

IOT E DIAGNOSTICA VIBRAZIONALE PER UNA MANUTENZIONE DATA-DRIVEN DELLE SALE MONTATE

Autore: Federico Etori
Lucchini RS R&D Engineer

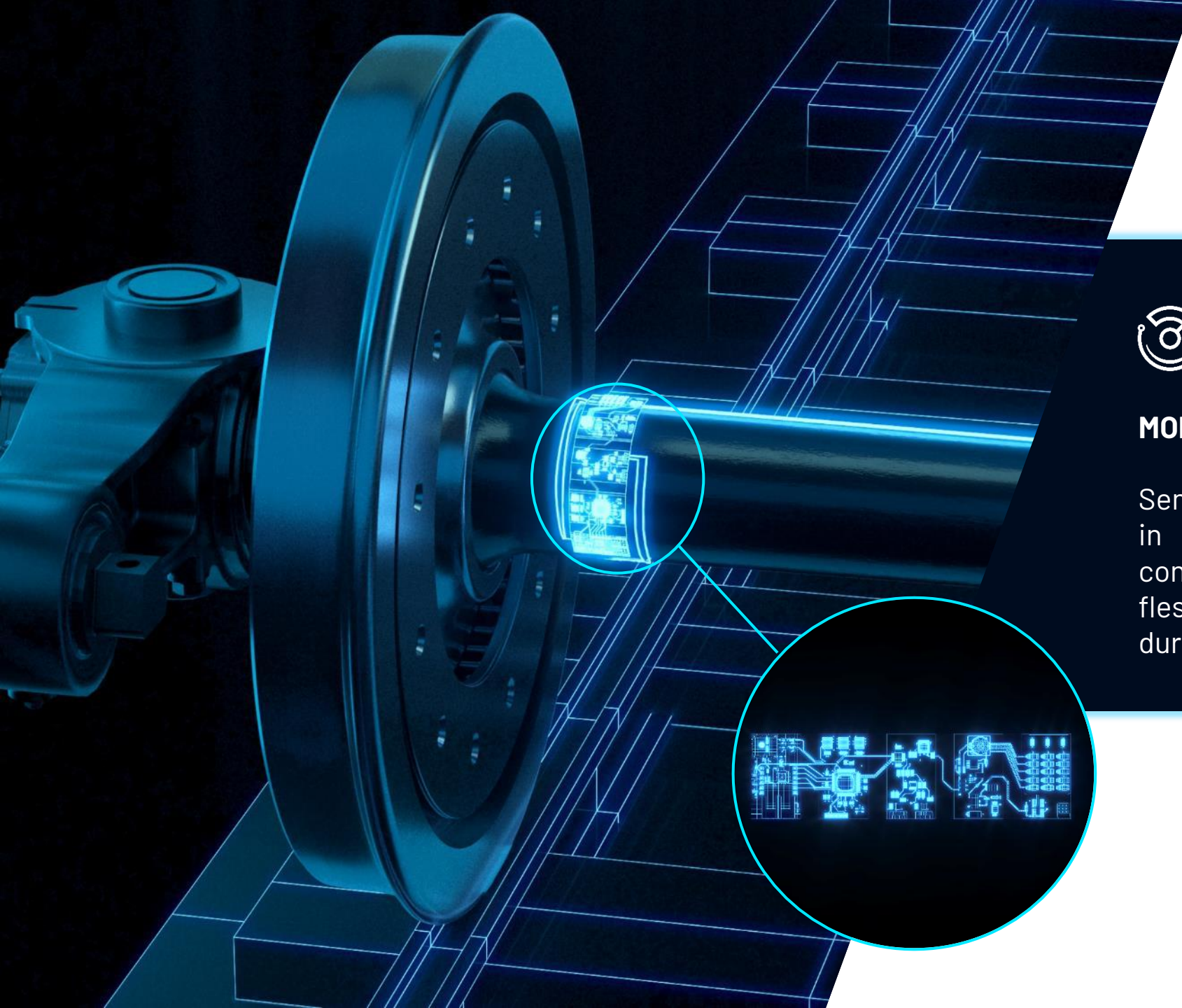


SMARTSET® SYSTEMS: le nostre innovazioni IoT per la manutenzione condition-based

Per supportare la transizione degli operatori ferroviari dalla manutenzione programmata alla manutenzione condition-based, Lucchini RS ha sviluppato SMARTSET®: una famiglia di sistemi intelligenti dotati di soluzioni avanzate di monitoraggio in esercizio delle sale montate.

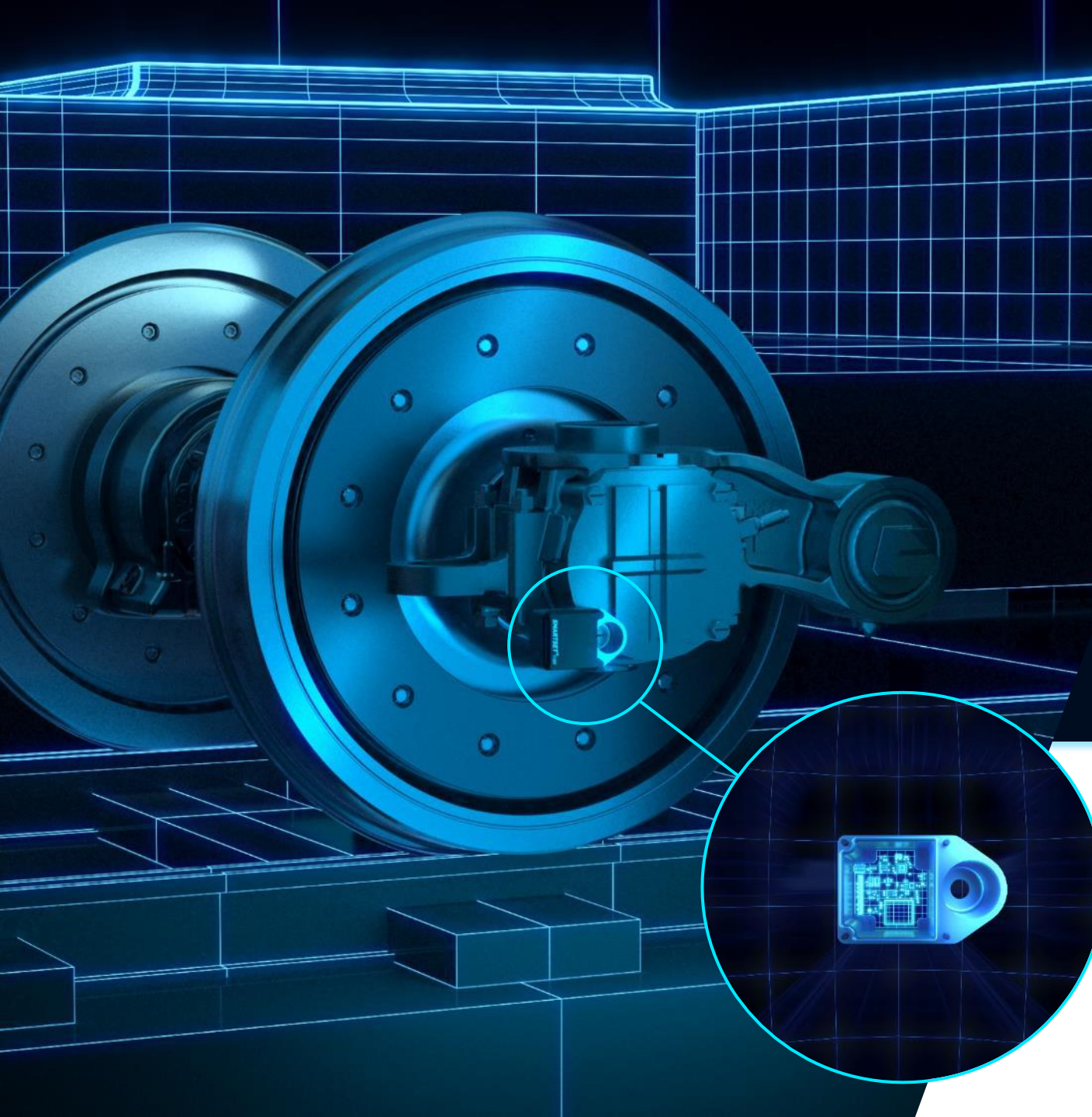
Attraverso la misura e l'elaborazione in tempo reale dei carichi e delle vibrazioni della sala montata, SMARTSET® consente una gestione della manutenzione più efficiente, sicura e sostenibile, aiutando gli operatori a ottimizzare le prestazioni e ridurre il costo totale del ciclo di vita.





