

IL NUOVO VEICOLO STRADA-ROTAIA PER LA DIAGNOSTICA DELLE RETI FERROVIARIE URBANE E REGIONALI

*Descrizione del veicolo, delle caratteristiche tecniche
e una dettagliata panoramica dei sistemi di misura*

di **Christian OBEXER**

Plasser Italiana - Direttore Tecnico e responsabile del Competence Center for Measurement Technology

Lorenzo GAMBARIN

Eur.E.Ca. Srl

e **Paolo GENOVESI**

Dirigente RFI a r.

Sommario

Plasser & Theurer amplia la sua gamma di veicoli di misura con l'InfraSpector Truck, un innovativo veicolo strada-rotai. Questo veicolo è stato sviluppato appositamente per l'uso nelle reti ferroviarie urbane e regionali. Con l'InfraSpector Truck è possibile misurare con precisione l'infrastruttura ferroviaria, combinando la flessibilità di un veicolo strada-rotai con tecnologie di misurazione avanzate. Il Truck fornisce spazio sufficiente per tutti i sistemi di misurazione necessari per garantire una panoramica completa delle condizioni dell'infrastruttura. Un solo viaggio è sufficiente per ottenere una valutazione dettagliata e realistica dell'infrastruttura ferroviaria. Questo veicolo offre un servizio di misura in tutta Europa. L'accreditamento come laboratorio di prova mobile, secondo le norme vigenti, garantisce un'elevata qualità e affidabilità dei dati di misura.

Introduzione

Il rilevamento dell'infrastruttura ferroviaria è uno strumento essenziale per garantire la sicurezza e l'efficienza del trasporto ferroviario. Già alla fine del 19° secolo iniziò lo sviluppo di veicoli di misurazione per il monitoraggio della rete ferroviaria. Originariamente, questi sistemi si basavano su soluzioni puramente meccaniche, che sono state integrate nel tempo da sistemi elettromeccanici. Oggi sono disponibili sistemi di misurazione ottica e inerziale all'avanguardia, nonché tecnologie basate

su radar, per fornire una visione olistica delle condizioni dell'infrastruttura ferroviaria ed aumentare così la sicurezza e l'efficienza del traffico ferroviario.

I veicoli di misura semoventi o le unità trainate vengono utilizzati come supporti per i sistemi di misurazione. La tecnologia viene sempre più spesso installata anche su mezzi passeggeri e merci. Tutte queste soluzioni consentono di effettuare misurazioni a velocità rappresentative e sotto carico, in condizioni operative reali. Ciò è particolarmente importante per il monitoraggio della geometria del binario, come specificato anche nella norma EN13848-1.

I veicoli bimodali di misurazione, che sono stati a lungo standard in paesi come gli Stati Uniti e l'Australia, stanno diventando sempre più popolari sulle reti ferro-tramviarie urbane e regionali.

Questi veicoli offrono una maggiore flessibilità e, a seconda della configurazione, consentono anche misurazioni sotto carico.

Con InfraSpector-Truck, abbiamo deciso di adottare questo approccio. Il nostro obiettivo era quello di progettare il veicolo, in modo tale da effettuare misurazioni in condizioni reali e che ci fosse spazio sufficiente per tutta la tecnologia di misurazione, al fine di consentire una valutazione completa delle condizioni dell'infrastruttura ferroviaria in un solo passaggio.

Nella figura 1 viene presentato l'InfraSpector Truck, costruito da Plasser Italiana in collaborazione con Eur.E.Ca. Srl.



Fig. 1 - InfraSpector Truck

Descrizione Veicolo strada-rotaia

L'InfraSpector è un veicolo strada-rotaia, appositamente ideato per l'uso in aree urbane, comprese le reti metropolitane, tranviarie e ferroviarie. È stato progettato e costruito secondo EN15746 per veicoli strada-rotaia. Grazie ai moderni sistemi di misurazione della DRS-Alliance, è possibile eseguire un'ispezione dettagliata della massicciata del binario, della rotaia, dei deviatori e della linea aerea.

Come autotelaio base è stato scelto il Mercedes Actros nella versione 2546L; trattasi di un autocarro a 3 assi, di cui il terzo sterzante, con sospensioni pneumatiche sui 2 assi posteriori e a balestre per l'asse anteriore. Questa soluzione garantisce un alto carico assiale anche

sull'anteriore. La cabina è dotata di sospensione pneumatica, per garantire il massimo comfort durante gli spostamenti su strada ed un ottimo isolamento durante la marcia ferroviaria.

