prognostica

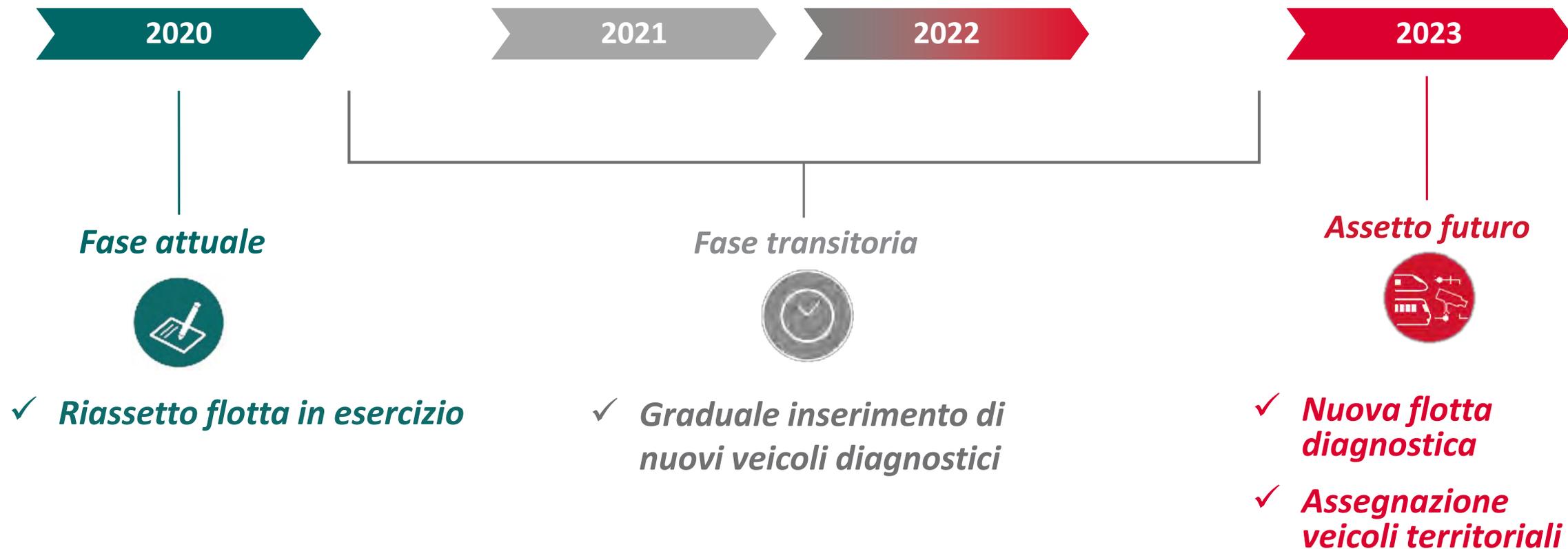


L'architettura ICT



Progetto di rinnovo della flotta diagnostica

Introduzione



Il progetto di rinnovo della flotta: azioni a breve e lungo termine

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Galileo 2.0	Falco	Sirter	Aldebaran 2.0	K12
Track Geometry	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Telecommunications	✓		✓	✓				✓	
Overhead line	✓		✓	✓		✓	✓	✓	
Pantograph video inspection	✓		✓	✓					
Signalling	✓		✓	✓					
Minimum Clearance Gauge	✓			✓					
Signalling Video Inspection	✓		✓	✓					
Track Video Inspection	✓		✓	✓					✓
Electric arcs, voltage, Current, Overhead Line Dynamics	✓		✓	✓					
Wheel/Rail interaction	✓		✓	✓					
Running Dynamics	✓		✓	✓					
Switch Parameters				✓		✓			✓
Ultrasonics & Eddy current		✓			✓				
	Conventional lines	All lines	High Speed lines	Nodes, yards and junctions	All lines	Nodes, yards and junctions	Nodes, yards and junctions	Conventional lines	Yards and conventional lines

Il progetto di rinnovo flotta

Treno «tipo 1»



PROFILO DI MISSIONE e CARATTERISTICHE

- ✓ **Peso per asse:** ≤ 18 t/asse
- ✓ **Lunghezza minima:** 45 m
- ✓ **Percorrenza media annua:** 80.000 km/anno
- ✓ **Giorni di impiego annui:** 240
- ✓ **Massa frenata:** 140 %
- ✓ **Temperatura esercizio:** $- 30^{\circ}\text{C} \div 45^{\circ}\text{C}$
- ✓ **Tensione nominale:** 3000 V in modalità elettrica

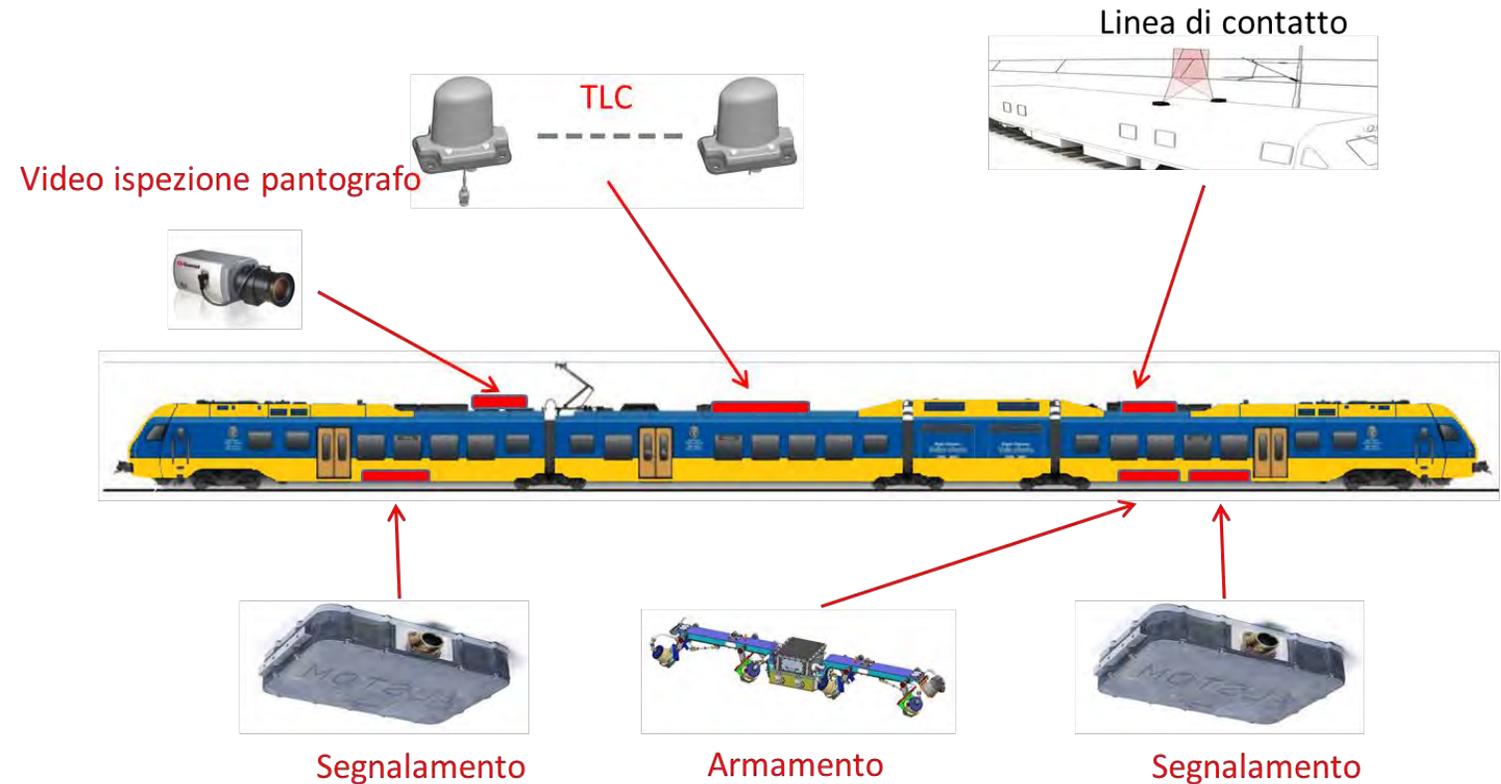
Il progetto di rinnovo flotta

Treno «tipo 1»



I treni di tipo 1 sono veicoli bi-modali a composizione bloccata di tipo bidirezionale, in grado di raggiungere una velocità massima di 160 Km/h

SETTORE	SISTEMA DI MISURA
ARMAMENTO E SEDE	geometria binario
	usura rotaia e conicità equivalente
	profilo rotaia e AdB
	sanità della rotaia (US e Eddy current)
	PMO
	Dinamica di marcia
	Interazione ruota-rotaia
TE	geometria e usura LdC
	comportamento dinamico catenaria, qualità captazione e prestazioni del sistema di alimentazione trazione
TLC	TLC voce GSM-R e GSM e dati 3G/4G
IS	grandezze caratteristiche BACC, SCC, SCMT
	controllo CdB Ossidato
ISPEZIONE LINEE	visibilità segnali e vigilanza linea



Il progetto di rinnovo flotta

I convogli diagnostici multifunzione «Tipo 2»