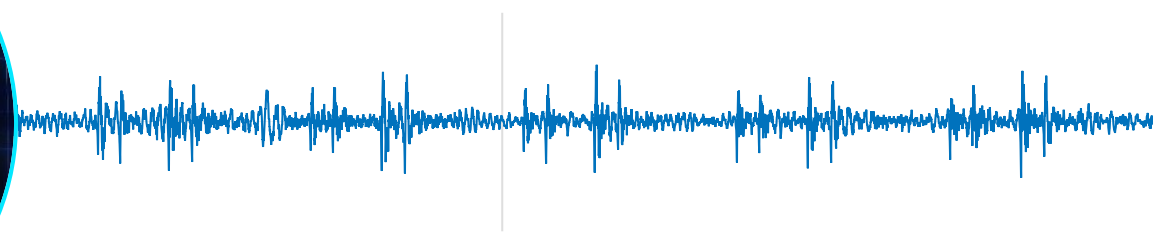
MONITORAGGIO DEI CARICHI

Sensore intelligente integrato sull'assile, in grado di misurare ed elaborare continuamente in tempo reale gli sforzi flessionali e torsionali della sala montata durante l'esercizio.



DIAGNOSTICA AVANZATA DELLE VIBRAZIONI

Sensore autonomo e intelligente che misura ed elabora in tempo reale le vibrazioni della sala montata, trasmettendo al cloud informazioni sullo stato in servizio



SMARTSET® VIBE - SCENARIO

A causa della mancanza di informazioni in tempo reale sullo stato dei componenti della sala montata e di modelli predittivi avanzati, le ispezioni visive vengono eseguite con una frequenza superiore al necessario



Le ispezioni visive consentono l'individuazione esclusivamente di difetti di grandi dimensioni



La manutenzione dei componenti della sala montata non è armonizzata



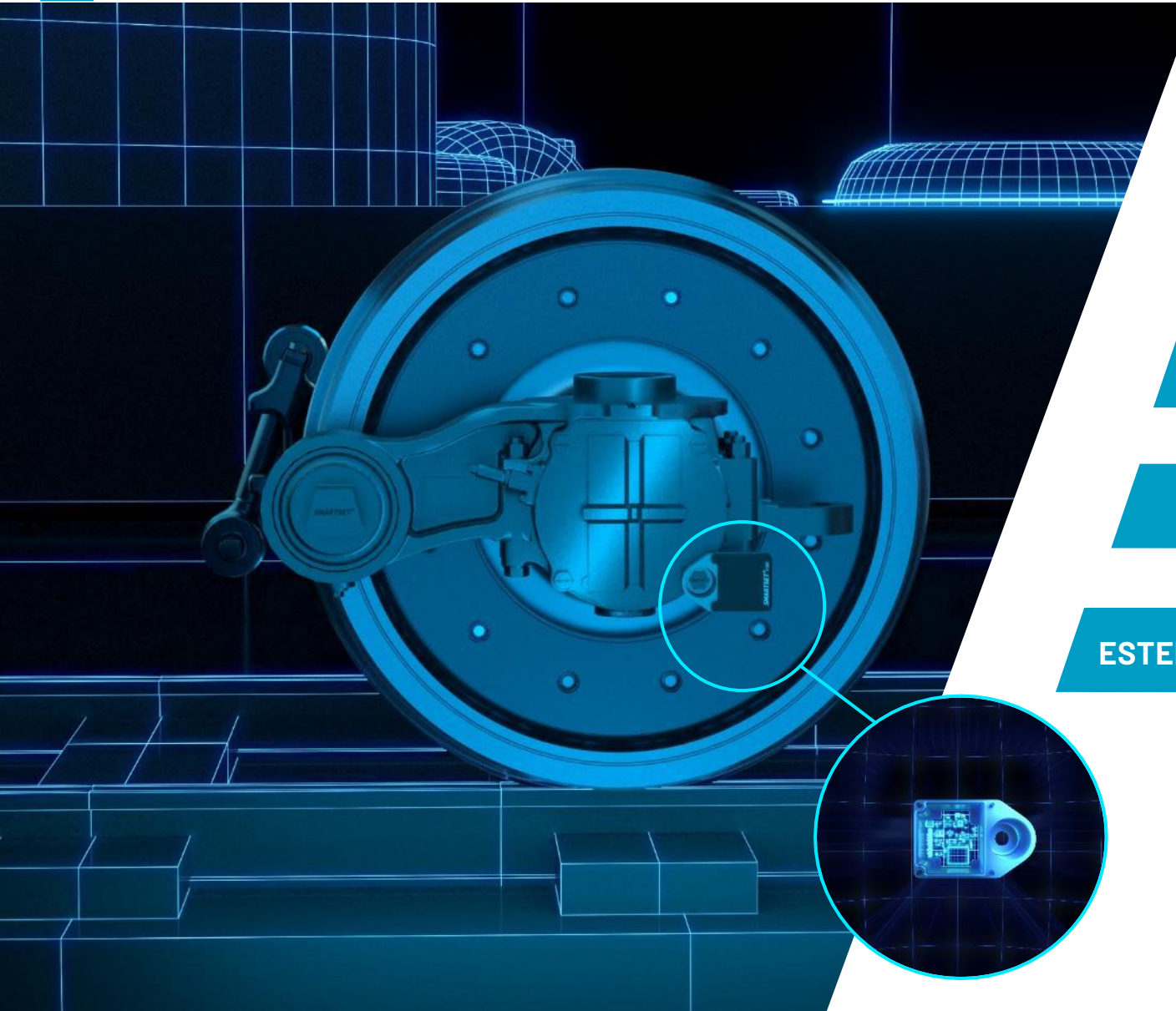
La vita utile di alcuni componenti non viene pienamente sfruttata



Il Life Cycle Cost (LCC) della sala montata risulta più elevato del necessario

SMARTSET® SYSTEMS

PERCHÉ SMARTSET® VIBE



IDENTIFICAZIONE PRECOCE DI DANNEGGIAMENTI IN ESERCIZIO DEL PROFILO RUOTA E DEI CUSCINETTI

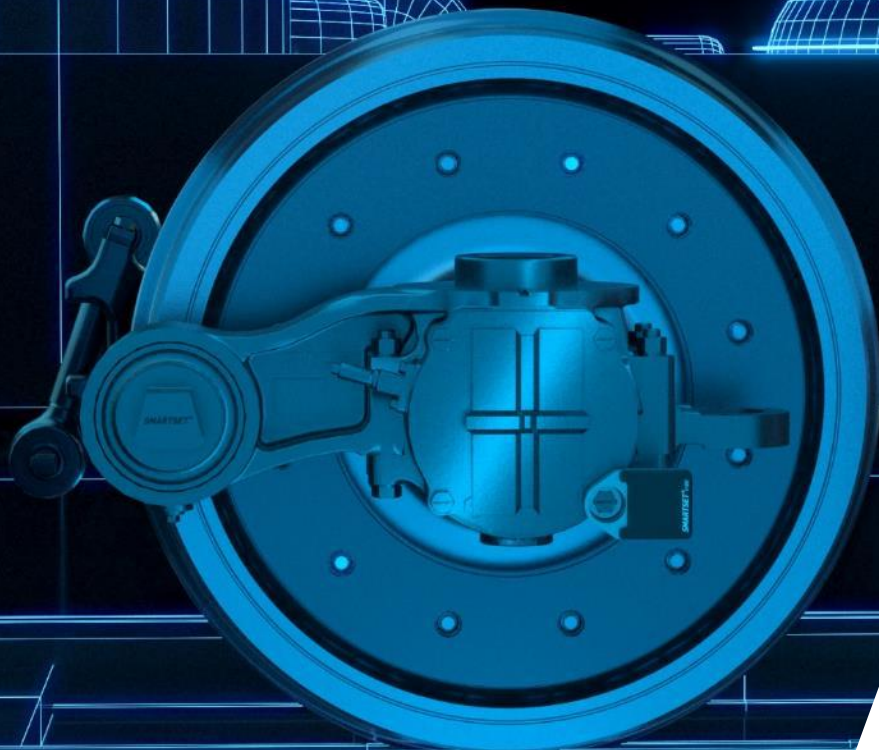
RILEVAMENTO DI ULTERIORI ANOMALIE IN ESERCIZIO

ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ MANUTENTIVE SOLO QUANDO NECESSARIO