In cabina sono presenti un totale di 6 posti a sedere omologati.

La motorizzazione 6 cilindri 10.677 cmc assicura adeguata coppia e potenza, per affrontare trasferimenti lunghi ed impegnativi.

Il rodiggio ferroviario è di tipo Bo'-Bo' a 2 carrelli dotati di ralla, braccio articolato e sospensioni primarie in gomma. Tutte le ruote sono motrici per mezzo di una trasmissione di tipo idrostatico. La particolare architettura costruttiva permetterà in futuro la completa elettrificazione

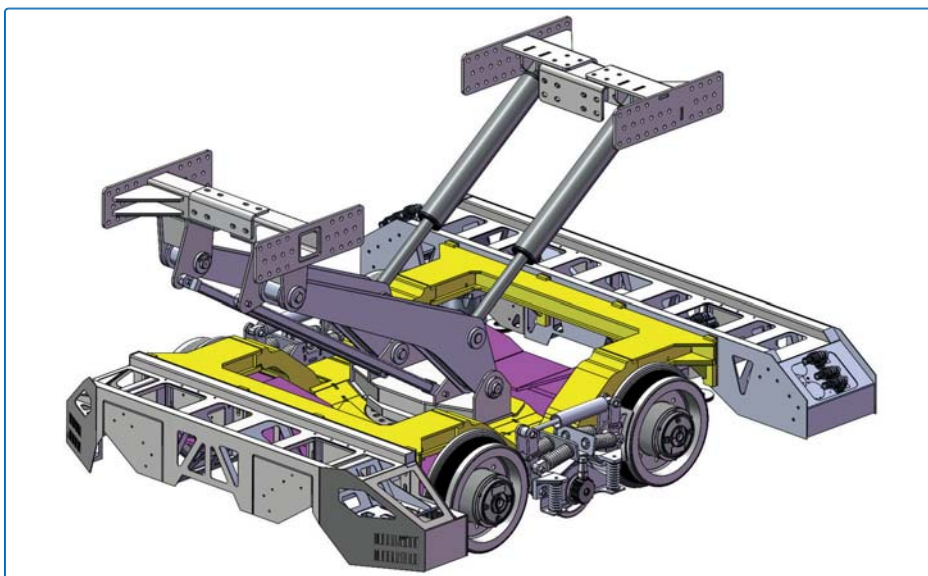


Fig. 2 - Carrello di misura

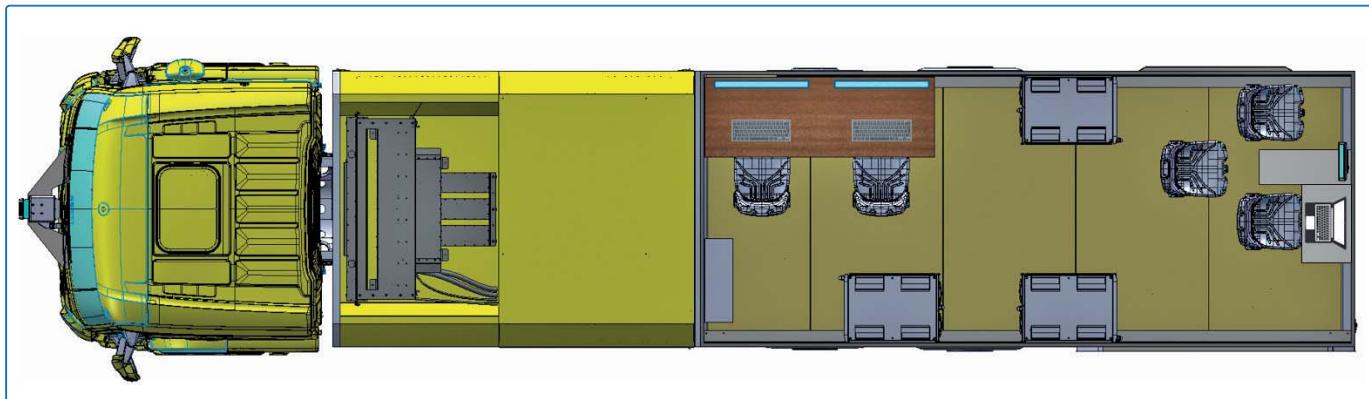


Fig. 3 - Vista dall'alto, a sinistra il modulo ufficio con le postazioni di lavoro e il banco di guida

del carrello. Grazie alla configurazione 8x8, il rotabile è in grado di affrontare tracciati con pendenze impegnative, come quelli di tipo tramviario e metropolitano.