Composizione e Caratteristiche

Carro per l'alloggiamento dei due container



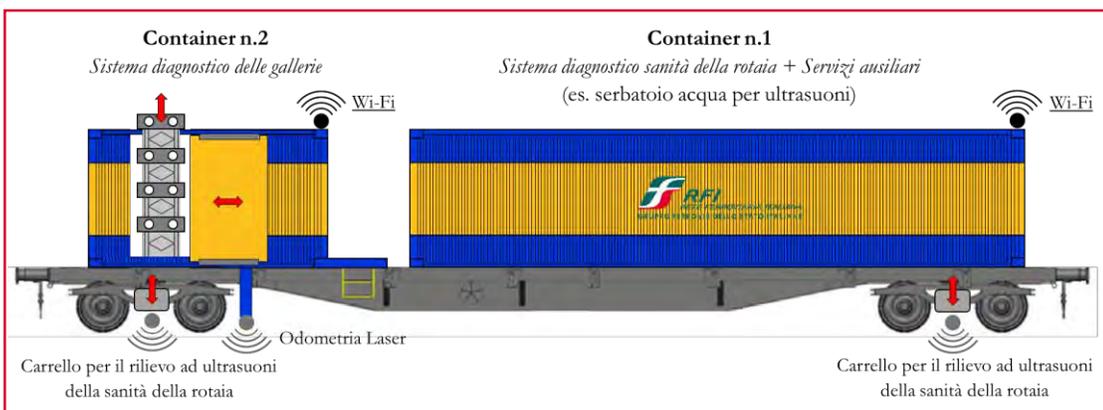
Carrozza pilota



Sistemi installati

- ✓ **Lunghezza:** ≤ 25 m
- ✓ **Tipologia carrelli:** tipo Y25 e con freni a disco
- ✓ **Velocità:** ≥ 100 km
- ✓ **Lunghezza max container n.1:** 40 ft
- ✓ **Lunghezza max container n.2:** 20 ft

- ✓ **Velocità:** ≥ 100 km
- ✓ **Convertitore statico:** potenza max 40 kW
- ✓ **Impianto climatizzazione:** - 20°C ÷ 40°C
- ✓ **Postazione operatori:** con scrivania, monitor, computer, tastiere, mouse, sedie, n.4 multi prese e il necessario all'utilizzo dei sistemi di misura
- ✓ **Numero operatori:** almeno 4
- ✓ **Postazione riunione:** con n.2 monitor da almeno 40" ad alta risoluzione, disposti in modo speculare e n. 4 multiprese
- ✓ **Magazzino/deposito:** con attrezzature di ricambio per eventuali piccoli interventi di manutenzione sui sistemi diagnostici

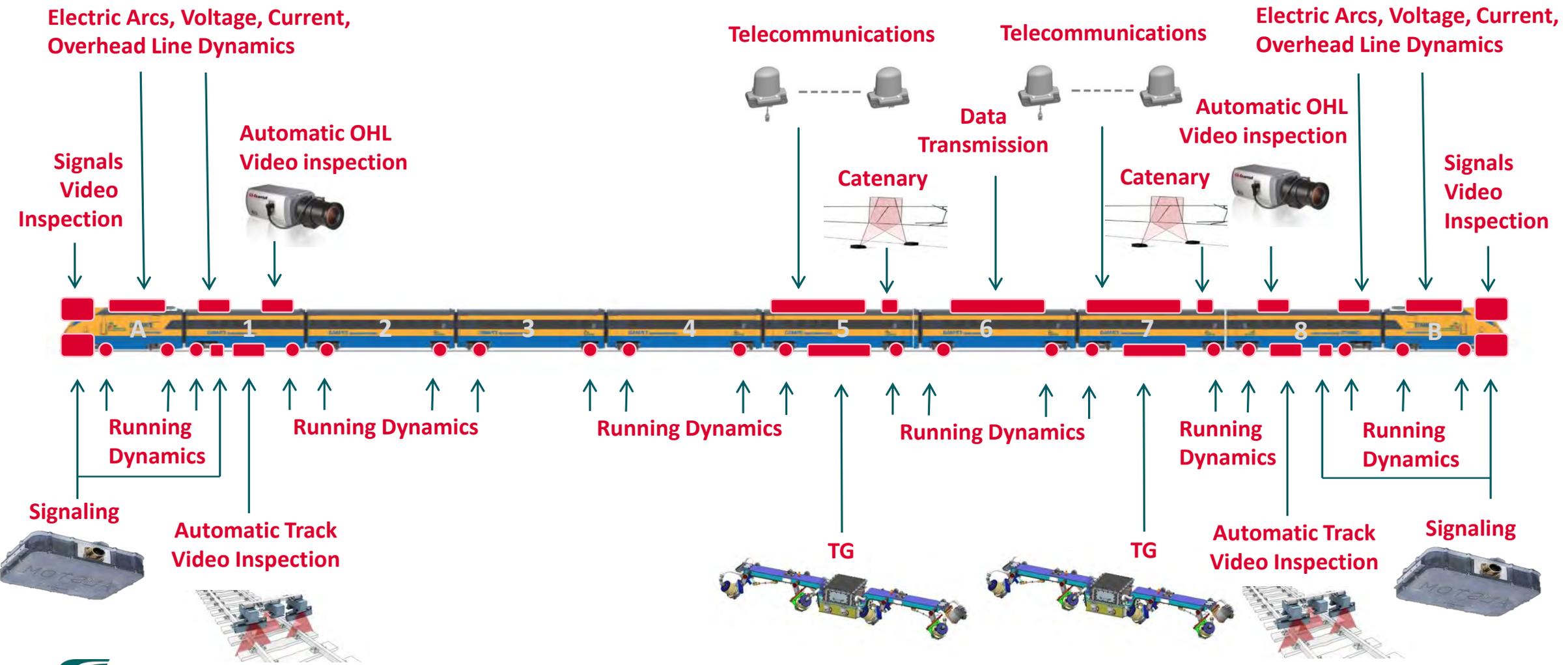


VELOCITA' RILIEVO dei sistemi diagnostici

- Sistema ultrasuoni = 60 Km/h
- Sistema gallerie = 30 Km/h

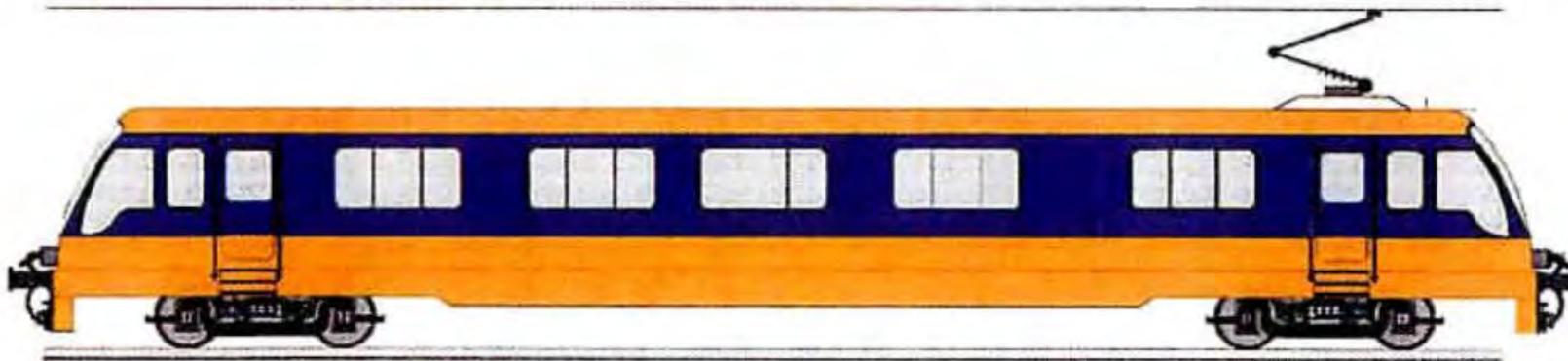
Il progetto di rinnovo flotta

Treno «tipo 3»



Il progetto di rinnovo flotta

Treno «tipo 4»



PROFILO DI MISSIONE e CARATTERISTICHE

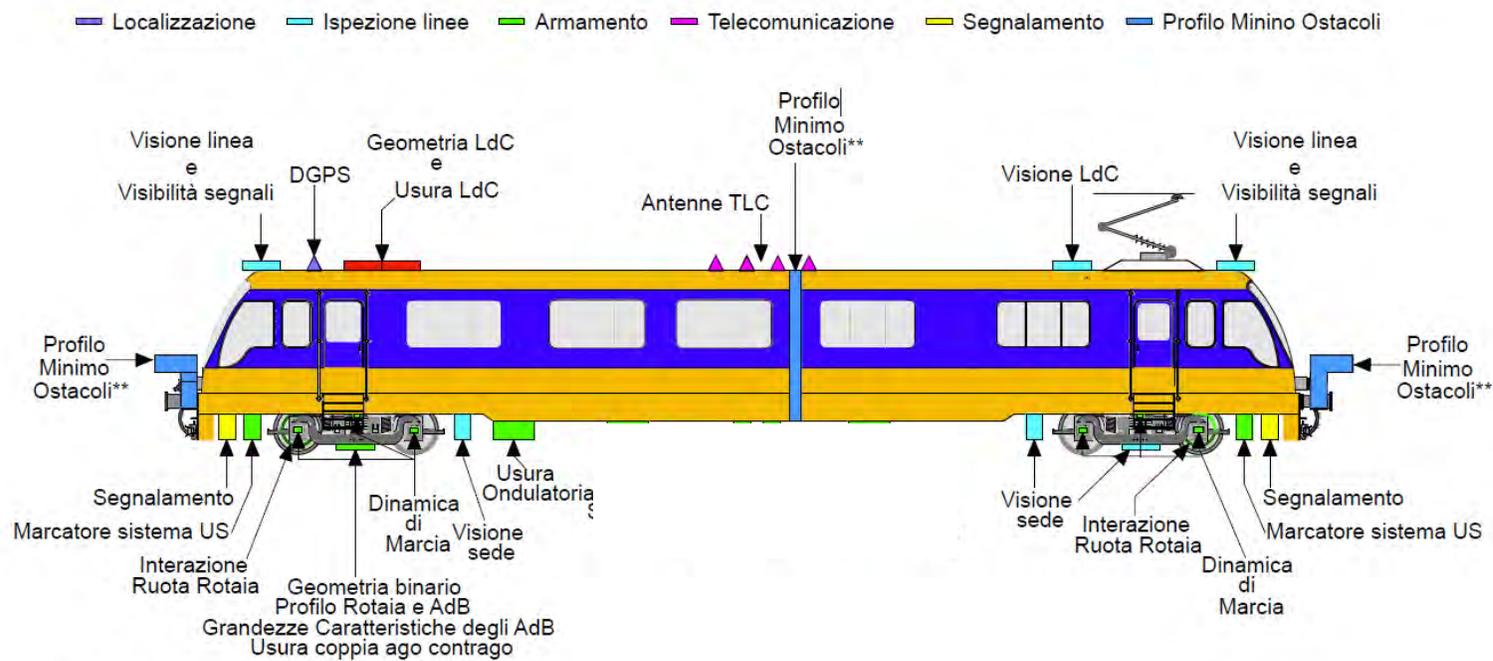
- ✓ **Massa assiale massima:** ≤ 18 t/asse
- ✓ **Velocità massima:** ≥ 120 km/h
- ✓ **Autonomia:** ≥ 500 km in (marcia isolata a pieno carico) o 15 h di lavoro
- ✓ **Numero assi :** 4 (almeno 2 motorizzati)
- ✓ **Sistema propulsione:** Bimodale (alimentazione elettrica dalla catenaria a 3 kVcc + motore termico)