ESTENSIONE DELLA VITA UTILE DI RUOTE E CUSCINETTI

...per migliorare continuamente l'efficacia del sistema di manutenzione

LAYOUT



✓ **Installazione semplice**

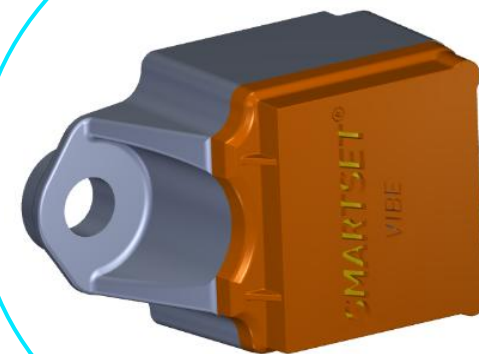
Fissaggio tramite una sola vite sul coperchio della boccia. Non sono richieste modifiche al veicolo.

✓ **Completamente autonomo**

Alimentazione integrata e trasmissione dati LTE 4G

✓ **laborazione real-time**

Analisi delle vibrazioni mediante algoritmi avanzati



COME FUNZIONA

ALIMENTAZIONE

Batteria primaria integrata (durata 3-4 anni, in funzione della frequenza di trasmissione dati)

MISURE ACQUISITE A INTERVALLI DEFINITI (ES. OGNI 15 MINUTI)

- Accelerometro 3D (range 32 g)
- Temperatura

TEMPERATURA OPERATIVE

Da -40 °C a +80 °C

DIMENSIONI e PESO

Custodia IP68 (corpo in alluminio con cover plastica)
97 × 80 × 66 mm (vedere disegno dedicato); Peso: 500 g

TRASMISSIONE DATI A INTERVALLI DEFINITI

LTE-4G

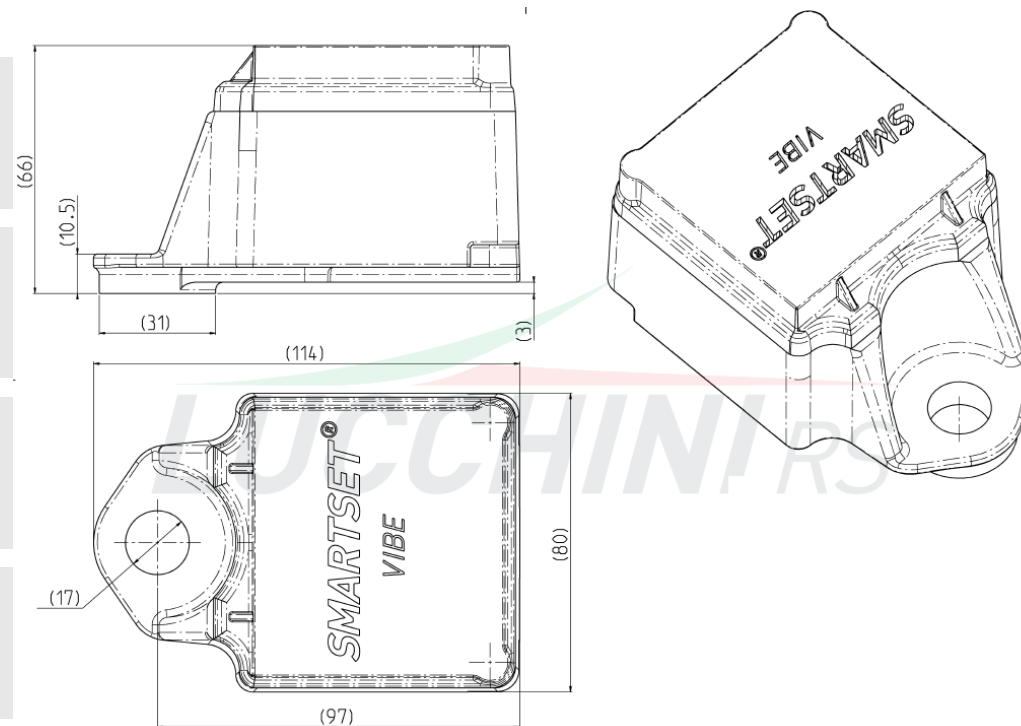
MICROPROCESSORE

Firmware dedicato per edge data computing: elaborazione in tempo reale dei segnali vibrazionali tramite algoritmi sviluppati per ciascuna tipologia di difetto.