Per l'inserimento/uscita a binario i 2 carrelli devono essere abbassati/sollevati per mezzo di cilindri idraulici. Grazie alla possibilità di rotazione di 90 gradi del carrello posteriore, è possibile inserire il veicolo a binario in corrispondenza di passaggi a livello di larghezza pari a ca. 6 metri.

Tutti i comandi relativi all'inserimento del veicolo su binario ed alla successiva marcia ferroviaria sono condensati su 2 joystick (trazione e frenatura) e su un display con caratteristiche touchscreen.

Posteriormente alla cabina di guida si trovano il vano tecnico ed il modulo ufficio/computer farm. Il vano tecnico contiene gli organi originali dell'autocarro, che sono stati riposizionati per fare spazio all'installazione del carrello ferroviario anteriore e di tutta l'impiantistica necessaria al funzionamento del sistema ferroviario, nonché il generatore di corrente, che fornisce energia alla strumentazione di misura. Il vano è dotato di serrande e portelli, per un facile accesso durante le fasi di manutenzione del veicolo.

Il modulo ufficio si trova nella parte posteriore del veicolo, adeguatamente isolato e climatizzato.

Tab. 1 - Dati tecnici

Veicolo di base		Mercedes-Benz Actros 2546L
Potenza		335 kW @2200 giri/min
Fase di emissione		Euro VI
Velocità massima	Strada	90 km/h
	Ferrovia	60 km/h
Dimensioni		Lunghezza: 11.300 mm Larghezza: 2.500 mm Altezza: 3.250 mm strada, 3.550 mm ferrovia
Passo	Strada	5.200 millimetri
	Ferrovia	6.695 millimetri
Peso		21 t, peso lordo ammesso 26 t
Guida	Strada	Automatico a 12 velocità
	Ferrovia	Idrostatico, ogni ruota azionata individualmente
Sistemi di misura	Fase 1	- Geometria del binario - Profilo trasversale della rotaia - Profilo longitudinale della rotaia - Profilo della sagoma (incluso profilo ballast, catenaria) - Video dell'infrastruttura
	Fase 2	- Sistema ad ultrasuoni - Usura della linea aerea - Video della sovrastruttura
	Estensibile	- Radar a penetrazione della sovrastruttura - Ispezione degli scambi - Sistema di rilevamento a correnti parassite
Applicabile		Treni regionali Metropolitane Tram
Misuratore		1.435 millimetri Possibilità di altri scartamenti

All'interno del modulo sono presenti gli armadi contenenti le unità di calcolo dei vari sistemi di misura, una postazione di lavoro per 2 operatori, ed il secondo banco di manovra per le operazioni in senso di marcia opposto alla cabina dell'autocarro.

L'accesso al modulo avviene per mezzo di una porta, posizionata sulla parete posteriore del veicolo e sono presenti altre due porte, una per lato, con funzione di servizio/uscita di emergenza.

Il veicolo è progettato per lo scartamento standard di 1.435 mm, ma i carrelli possono essere costruiti anche per altri scartamenti. Quando si passa da uno scartamento all'altro, è necessario sostituire solo i carrelli e riconfigurare di conseguenza i sistemi di misurazione montati su di essi.

Panoramica dei sistemi di misura

InfraSpector Truck sarà dotato di sistemi di misurazione in due fasi. Nella prima fase saranno installati i sistemi di misurazione della geometria del binario, del profilo trasversale e longitudinale della rotaia e del profilo della sagoma. In una seconda fase, saranno installati ulteriori sistemi per il controllo ad ultrasuoni della rotaia, la misurazione dell'usura della linea aerea e il sistema video per il monitoraggio dettagliato della sovrastruttura. Inoltre, il veicolo può essere equipaggiato con altri sistemi di misurazione come il georadar, l'ispezione degli scambi e sistema di misura basato su correnti parassite. Molti dei sistemi sono fissati direttamente ai carrelli per effettuare misurazioni sotto carico.

Misurazione della geometria del binario

Il sistema InertialTrackGeometry misura tutti i parametri della geometria del binario, specificati nella EN13848 ad una velocità di 0 km/h fino alla velocità massima. Il sistema di misura è costituito da un'unità di misura inerziale e da sensori ottici, che riferiscono la misura inerziale alle rotaie. Poiché non è necessaria una velocità minima, il binario può essere misurato senza interruzioni.

