



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA  
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOĽAJOVÝCH  
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“  
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.34>

## **DIAGO – POHYB POD KONTROLOU**

### **DIAGO – MOTION IN CONTROL**

**Martin ŠIMONČIČ<sup>\*)</sup>, Ivan HAVAŠ, Slavomír KUPČOK**

#### **1 ÚVOD**

V rámci industry 4.0 a prediktívnej údržby existuje veľký potenciál pre inovácie v železničnom priemysle. Industry 4.0 je koncepcia inteligentnej automatizácie a digitalizácie v priemysle, ktorá kombinuje rôzne technológie, ako sú internet vecí (IoT), umelá inteligencia (AI), robotika a ďalšie. V kontexte železníc implementácia technológií Industry 4.0 znamená lepšiu automatizáciu, monitorovanie a riadenie rôznych systémov a procesov. Príchod Industry 4.0 priniesol značné príležitosti pre inovácie v železničnom sektore. Spojenie technológií Industry 4.0 zmenilo priemyselné prostredie. Železničný priemysel, dôležitý pilier celosvetovej dopravy, môže značne profitovať z prijatia princípov Industry 4.0. Tento článok skúma aplikáciu prediktívnej údržby v rámci Industry 4.0 v kontexte železníc.

#### **2 PREDIKTÍVNA ÚDRŽBA A INDUSTRY 4.0**

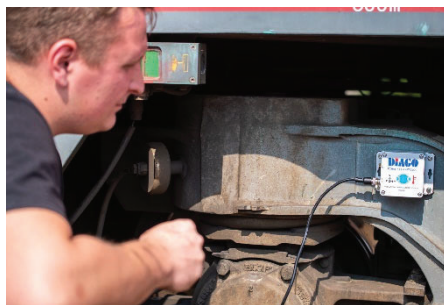
Prediktívna údržba je súčasťou Industry 4.0, umožňuje sledovať stav zariadení a predvídať ich poruchy pomocou analýzy údajov. V prípade železníc, prediktívna údržba pomáha predvídať poruchy a opravy vo vozidlách, zabezpečuje optimálne plánovanie, údržby a minimalizuje výpadky.

#### **3 INOVÁCIE V INDUSTRY 4.0 PRE ŽELEZNIČNÚ ÚDRŽBU**

Prijatie princípov Industry 4.0 v železničnom priemysle prinieslo niekoľko inovácií:

##### **3.1. IoT Senzory pre komplexné monitorovanie**

Nasadenie IoT senzorov (*obr. 1*) umožňuje sledovanie kritických parametrov ako vibrácie, povrchová teplota častí strojov, teplota kvapalín, teplota vzduchu a prostredia vo vagóne, polohu, rýchlosť, spotrebu



**Obr. 1** IoT senzor vibrácií na konštrukcii podvozku vlaku

**Fig. 1** IoT vibration sensor on the structure of the bogie of train

<sup>\*)</sup> **Ing. Martin ŠIMONČIČ** DIAGO SF s.r.o., Železničná 7 Brezno, +421 903 280 559, [diagnostika@diago.sk](mailto:diagnostika@diago.sk), technický pracovník.

**Ing. Ivan HAVAŠ** DIAGO SF s.r.o., Železničná 7 Brezno, +421 903 280 569, [ivan.havas@diago.sk](mailto:ivan.havas@diago.sk), technický pracovník.

**Ing. Slavomír KUPČOK** DIAGO SF s.r.o., Železničná 7 Brezno, +421 911 175 195, [ivan.havas@diago.sk](mailto:ivan.havas@diago.sk), riaditeľ.

prevádzkových kvapalín, analýza čistoty oleja, opotrebovanie častí strojov, stav koľajníc atď. Tieto senzory, integrované do sietí IoT, poskytujú cenné informácie o stave (zdraví) zariadení a umožňujú skorú identifikáciu potenciálnych porúch.