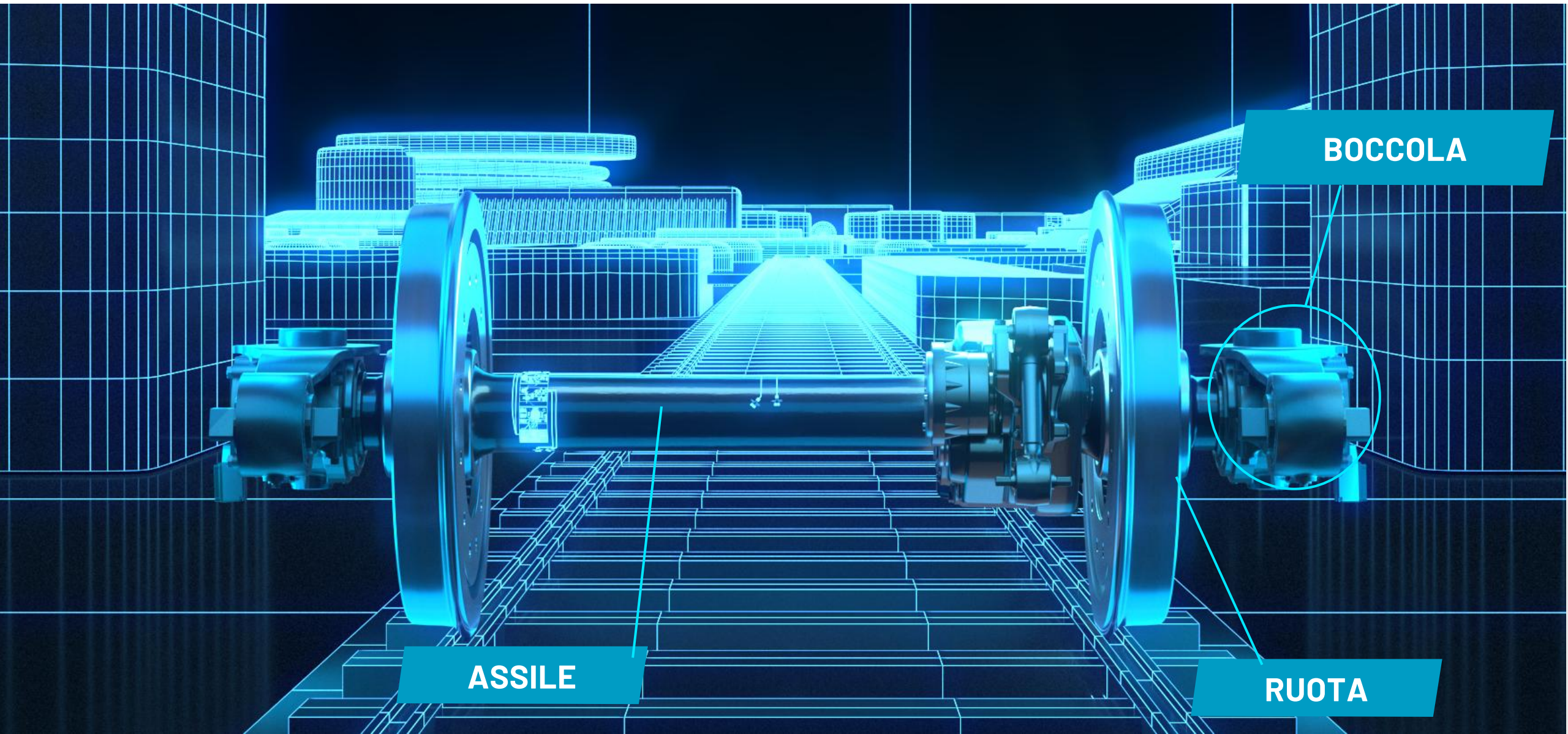
CERTIFICAZIONI

Flammability (UL94 - ISO 1210 V-0) **EMC** (EN 50121-3-2) **Vibration** (EN 61373) **Thermal tests** (-40,+80 °C cycles)

SCHEDA TECNICA



COMPONENTI MONITORATE



BOCCOLA

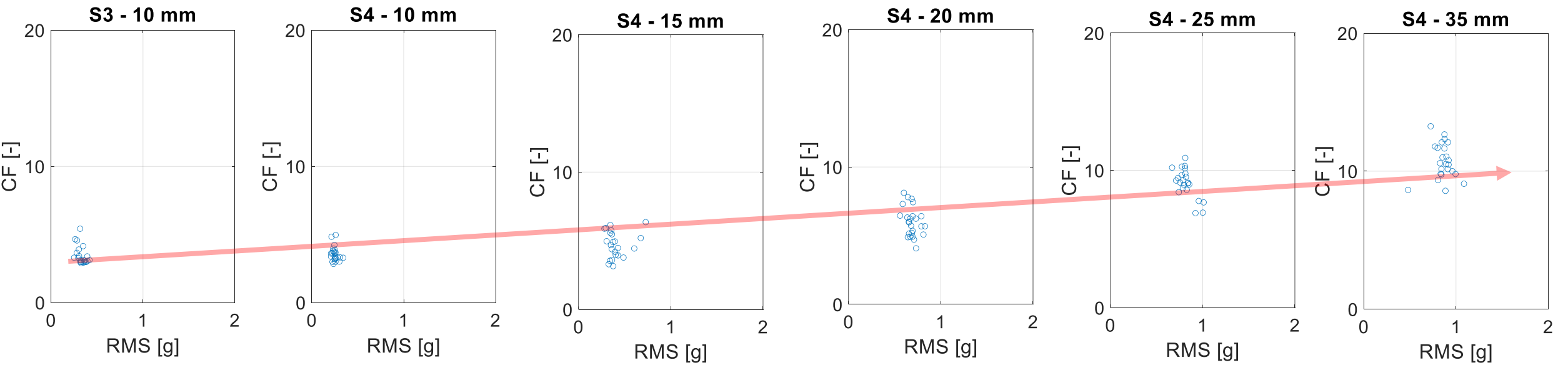
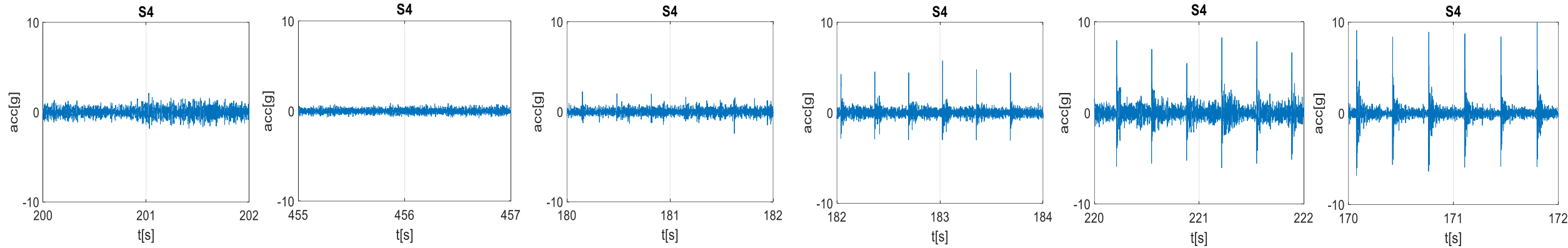
ASSILE

RUOTA

IDENTIFICAZIONE DI DIFETTI SU RUOTA

Risultati dalla campagna prove sul circuito di San Donato

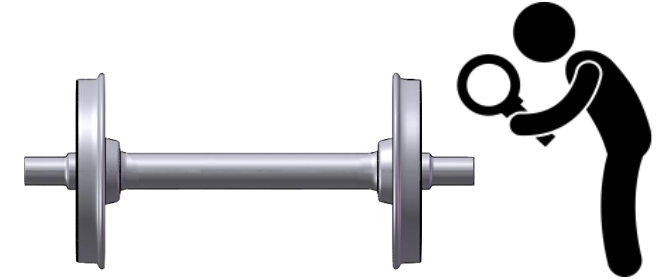
- Sperimentazione con difetti artificiali di diverse dimensioni
- Validazione degli algoritmi per la rilevazione dei difetti sulla tavola di rotolamento ruota
- Dimostrazione della elevata sensibilità del sensore Smartset Vibe



IDENTIFICAZIONE DI DIFETTI SU RUOTA

Creazione delle soglie e suggerimenti di intervento

- L'indicatore definito (CF) permette di calcolare la dimensione del difetto
- Le soglie di accettabilità sono stabilite dalla normativa UNI EN 15313
- Per una data velocità, è possibile stabilire dei valori soglia relativamente all'indicatore:
 - Suggerimento di ispezione visiva per approfondire
 - Necessaria riparazione
 - Non accettabile

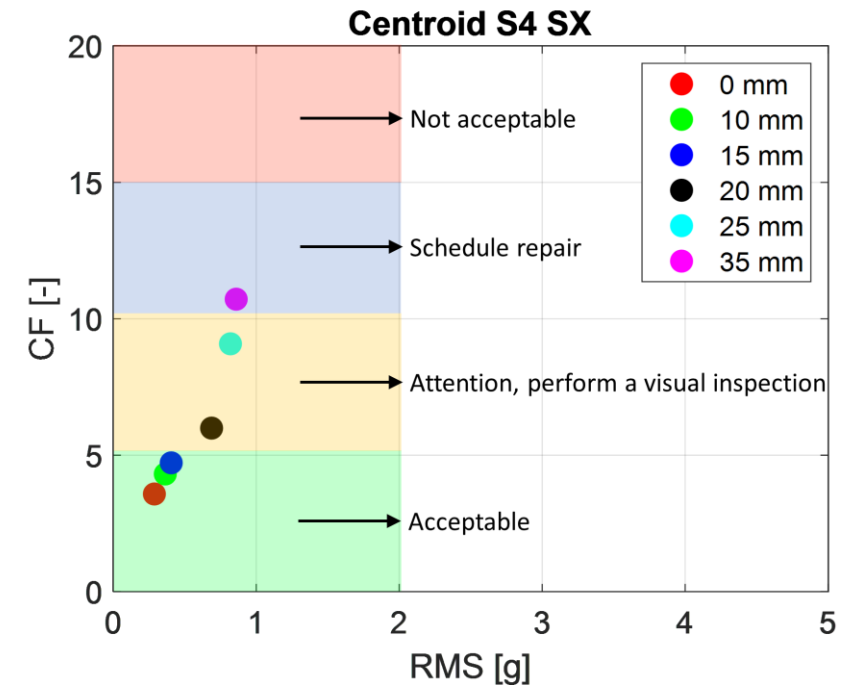


Date le dimensioni dell'assile ($840 < D < 1000$ mm) e i carichi (Axle Load $160 < M < 200$ t) si ricava una **dimensione massima pari a 50 mm**