Misurazione del profilo trasversale della rotaia

La sezione trasversale della rotaia viene misurata con quattro sensori ottici, che grazie alla disposizione selezionata, misurano l'intera sezione trasversale a una frequenza di 400 Hz. Il profilo rilevato viene confrontato con il profilo nominale e le differenze vengono analizzate e valutate. Inoltre, parametri come l'inclinazione della rotaia e la conicità equivalente, possono essere calcolati automaticamente dal sistema.

Misurazione del profilo longitudinale della rotaia

Nella misurazione del profilo longitudinale, vengono rilevate e classificate le anomalie a forma di onda sulla superficie della rotaia. Tre sensori di distanza scansionano ciascuno la rotaia ad alta frequenza e determinano l'ondulazione con elevata precisione per intervalli di lunghezze d'onda predefinitibili.

Misurazione del profilo della sagoma

Il profilo della sagoma viene rilevato con uno scanner LiDAR, montato sul lato anteriore del veicolo e misura l'intero ambiente a una frequenza di 250 giri/sec e 7.200 punti di misura per giro. Dalla nuvola di punti determinata da questa vengono eseguite automaticamente le seguenti analisi:

- superamento del profilo della sagoma limite;
- profilo della massicciata;
- distanza al binario adiacente;
- distanza alla piattaforma;
- geometria della linea aerea.

Misurazione a ultrasuoni

Il sistema di misurazione a ultrasuoni rileva i difetti all'interno della rotaia, prima ancora che rappresentino un rischio per la durata e la stabilità della rotaia. I sensori a ultrasuoni sono selezionati in modo tale da rilevare nel miglior modo possibile le fessure orizzontali, verticali e trasversali, in corrispondenza del fungo della

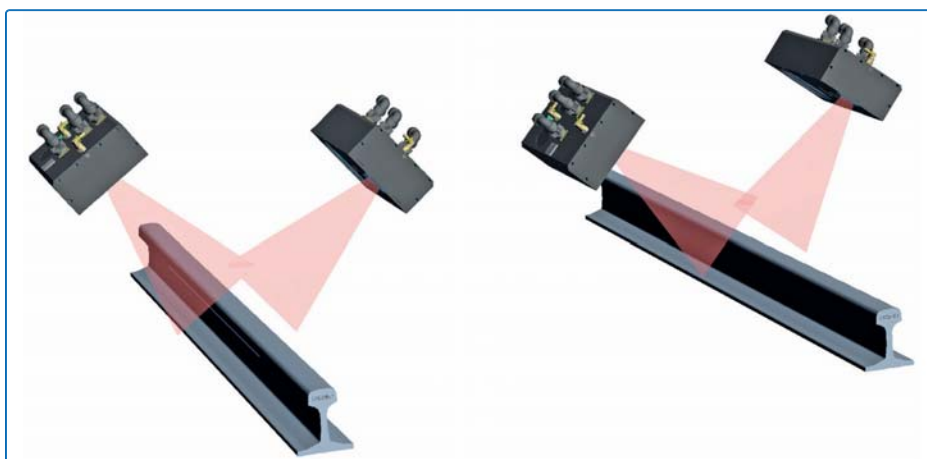


Fig. 4 - Disposizione dei sensori per la misurazione della sezione trasversale della rotaia