Il progetto di rinnovo flotta

Gli autocarrelli «tipo 4»

Gli autocarrelli bimodali diagnostici per piazzale, nodi e interconnessioni di “Tipo 4”, raggiungono una velocità massima di 120 Km/h

SETTORE	SISTEMA DI MISURA
ARMAMENTO E SEDE	geometria binario
	profilo rotaia e AdB
	Grandezze caratteristiche AdB
	usura coppia ago contrago
	sanità della rotaia
	PMO
	Dinamica di marcia
	Interazione ruota-rotaia
	usura ondulatoria
TE	geometria e usura LdC interazione pantografo catenaria, archi elettrici e tensione-corrente
TLC	TLC voce GSM-R e GSM e dati 3G/4G
IS	IS (Euroradio, eurobalise-CdB audiofrequenza e BACC ad uso nazionale, controllo CdB ossidato)
ISPEZIONE LINEE	visibilità segnali
	vigilanza linea degli elementi costituenti l'IF



* Predisposizione

** Si preferisce una soluzione del tipo centro veicolo

Il progetto di rinnovo flotta: le azioni a breve termine



[2018]
«FALCO» manufacturing

[2019]
«FALCO» in operation



[2018]
«Galileo 2.0» manufacturing

[2020]
«Galileo 2.0» in operation



[2018]
«SIRTER» manufacturing

[2020]
«SIRTER» in operation



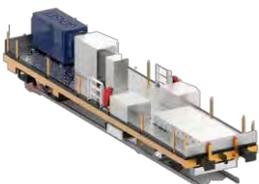
[2018]
«ALDEBARAN» revamping

[2020]
«ALDEBARAN 2.0» in operation



[2019]
«DIAMANTE» revamping

[2021]
«DIAMANTE 2.0» (Type3) in operation



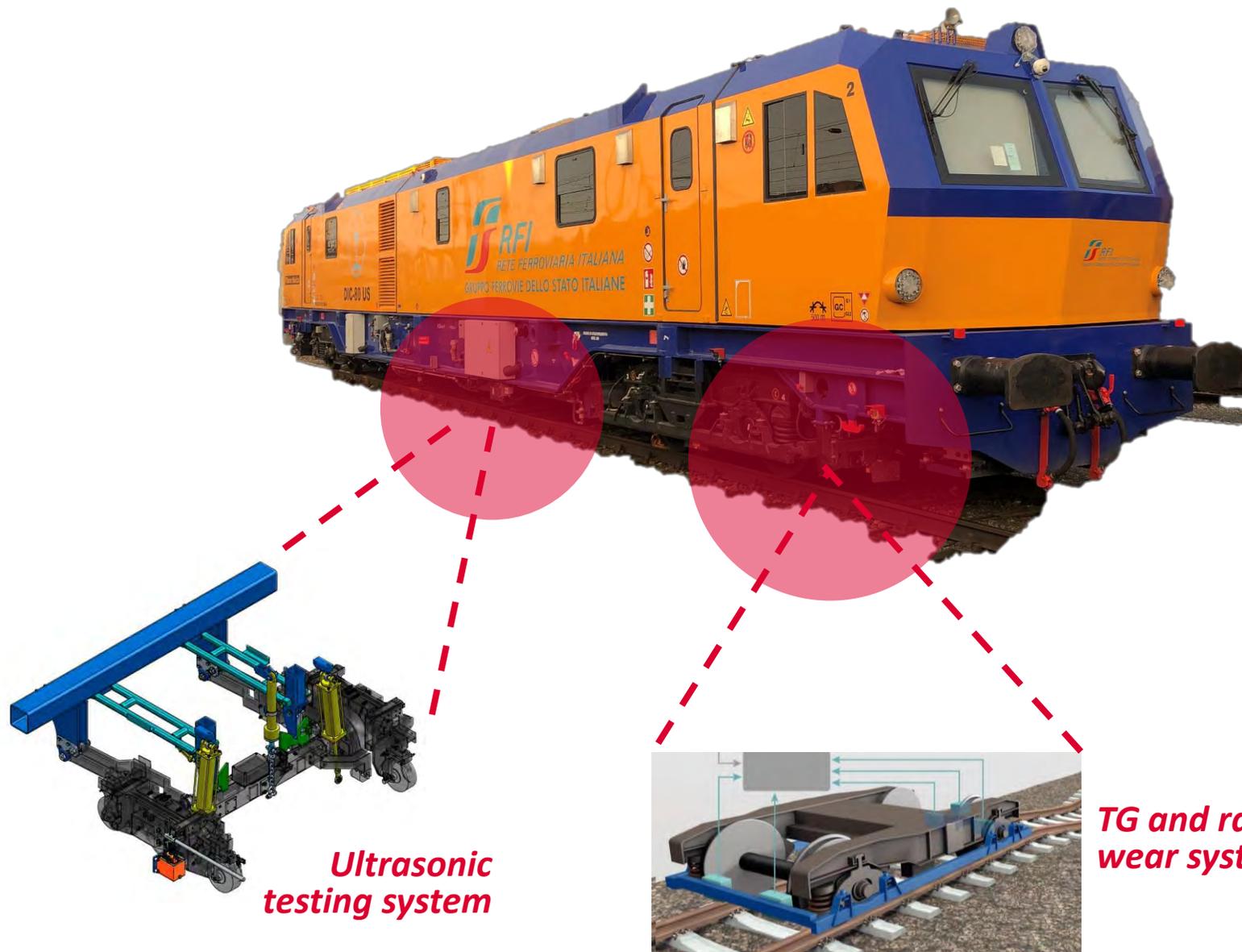
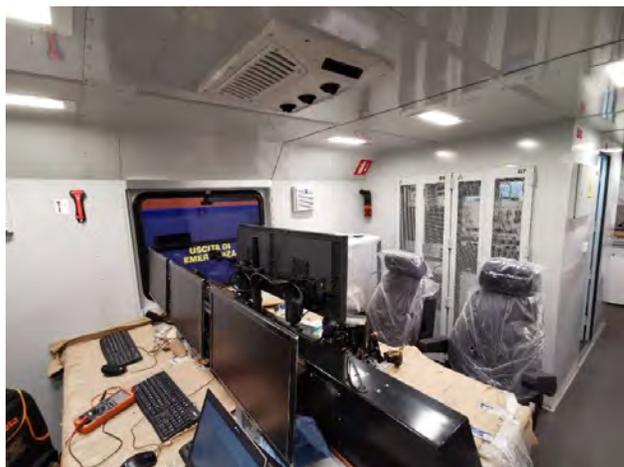
[2020]
«K12» manufacturing