Table 7 — Limit lengths of wheel tread defects

M (t)		M ≤ 18			18 < M ≤ 22.5				22.5 < M		
V (km/h)		V ≤ 160	160 < V ≤ 200	200 < V	V ≤ 120	120 < V ≤ 160	160 < V ≤ 200	200 < V	V ≤ 100	100 < V ≤ 120	120 < V
D (mm)	1 000 < d	80	60	40	80	60	50	35	X	X	X
	840 < d ≤ 1 000	60	50	30	60	50	35	25	60	50	30
	630 < d ≤ 840	40	30	25	40	30	25	20	40	X	X
	550 < d ≤ 630	35	25	X	X	X	X	X	X	X	X
	d < 550	30	X	X	X	X	X	X	X	X	X

M: axle load in tonnes (t).
 d: actual wheel diameter
 X: reserved (no application known)



IDENTIFICAZIONE DI DIFETTI SU RUOTA

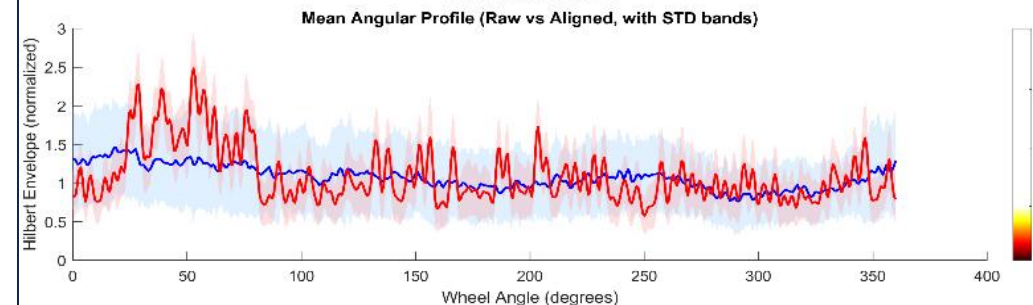
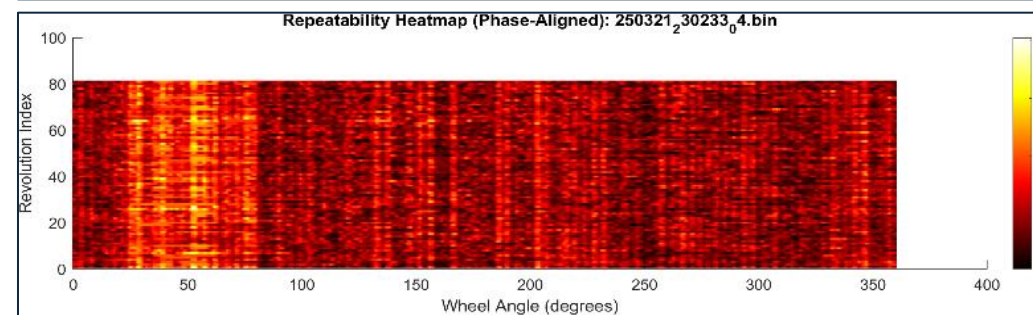
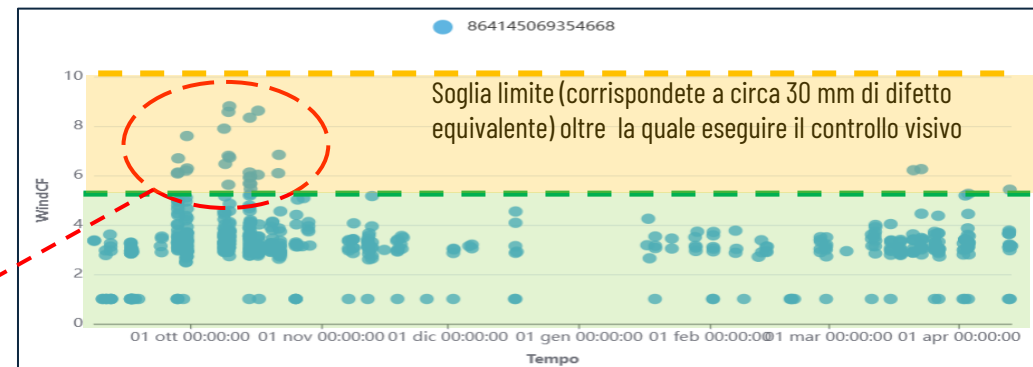
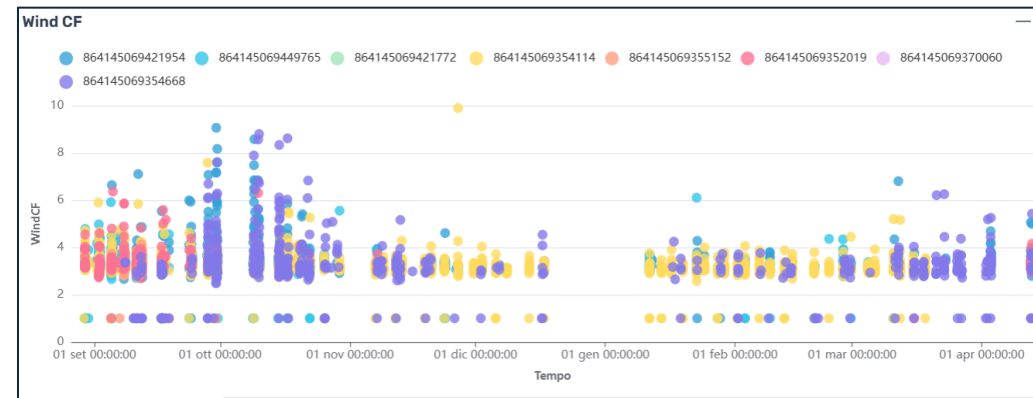
Esperienza dall'esercizio

SMARTSET® LOAD
Gestisci gateway del treno

Gateway disponibili (Non assegnati)

ID: 37:22:77:80:db:c1
Carrozza: 1

Sx	Dx	CARROZZA	CARRELLO	SALA	RUOTA	BOCCOLA - CUSCINETTO	SMARTSET® VIBE
<p>Tradizionale 1</p>	<p>Seriali Carrozza 94834522828-2</p> <p>Tradizionale Pos. 1</p> <p>Gateways 37:22:77:80:db:c1</p>	<p>Seriali Carrozza 94834522828-2</p> <p>Tradizionale Pos. 1</p> <p>Gateways 37:22:77:80:db:c1</p>	<p>Seriali Carrello CMT5</p>	<p>Seriali Sala UN90432</p> <p>Riduttore 000444</p> <p>SMARTSET® LOAD 49176 49174</p>	<p>Sx Seriali Ruota N22006930053</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055808855</p>
				<p>Dx Seriali Ruota N22006930066</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055808772</p>	
				<p>Sx Seriali Ruota N22006940057</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055809598</p>	
				<p>Dx Seriali Ruota N22006940056</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055809333</p>	
				<p>Sx Seriali Ruota N22012060088</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055809234</p>	
				<p>Dx Seriali Ruota N22012060038</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055761807</p>	
	<p>Seriali Carrello CM6</p>	<p>Seriali Sala UN90469</p> <p>Riduttore 000480</p>	<p>Sx Seriali Ruota N22012060042</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055809556</p>		
		<p>Seriali Sala UN90470</p> <p>Riduttore 000474</p>	<p>Dx Seriali Ruota N22012060043</p>	<p>Boccola - -</p> <p>Cuscinetto -</p>	<p>IMEI Sensore 867730055809481</p>		