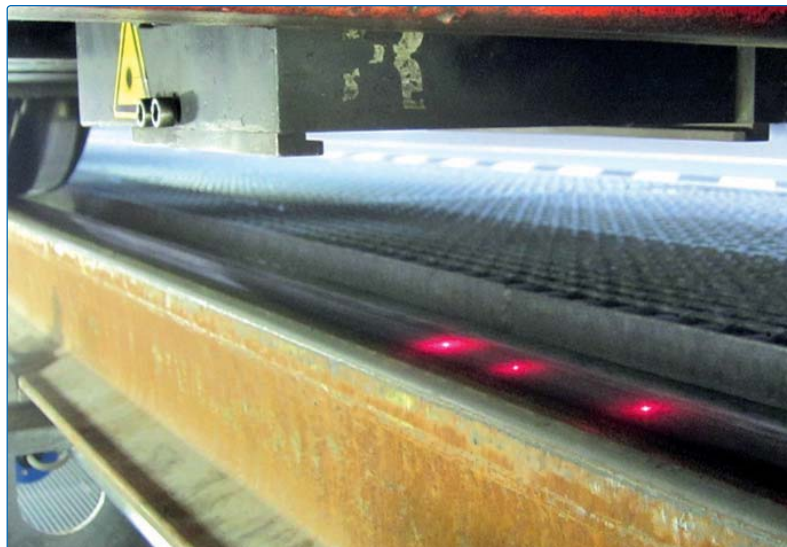


Fig. 5 - Misurazione del profilo longitudinale della rotaia

rotaia, del gambo della rotaia e nella parte centrale della suola della rotaia. Il sistema di misura è costituito da un asse telescopico, su cui sono installate due ruote in poliuretano per rotaia ed i sensori a ultrasuoni. I dati raccolti vengono registrati, analizzati e visualizzati visivamente sugli schermi sotto forma di B-scan e diagramma a strisce all'interno del veicolo. Gli algoritmi su base artificiale supportano la valutazione ed in alcuni casi raggiungono già risultati notevoli. Tuttavia, la valutazione finale spetta generalmente ancora al gestore del sistema.

ficie della rotaia, sugli elementi di fissaggio e sulle traverse.

La localizzazione precisa e la sincronizzazione dei dati di misura vengono eseguite da un sistema di encoder rotativo, integrato da informazioni GNSS e dati di misurazione inerziale. Inoltre, sono previste interfacce per consentire la localizzazione tramite tag RFID o codici QR.

Concetto operativo, gestione e presentazione dei dati

Gli strumenti di misura vengono azionati dalla cabina di guida anteriore o, nella direzione di marcia opposta, dalla cabina posteriore. Un solo operatore può gestire,

Misurazione dell'usura della linea aerea

Il sistema di misurazione dell'usura della linea aerea viene utilizzato per misurare lo spessore residuo dei fili di contatto, al fine di rilevare tempestivamente i punti deboli e la fatica del materiale. Il sistema di misura è composto da telecamera a scansione lineare e da un sistema di illuminazione a LED. La superficie di usura viene misurata in relazione al diametro della catenaria e da questo viene calcolato lo spessore residuo.

Sistema di misurazione video della sovrastruttura

Il sistema di misurazione video della sovrastruttura utilizza telecamere a scansione lineare ad alta risoluzione, per registrare l'intera massicciata del binario e, grazie all'intelligenza artificiale, riconosce e classifica automaticamente i difetti sulla super-