[2021]
«K12» in operation



Azioni a breve termine

Il DIC-80

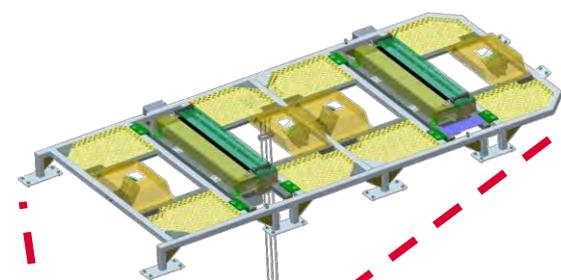


Ultrasonic testing system

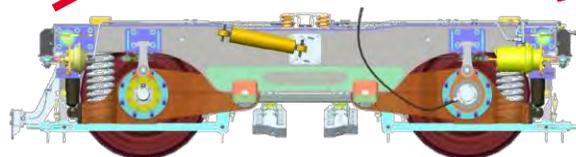
TG and rail wear system

Azioni a breve termine

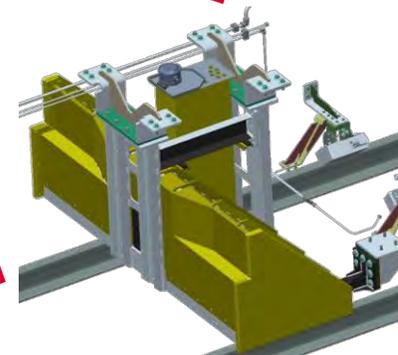
Falco 1 e Falco 2



OHL geometry and wear systems



TG and rail wear systems



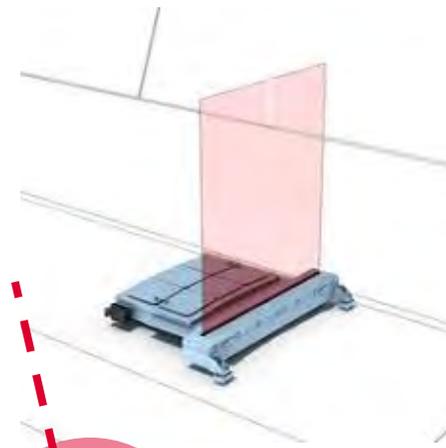
S&C diagnostic system

Azioni a breve termine

Il Sirter



OHL geometry and wear system

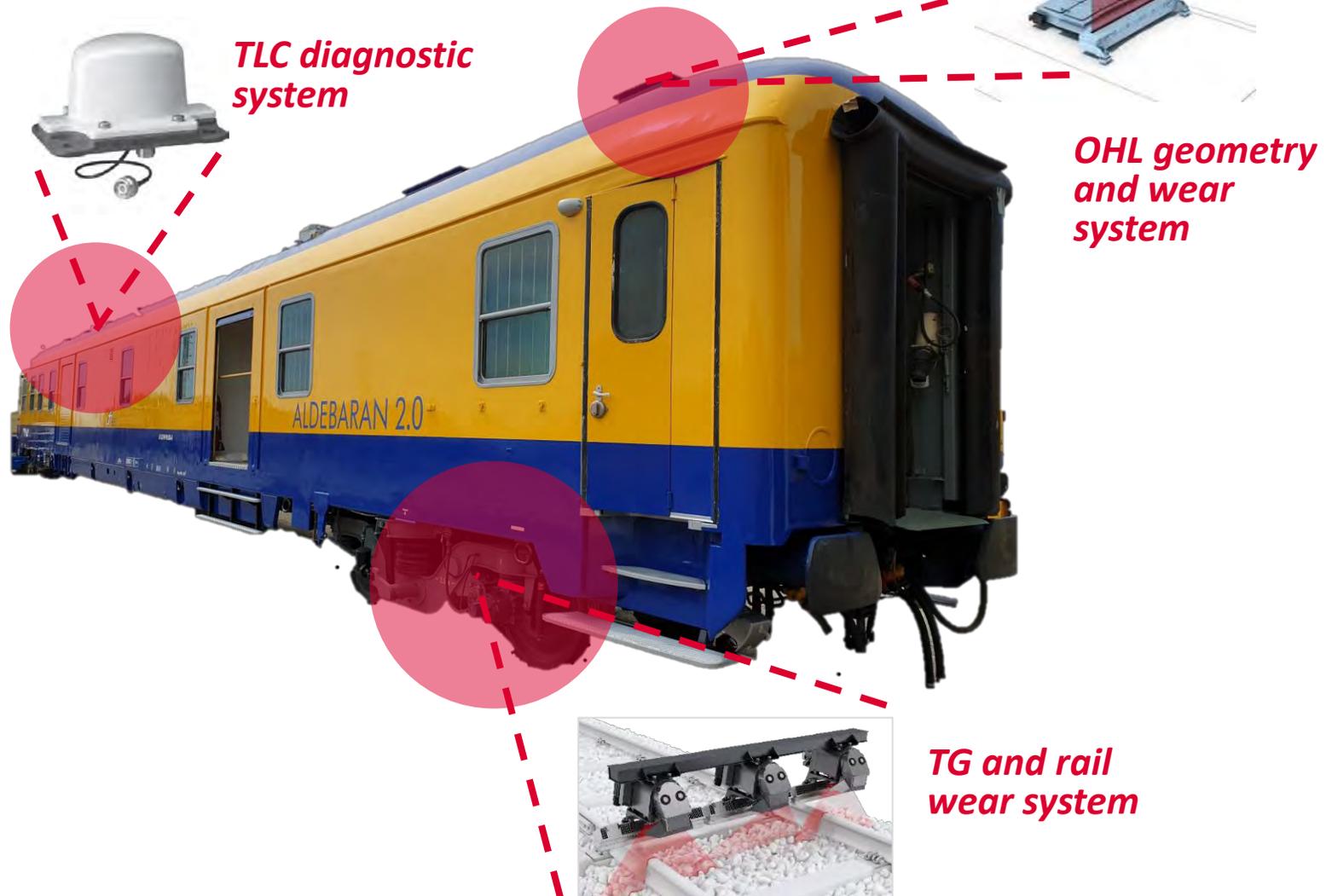


TG and rail wear system



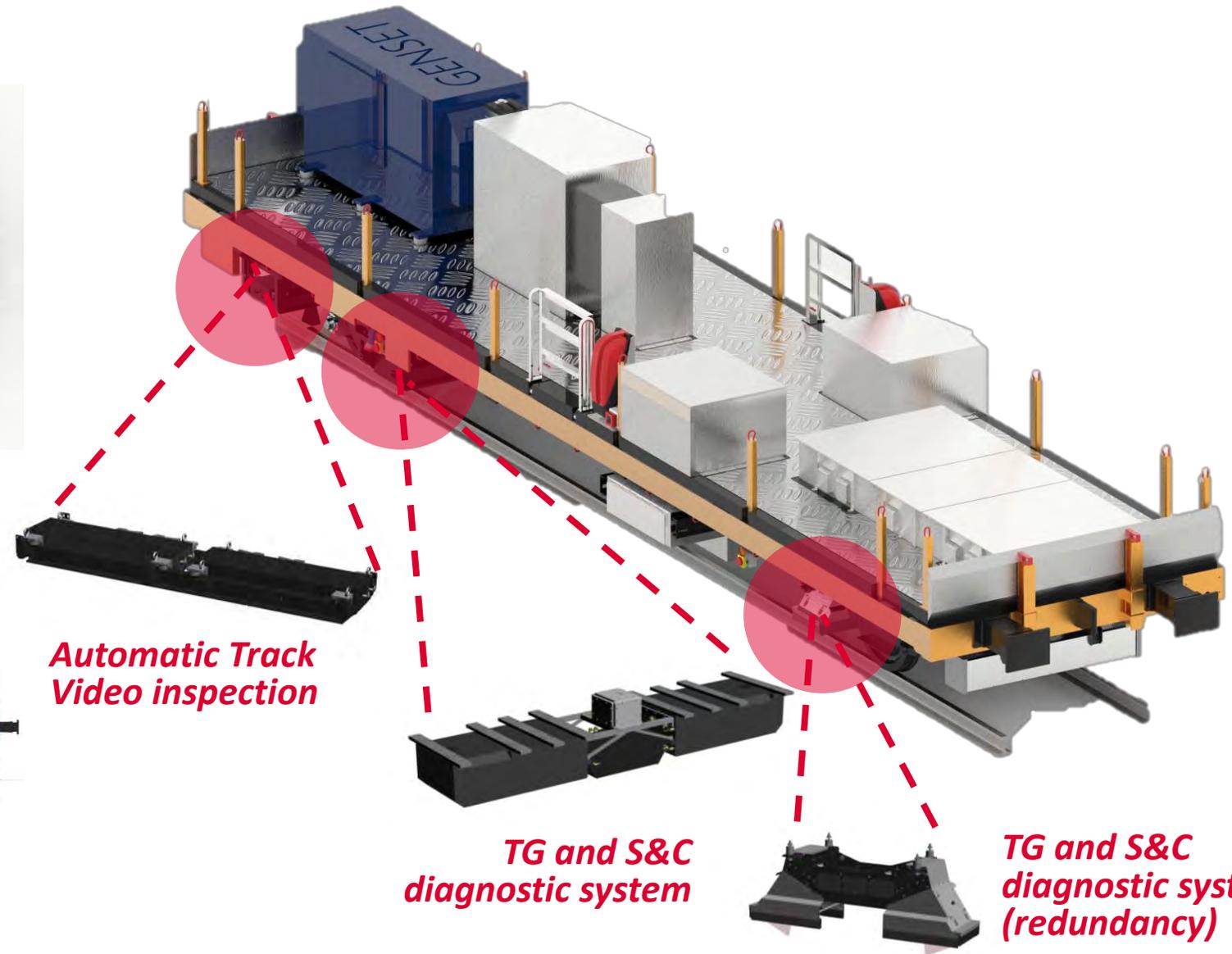
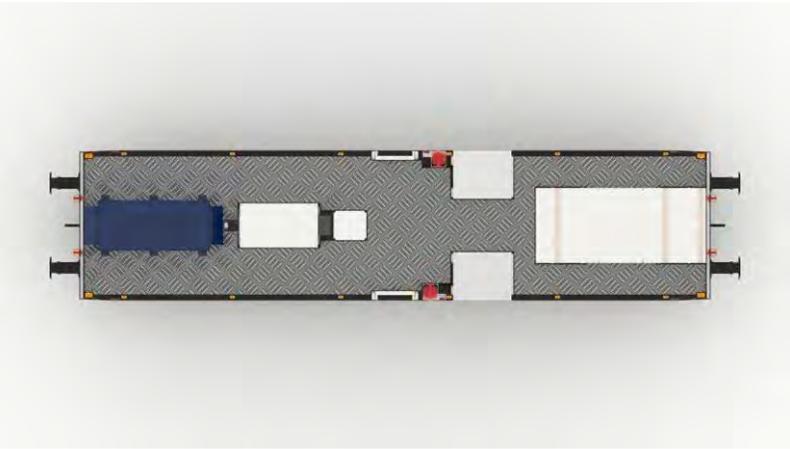
Azioni a breve termine