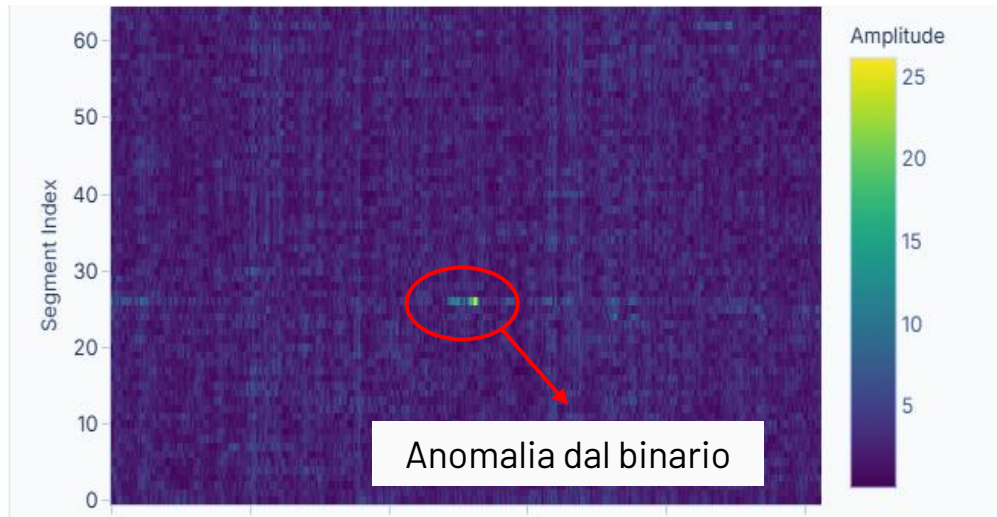
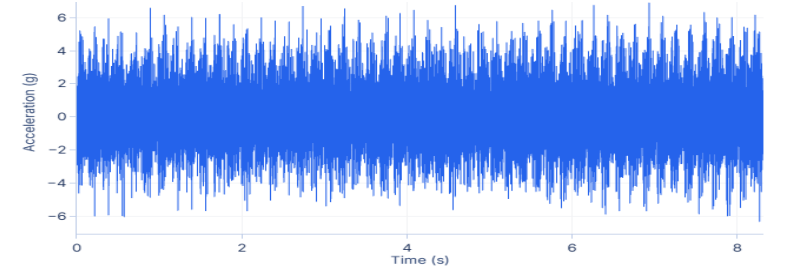
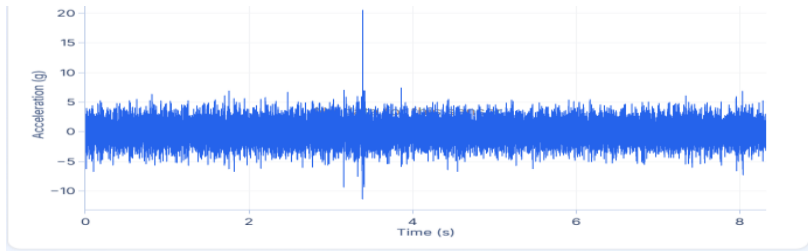


- Si è visto che tal volta i difetti tendono a diminuire di dimensione
- Smartset Vibe permette di monitorare l'evoluzione di questi difetti e capire se tendono a peggiorare e serve intervenire

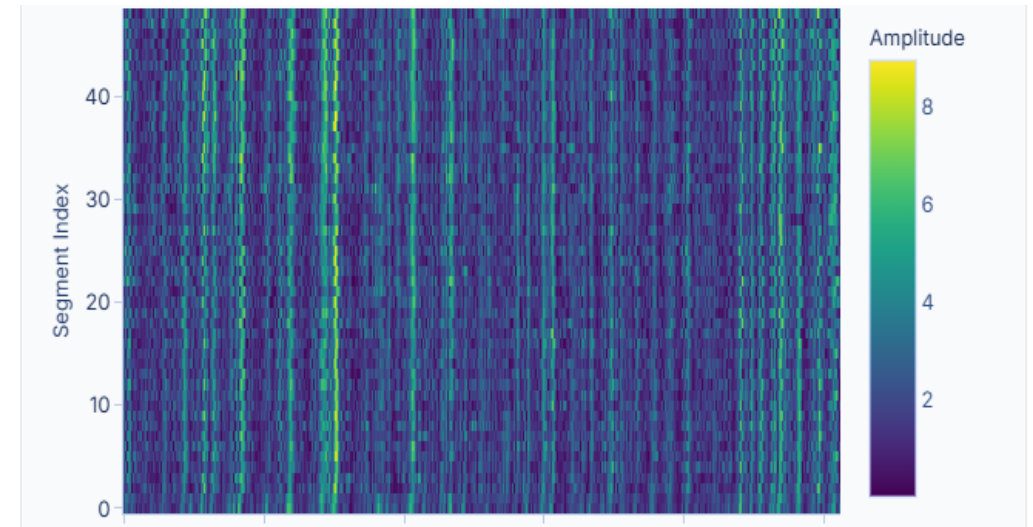
ELIMINAZIONE DA EFFETTI STOCASTICI DELLA TRATTA

Processamento del segnale e algoritmo di rifasamento

Il sensore è in grado di riconoscere automaticamente le anomalie riconducibili all'infrastruttura e di filtrarle dall'analisi diagnostica della sala montata, utilizzando il riferimento del segnale giro ruota.



filtraggio



Nella versione attuale il sistema è dedicato al monitoraggio della sala e non dell'infrastruttura, quindi l'acquisizione dei segnali avviene ad intervalli definiti e non in modalità continua. Tuttavia, sono in corso sviluppi dedicati anche a questa nuova applicazione.

IDENTIFICAZIONE PRECOCE DEI DIFETTI SU CUSCINETTI

Struttura e validazione degli algoritmi di identificazione dello stato di salute dei cuscinetti

DANNEGGIAMENTI A FATICA DEI CUSCINETTI



BENEFICI:

- Il tempo di vita dei cuscinetti può essere estesa fino a quella delle ruote
- Il tempo di vita del sistema ruota-cuscinetti può essere massimizzata

Componenti dei cuscinetti monitorati:



Pista esterna



Rulli



Pista interna

IDENTIFICAZIONE PRECOCE DEI DIFETTI SU CUSCINETTI

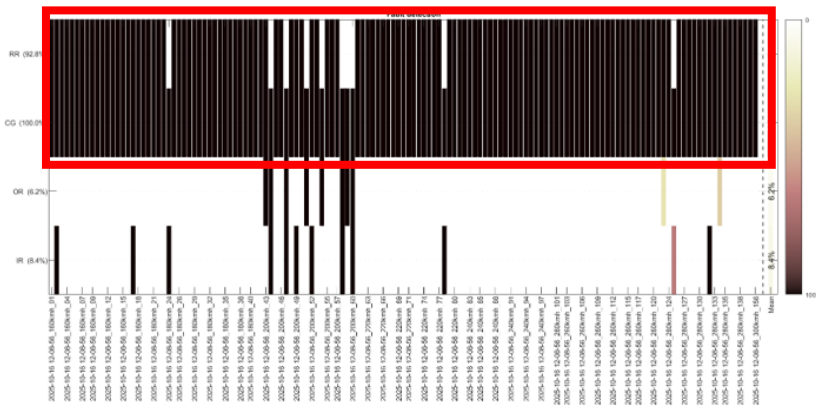
Struttura e validazione degli algoritmi di identificazione dello stato di salute dei cuscinetti

- Difetti su ogni componente del cuscinetto possiedono una specifica frequenza di vibrazione.
- Applicando un filtraggio e analizzando l'energia associata a queste frequenze, è possibile ricavare un indicatore rappresentate i difetti sullo specifico componente.
- Gli indicatori vengono monitorati nel tempo (analisi dei trend)