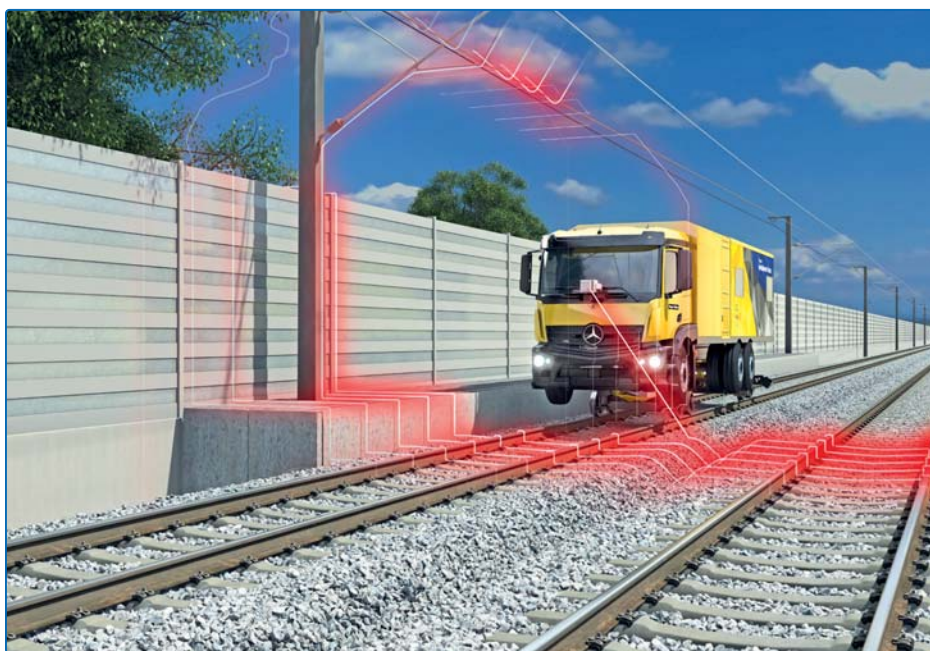


Fig. 6 - Misurazione del profilo della sagoma

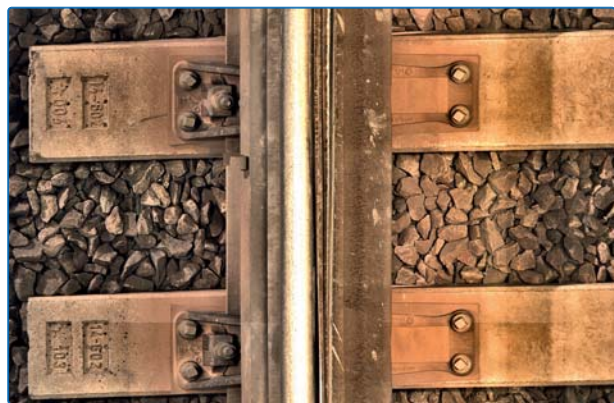


Fig. 7 - Video della sovrastruttura

azionare e monitorare tutti i sistemi, grazie al software di controllo centralizzato, ad eccezione del sistema di misura ad ultrasuoni, che richiede un controllo separato. A tale scopo è prevista una postazione di lavoro separata nella cabina di lavoro.

Il tmSERVER si occupa del controllo centrale, del funzionamento e del monitoraggio di tutti i sistemi di misura. In combinazione con il sistema di gestione della flotta Datamatic, composto dal dispositivo edge tmMDC e dalla soluzione basata su browser tmMCO, i dati di mi-

sura vengono trasmessi direttamente ed automaticamente al back office. Il collegamento in rete di tutte le macchine coinvolte nel processo di manutenzione consente un flusso di dati end-to-end automatizzato, che garantisce la massima trasparenza ed efficienza per il gestore dell'infrastruttura.

Gli esperti ed i gestori dell'infrastruttura hanno bisogno di informazioni sullo stato di salute dell'infrastruttura, che vengono raccolte e gestite nel software di back-office centrale, al fine di prendere decisioni informate per la manutenzione dell'infrastruttura con gli strumenti di analisi. Queste informazioni forniscono una visione completa delle condizioni dell'infrastruttura e fungono da base per le misure derivate. Sulla base dei dati raccolti da tutti i sistemi di misura nel corso del tempo, è possibile calcolare e visualizzare i parametri rilevanti per la valutazione delle condizioni. Con un approccio top-down, è possibile determinare dettagli più approfonditi, dalla visualizzazione dei dati di misurazione attuali su una mappa a informazioni dettagliate sui singoli cicli di misurazione e sui dati del sistema di misura.

Misurazione come servizio (MaaS)

Con l'InfraSpector Truck si offre un servizio di rilievo appositamente progettato per le infrastrutture urbane in Europa. La flessibilità e la capacità di muoversi auton-



Fig. 8 - Interfaccia utente tmOS

mamente sulle strade consentono al veicolo di avvicinarsi rapidamente ai punti stabiliti ed eseguire le misurazioni. I dati misurati e valutati sono messi a disposizione del gestore dell'infrastruttura tramite la piattaforma software.

L'InfraSpector Truck sarà inoltre accreditato come laboratorio di prova secondo la norma DIN ISO/IEC17025, fattore decisivo per garantire la qualità e l'affidabilità delle misurazioni. Questa norma internazionale specifica requisiti dettagliati per la competenza, l'imparzialità e la coerenza dei laboratori di prova per garantire risultati di misurazione affidabili. Ciò è essenziale per l'infrastruttura ferroviaria, in modo che gli elevati requisiti di sicurezza e qualità siano soddisfatti da dati di misurazione precisi e affidabili. Grazie alla chiara definizione dei processi di calibrazione e implementazione, il servizio di misura può essere fornito in modo rapido e, soprattutto, affidabile su diverse linee ferroviarie.

Sintesi e prospettive

L'InfraSpector Truck è un veicolo di misura che consente di misurare in dettaglio l'infrastruttura ferroviaria e combina la flessibilità di un veicolo strada-rotaiata con la precisione delle più recenti tecnologie di misurazione. Nel veicolo c'è spazio sufficiente per tutti i sistemi di misurazione per mantenere una condizione olistica dell'infrastruttura.

InfraSpector Truck offre un servizio di misura in tutta Europa. L'accreditamento come laboratorio di prova mobile secondo le norme vigenti garantisce un'elevata qualità e affidabilità dei dati di misura.

L'InfraSpector Truck è disponibile per diversi scartamenti e può essere adattato alle esigenze specifiche del cliente. A partire dal 2025 sarà disponibile una versione compatta con un minor numero di sistemi di misura. ■