Aldebaran 2.0



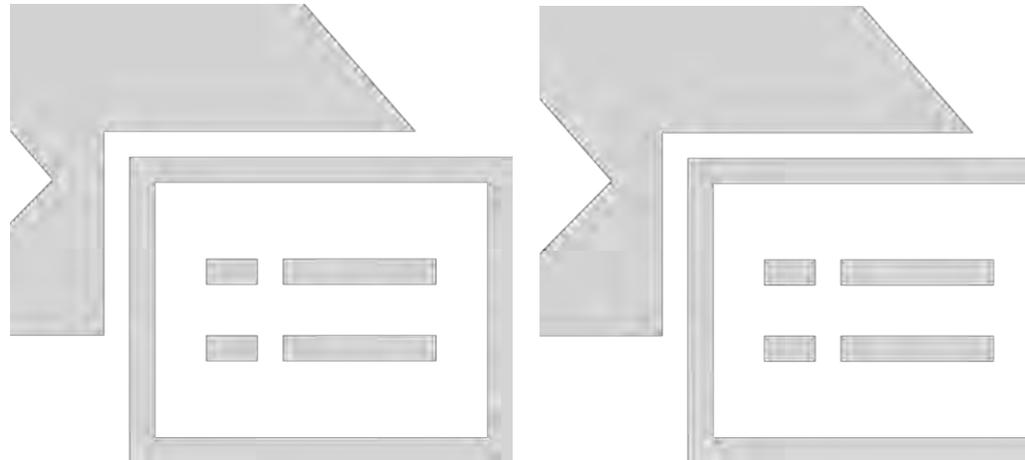
Azioni a breve termine

I carri misura K12

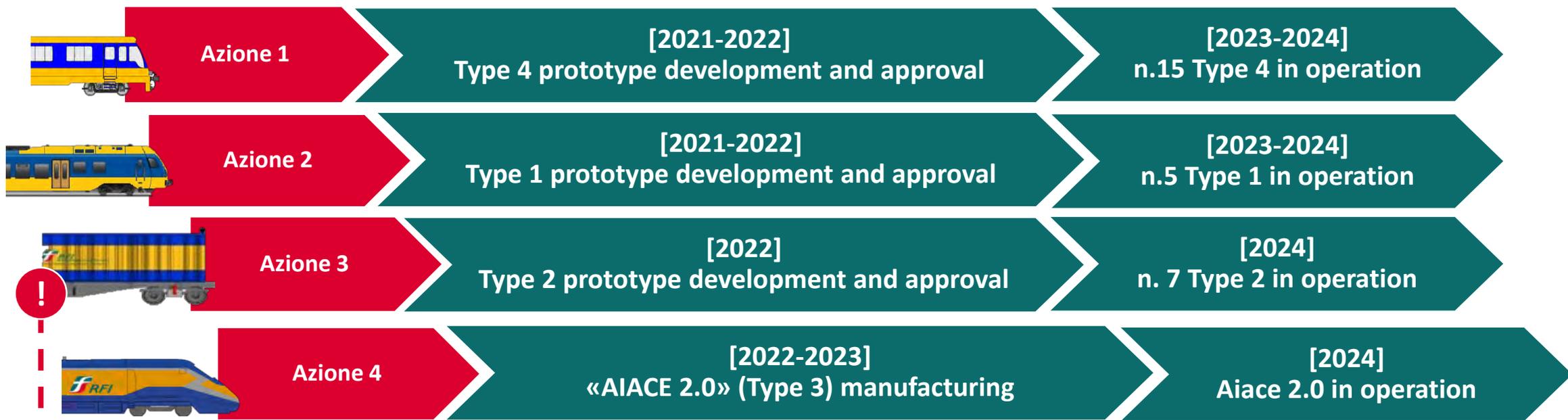


Azione a breve termine

Treno tipo 3: Diamante 2.0



Il progetto di rinnovo della flotta: azioni a lungo termine



✓ I veicoli tipo 3 saranno assemblati presso l'Officina Nazionale Attività Industriali di Carini.

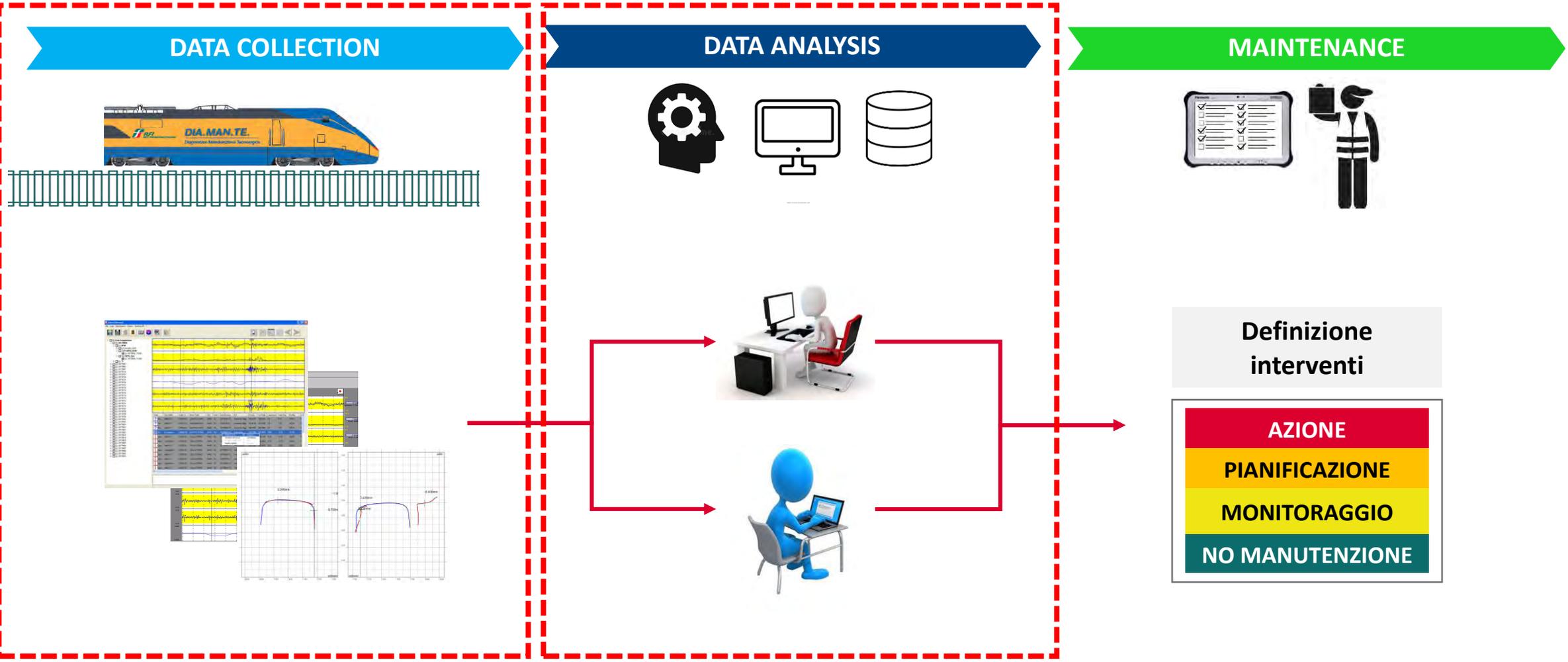


ONAI di Carini (PA)

L'introduzione dell'intelligenza artificiale

Il processo diagnostico

«AS – IS»



Il processo diagnostico

«TO BE»

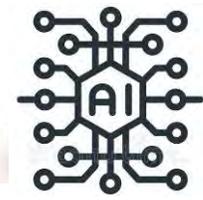
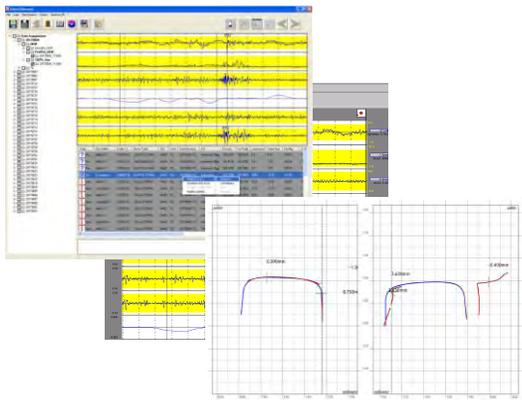
DATA COLLECTION