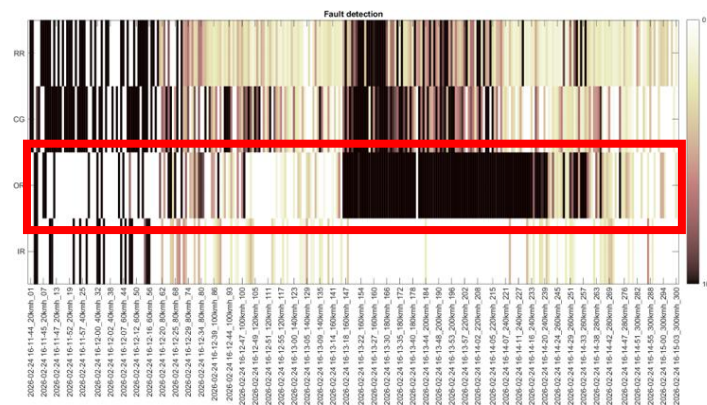


Per la validazione degli algoritmi sono stati eseguiti test su un banco prova praticando difetti artificiali sulle varie componenti

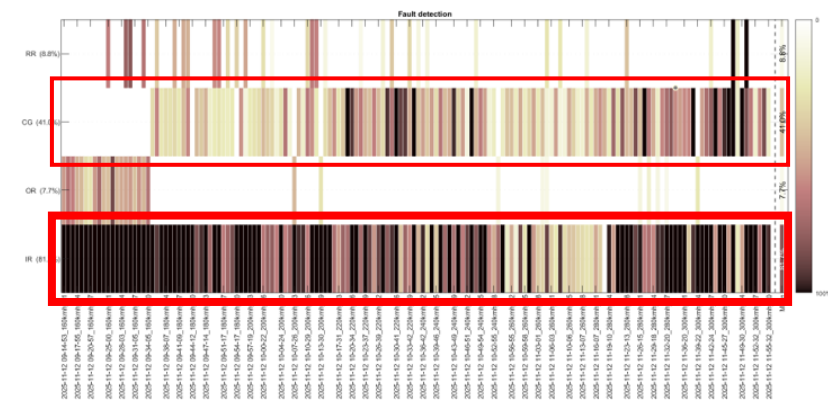
Difetti su rulli e gabbia



Difetti su pista esterna



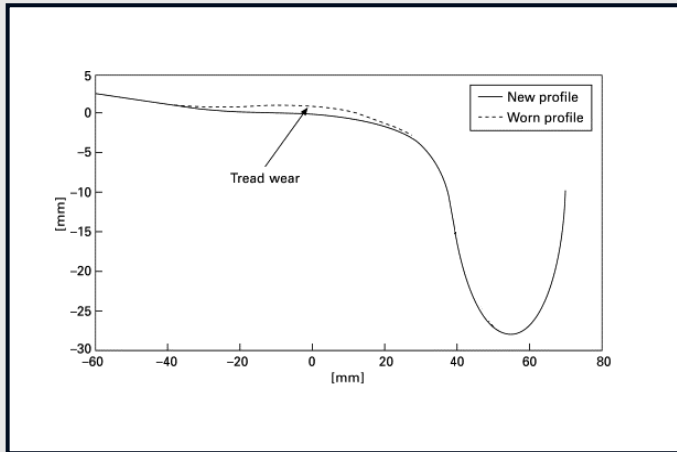
Difetti su pista interna e gabbia



IDENTIFICAZIONE PRECOCE DELL'USURA DEL PROFILO RUOTA

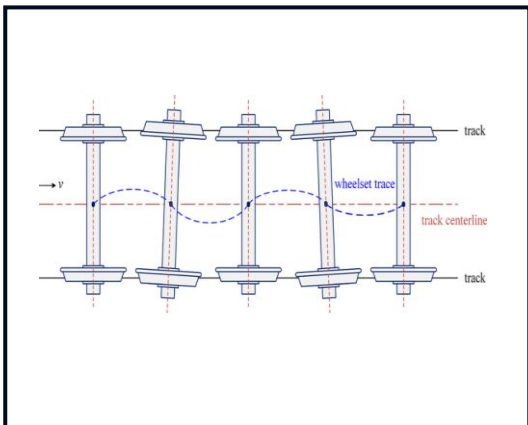
Struttura dell'algoritmo di identificazione dello stato di usura delle ruote

USURA DEL PROFILO RUOTA IDENTIFICATO MONITORANDO IL SERPEGGIO

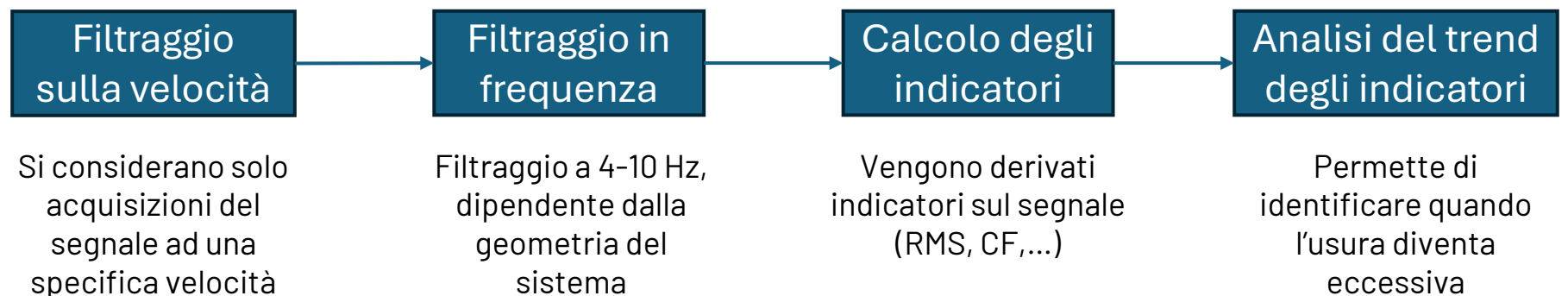


BENEFICI:

- La riprofilazione della ruota viene eseguita quando necessaria
- Il tempo di vita delle ruote può essere massimizzato



Schema di funzionamento dell'algoritmo:



IDENTIFICAZIONE DI ALTRI DIFETTI IN ESERCIZIO

CRACK IN THE AXLE

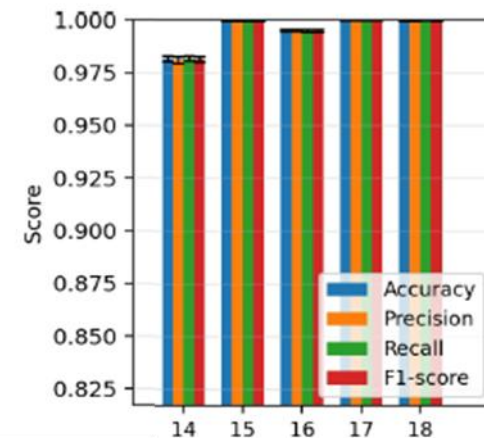


BENEFITS:

- Extreme events of axle fracture can be prevented
- Provide alert in advanced to safely retire the axle from service

- Gli indicatori utilizzati per l'identificazione delle cricche sono costruiti partendo dalle armoniche di 2-3 grado del giro ruota;
- Un modello di machine learning (classificatore KNN) è stato sviluppato basandosi su dati ricavati su un banco prova per un assile con cricche di elevate dimensioni (10-14 mm);
- Il sistema riconosce correttamente la presenza della cricca sull'assile.