DATA ANALYSIS



MAINTENANCE

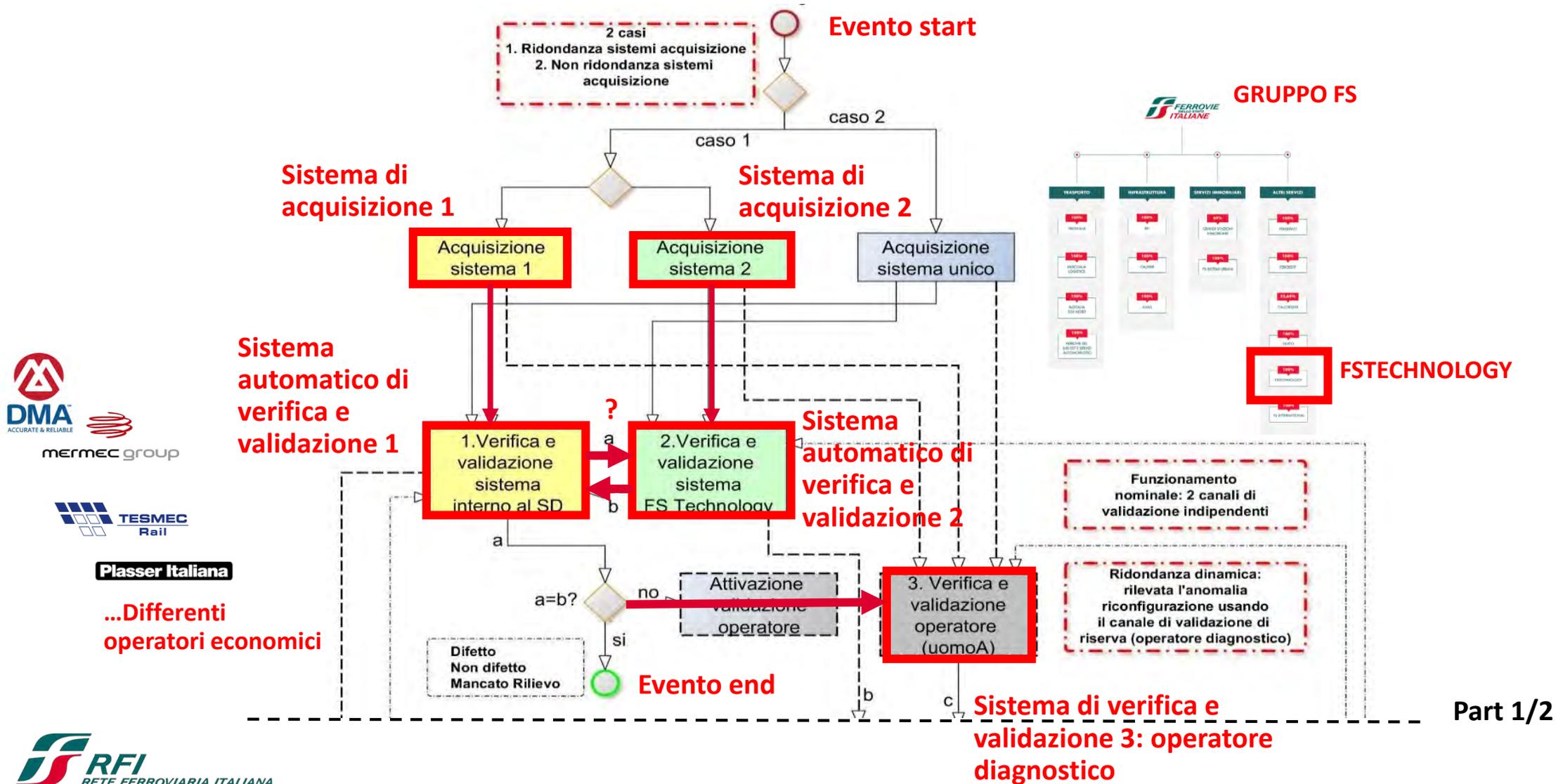


Definizione interventi

AZIONE
PIANIFICAZIONE
MONITORAGGIO
NO MANUTENZIONE

Il flusso di processo "TO-BE"

I due «differenti» sistemi automatici di verifica e validazione

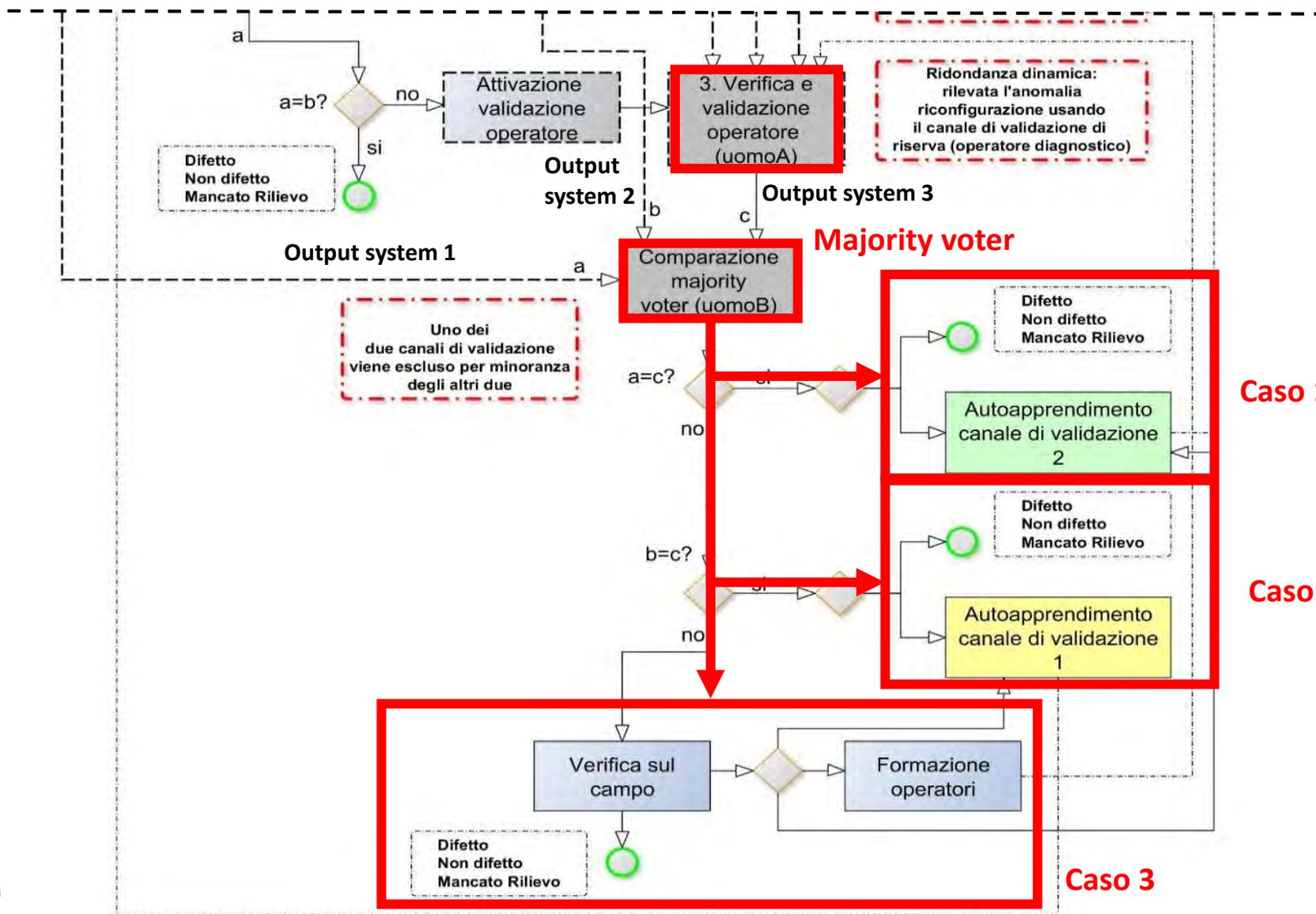


Il flusso di processo "TO-BE"