L'algoritmo di identificazione della cricca sull'assile è ancora in fase di studio e validazione



INSTALLAZIONE

STUDIO DI FATTIBILITA' e
PREPARAZIONE DEL MATERIALE

1 SETTIMANA

INSTALLAZIONE della
SALA MONTATA

15 MINUTI
per sala montata



Nessuna modifica
del design
Nessuna
certificazione
aggiuntiva richiesta

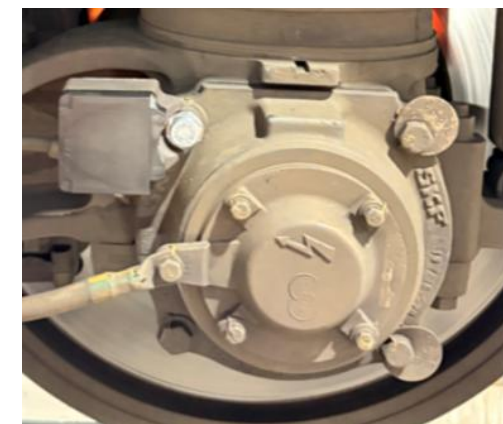


Certificazioni:

- 1302/2014/EU
- EN 50155
- EN 50121-3-2
- EN 61373
- TSI (in Corso)

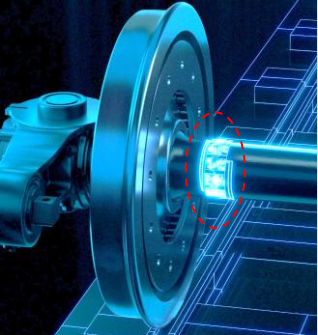

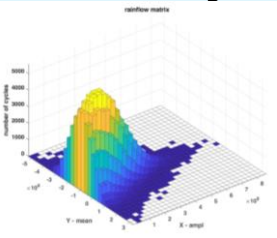

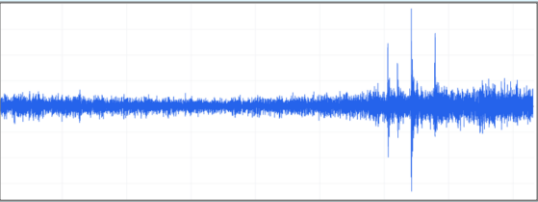
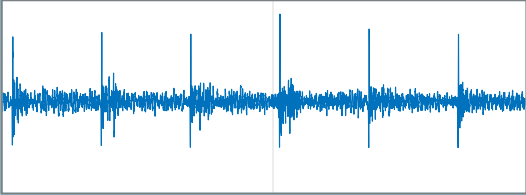


Impatto minimo sul
veicolo: può essere
installata su sale
montate nuove o in
esercizio



SMARTSET® VIBE è impiegato in diversi progetti pilota su svariate tipologie di veicoli — merci, passeggeri, tram e metropolitane — con l'obiettivo di affinare gli algoritmi di rilevamento difetti e dimostrare concretamente ai clienti i benefici operativi e manutentivi della soluzione.

PIATTAFORMA SMARTSET

	<h3>SMARTSET LOAD</h3> <p>Monitoraggio degli sforzi flessionali e torsionali dell'assile</p>	<h3>SMARTSET VIBE</h3> <p>Monitoraggio delle vibrazioni della sala montata</p>	
<p>Spettri di carico dell'assile (Rainflow counting matrix)</p> 	<p>Geolocalizzazione dei carichi elevati</p> 	<p>Geolocalizzazione dei pattern vibrazionali</p> 	<p>Identificazione dei pattern di vibrazione</p> 
<p>Definizione degli intervalli NDT in funzione dell'esercizio Validazione del design della sala montata</p>	<p>Monitoraggio delle condizioni dell'infrastruttura, con identificazione e localizzazione delle variazioni dello stato del binario</p>		<p>Rilevamento di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difetti su ruota • Instabilità di serpeggio • Difetti su cuscinetti



Scopri i potenziali risparmi della tua flotta con SMARTSET® LOAD

Scopri in pochi clic quanto puoi ottimizzare costi, manutenzione e disponibilità dei tuoi treni. Con il configuratore SMARTSET® LOAD ti basta inserire la dimensione della flotta, l'intervallo UT previsto dal manuale tecnico e i principali parametri economici per ottenere subito una simulazione chiara dei benefici potenziali.

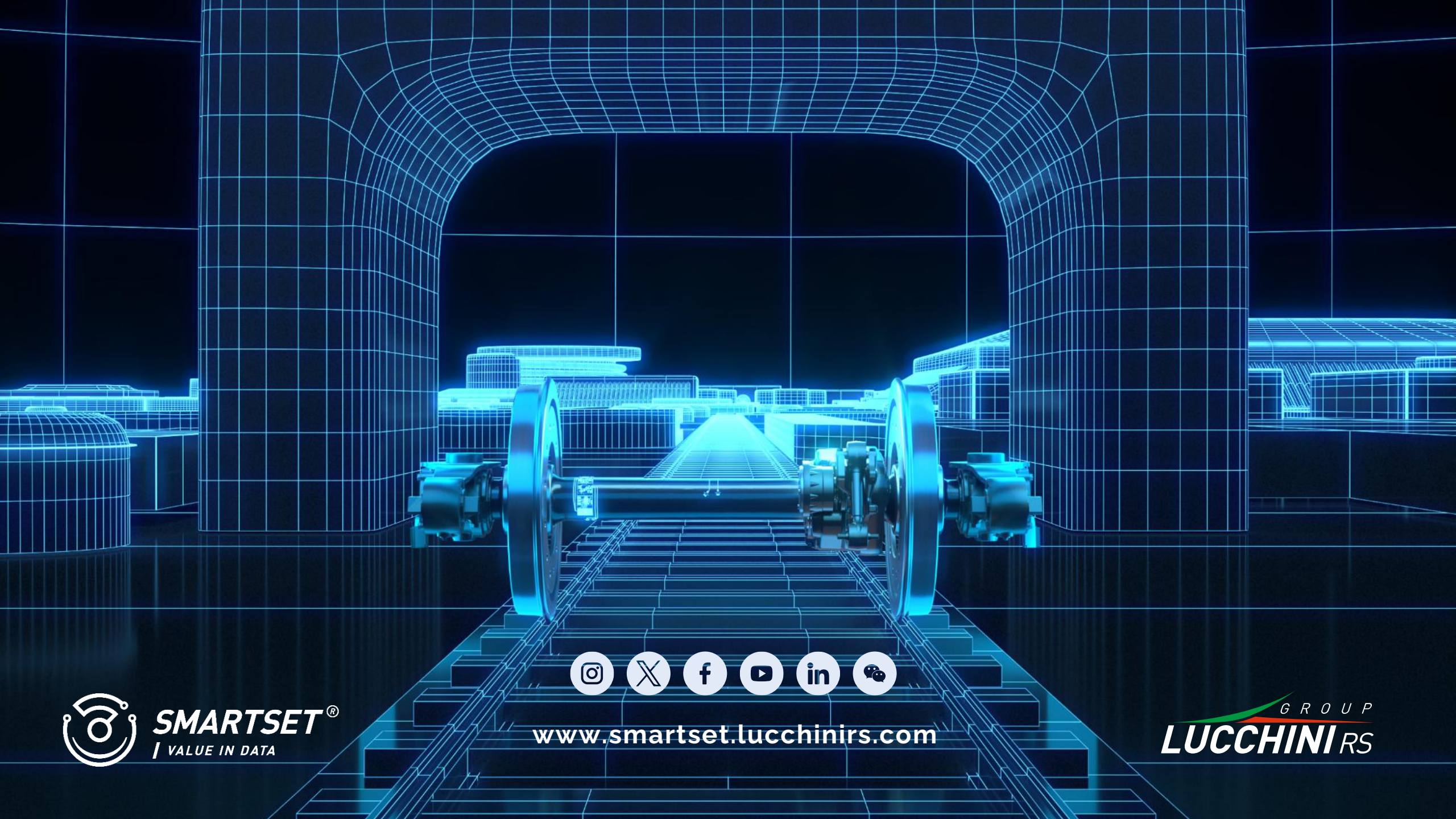




GET CONNECTED



Scopri maggiori informazioni sulle nostre soluzioni di Condition Monitoring e su come possiamo collaborare per aumentare gli intervalli manutentivi e la disponibilità della tua flotta.



www.smartset.lucchinirs.com