I due «differenti» sistemi automatici di verifica e validazione

Sistema di verifica e validazione 3:
operatore diagnostico

Part 2/2

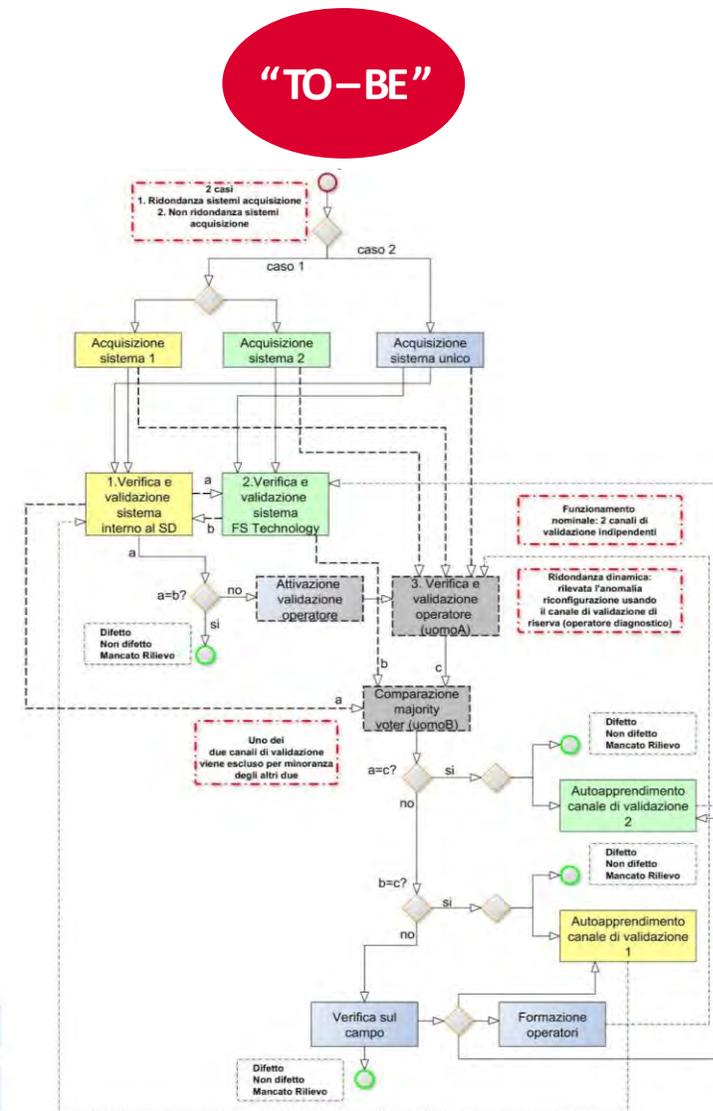
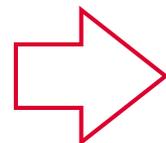
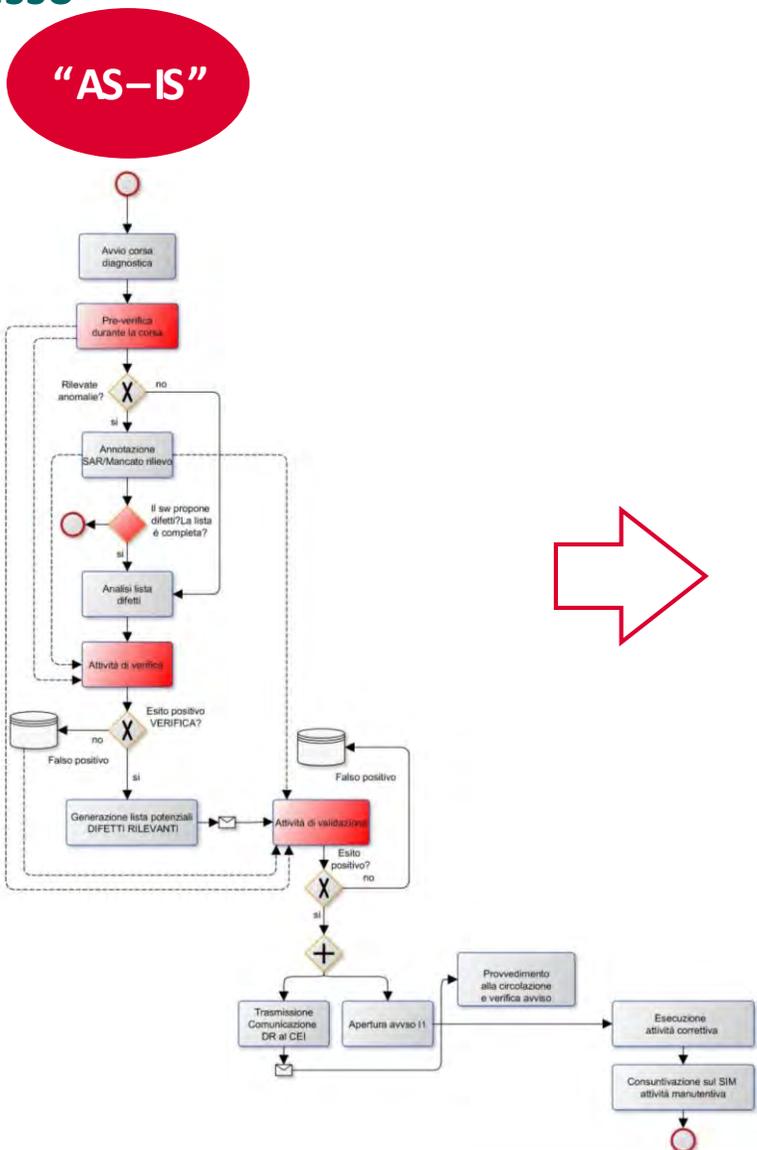
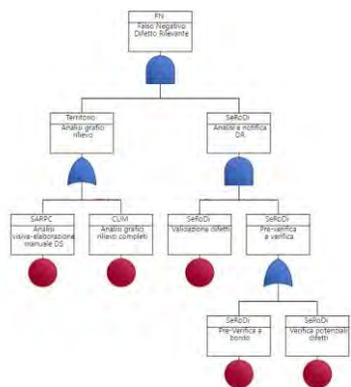


Funzione automatica di verifica e validazione

Mappatura di processo

Analisi

- **Descrizione** sequenza logica delle attività
- **Misurazione** performance (livello di sicurezza) in termini di **THR**



Progettazione

- **Definizione** sequenza logica delle attività
- **Definizione** architettura sistemi
- **Definizione** requisiti **obiettivo** sistemi in termini di **TFFR** a partire dal **THR** «as-is»
- **Verifica** di «sostenibilità» architettura

Funzione automatica di verifica e validazione

Principi analisi

Approccio norme EN 5012x e 50657 per:

Definire i requisiti della funzione di sicurezza di verifica e validazione in modo da garantire il SIL atteso (n° fallimenti tollerabili)

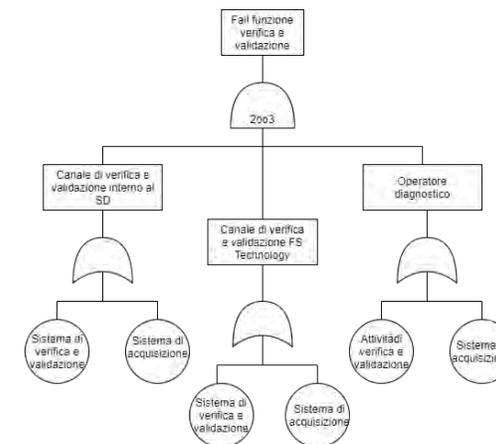
Definire il processo/funzione nei suoi sistemi componenti, architetture presenti, meccanismi di controllo, analisi e gestione modalità di fallimento

Definire requisiti funzionali e requisiti di integrità della sicurezza dei sistemi componenti



Componente quantitativa

Determinata tramite una Analisi ad Albero dei Guasti (FTA) imponendo che il tasso di guasto della funzione fosse inferiore al THR assegnato (analisi AS-IS)



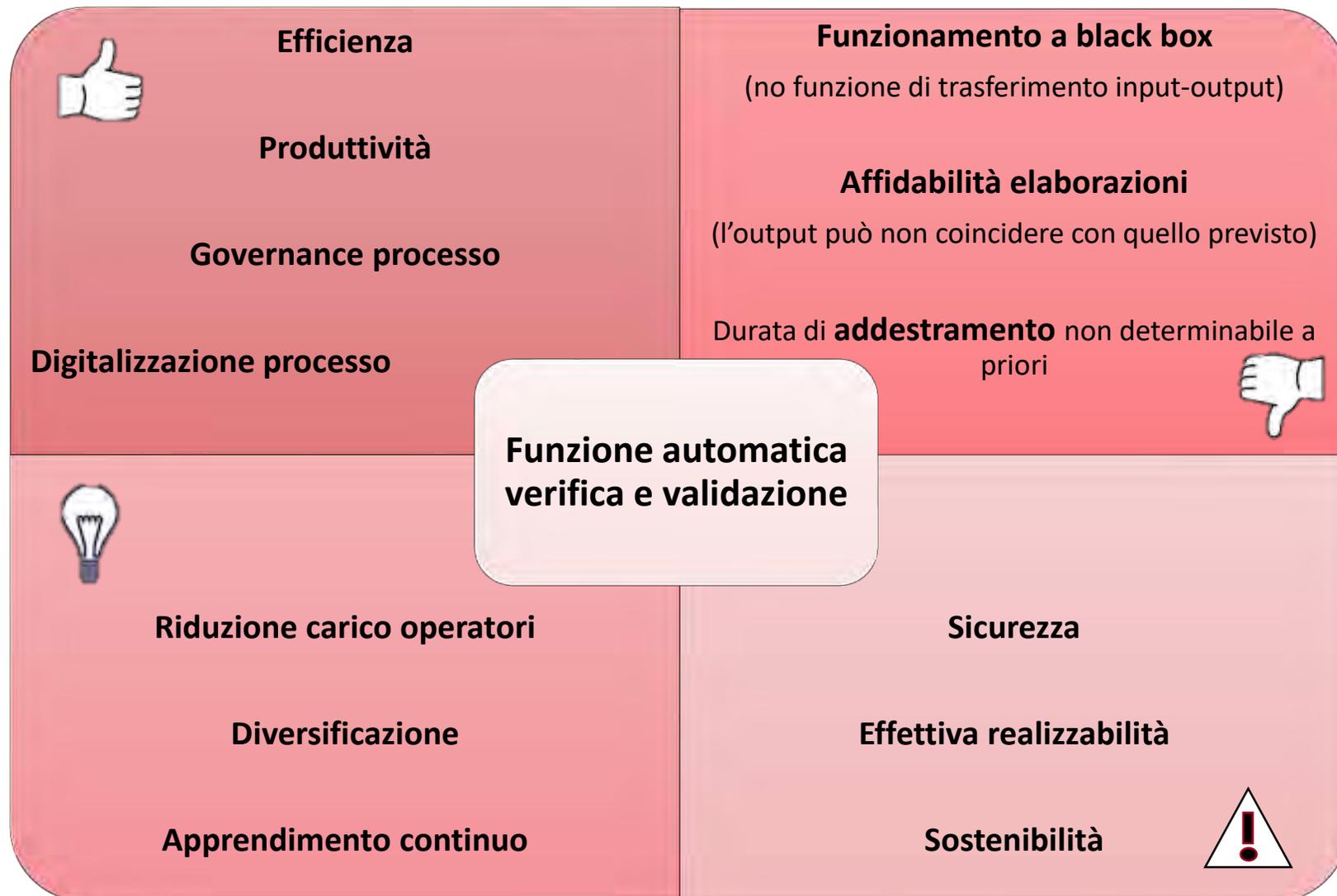
Componente qualitativa

Richiesta di sviluppo dei sistemi tramite idonei metodologie e processi

EN 50129 HW	EN 50128 SW	EN 50657 SW (on board)
Organizzazione, ruoli e responsabilità	Organizzazione, ruoli e responsabilità	Organizzazione, ruoli e responsabilità
...
...

Funzione automatica di verifica e validazione

Analisi SWOT



Funzione automatica di verifica e validazione

L'importanza del periodo di apprendimento e del giusto data set

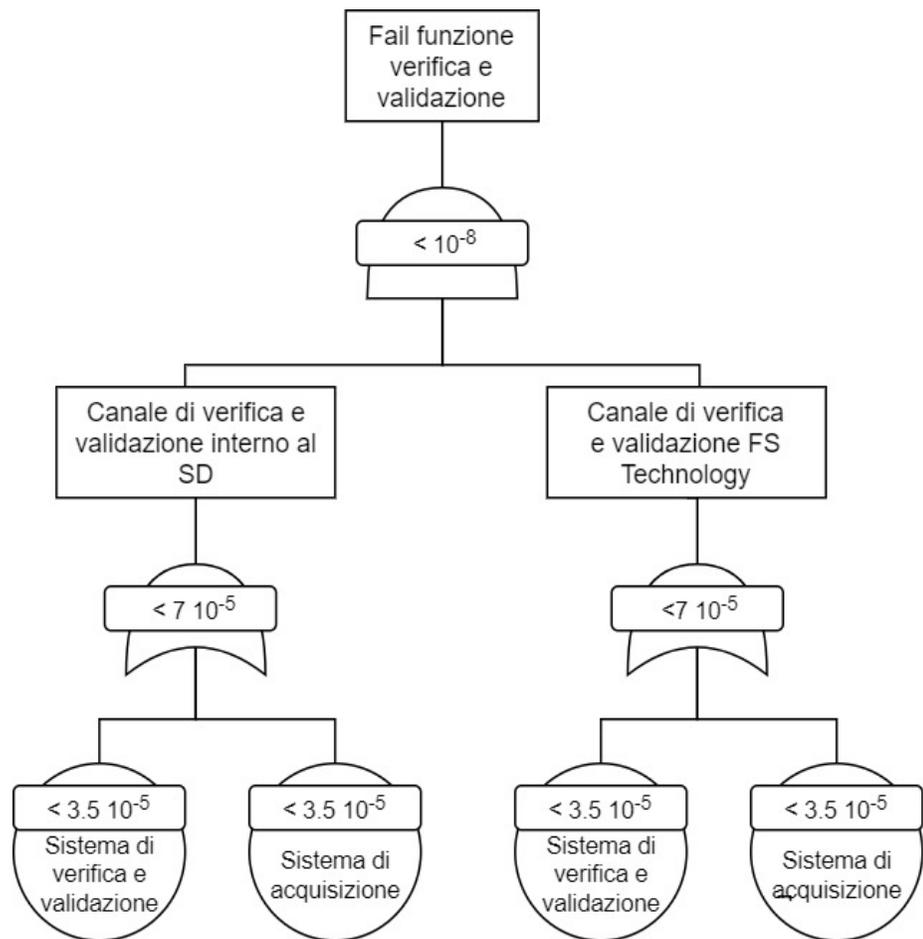
Watch: AI camera mistakes referee's bald head for ball, follows it through the match

Owing to the Covid-19 pandemic, the Inverness club had announced its decision to refrain using human camera operators and instead rely on an automated camera system to follow the action.



Funzione automatica di verifica e validazione

THR/TFFR Breakdown e analisi FTA



Da analisi "AS-IS"

$$THR \leq 10^{-8} \rightarrow TFFR \leq 10^{-8}$$



Per architettura 2oo2 [§ B.2.2 EN 50129]

$$TFFR \approx 2 \cdot FFR_i^2 \cdot T$$

Con T tempo di controllo pari a 1h $\rightarrow FFR_i \approx 7 \cdot 10^{-5}$

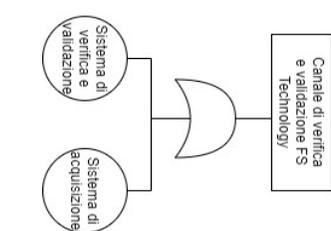
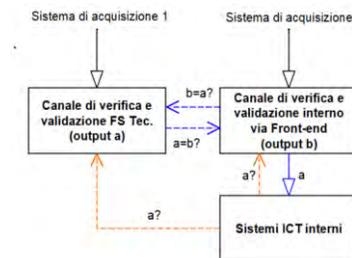
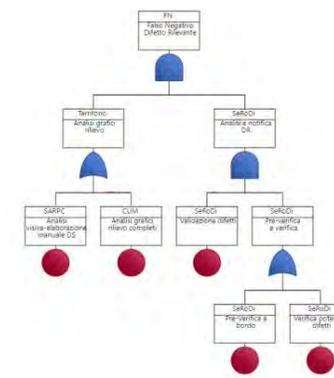


Vista la relazione di OR logico

$$TFFR \approx \sum_i TFFR_i \rightarrow TFFR_i \approx 3.5 \cdot 10^{-5}$$

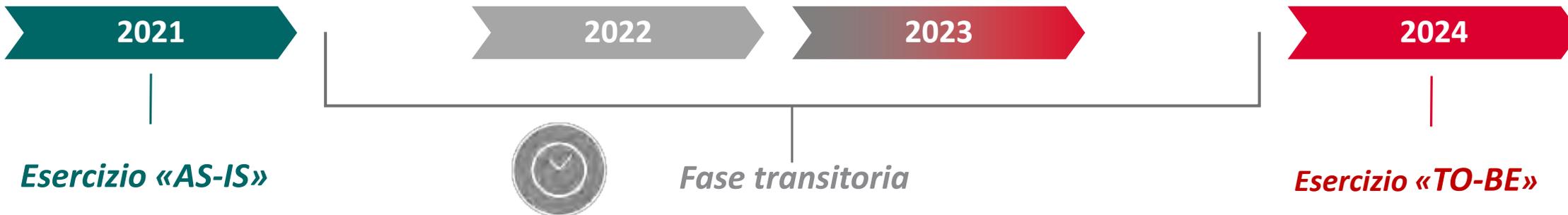
TFFR per hour and per function	Safety Integrity Level
$10^{-9} \leq TFFR < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq TFFR < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq TFFR < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq TFFR < 10^{-5}$	1

SIL TABLE



L'automazione della funzione di verifica e validazione

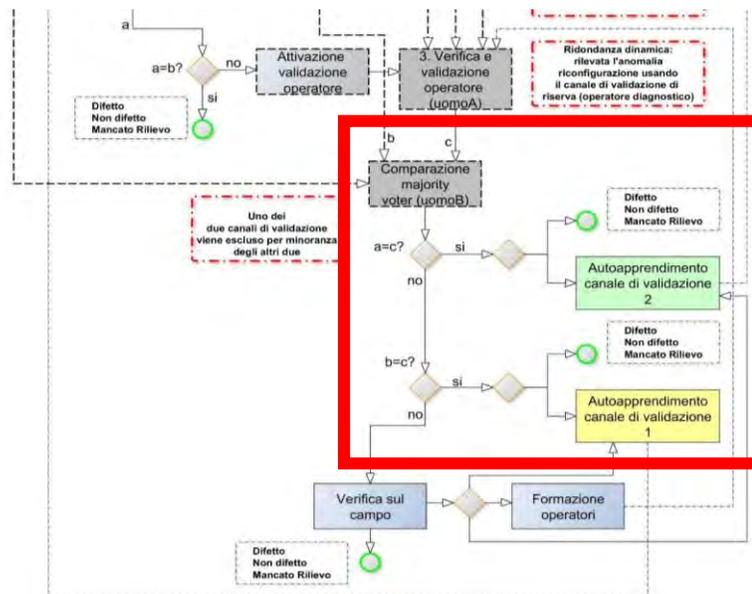
Prossimi passi



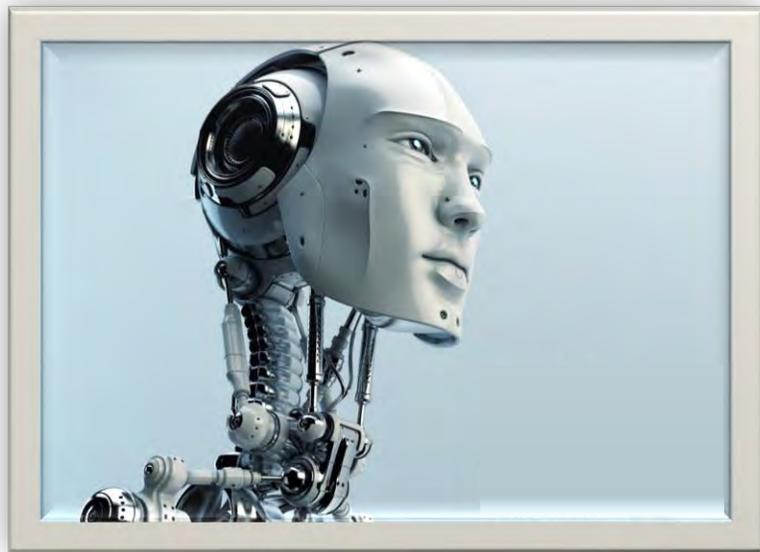
✓ Operatori diagnostici

✓ Operatore diagnostico
 ✓ Sistema AI FSTechnology

✓ Sistema Ai «Rinnovo flotta»
 ✓ Sistema AI FSTechnology
 ✓ Operatore diagnostico



Riflessione finale



L'intelligenza artificiale applicata all'analisi integrata può aiutare a meglio individuare e classificare i difetti...

...l'intelligenza artificiale può anche supportare l'analisi predittiva dei difetti...

...ma non ci dimentichiamo mai di mantenere allenati le competenze umane, ne potremmo sempre avere bisogno!





Grazie!

Marco Gallini

RFI - Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.
Direzione Produzione
Servizi per i Rotabili e per la Diagnostica

Tel. +39 06 47306543 - Mob. +39 313 8063576
m.gallini@rfi.it

Via Prenestina, 39 - 00176 Roma (Italy)