### 3.2. Analýza veľkých dát pre vylepšené informácie

Zhromažďovanie a analýza veľkého množstva údajov z rôznych zdrojov, vrátane senzorov, záznamov o údržbe a histórie opráv, tvorí základ pre informované rozhodovanie. Algoritmy strojového učenia a umelej inteligencie identifikujú vzory, predikujú potenciálne poruchy a určujú zostávajúcu životnosť komponentov, prispievajúc k efektívnym stratégiám údržby.

### 3.3 Proaktívne plánovanie údržby

Využívaním prediktívnej údržby sa vypracúvajú proaktívne stratégie na optimalizáciu plánovania údržby na základe predpovedaných porúch a optimálneho prideľovania zdrojov. Tento prístup minimalizuje prevádzkový výpadok a predlžuje životnosť zariadení.

### 3.4 Integrácia robotiky a automatizácie

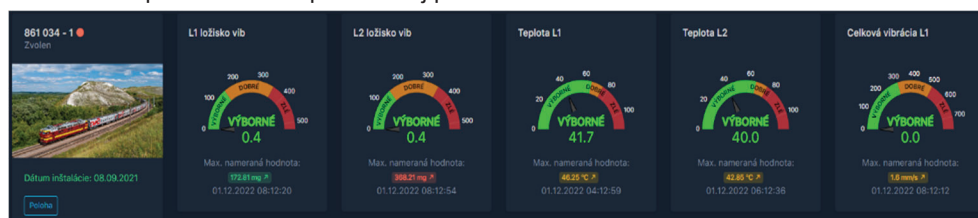
Technológie robotiky a automatizácie nachádzajú využitie v mnohých úlohách železničnej údržby, od diagnostiky a skenovania vozidiel po opravy. Integrácia robotiky a automatizácie zvyšuje efektívnosť a presnosť, znižuje závislosť na ľudskej interakcii a eliminuje chyby vyplývajúce z ľudského faktora.

## 4 PREDSTAVENIE DIAGORAIL: NÁSTROJ PRE PREDIKTÍVNU ÚDRŽBU

Vychádzajúc z princípov Industry 4.0 a prediktívnej údržby, DIAGORAIL predstavuje inovatívne riešenie pre železničnú údržbu. Viacparametrický bezdrôtový systém DIAGORAIL prináša úsporu nákladov, efektívnosť a manažérske výhody.

### 4.1 Monitorovanie v reálnom čase pre lepšie rozhodovanie

Pre manažment je kľúčové mať komplexné porozumenie (**obr. 2**) o stave zariadení pre zachovanie plynulosti železničnej prevádzky. DIAGORAIL kombinuje praktické odborné znalosti s pokročilými výpočtovými technológiami na neustále monitorovanie stavu zariadenia a predchádzanie predčasnej poruche.



**Obr. 2** Prehľad meraných parametrov

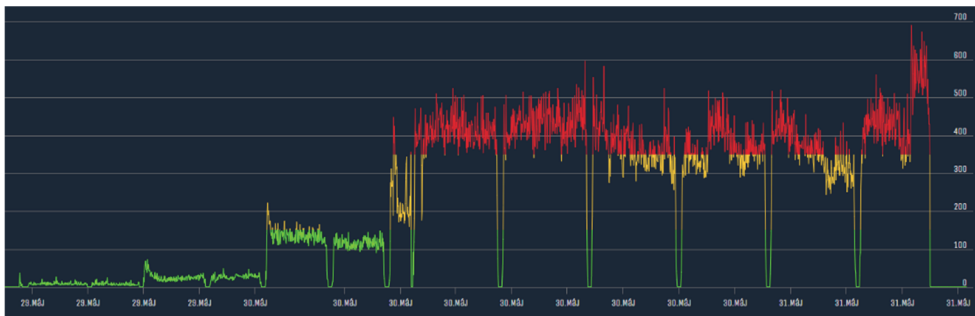
**Fig. 2** Overview of measured parameters

### 4.2 Jednoduché monitorovanie cez užívateľsky prívetivé rozhranie

DIAGORAIL prostredníctvom užívateľsky prívetivej webovej aplikácie poskytuje neustály online prístup k stavu ložísk. Bezdrôtové senzory, rýchlo komunikujúce s centrálnym serverom, poskytujú aktuálne informácie o výkone, vibráciách a dôležitých stavoch zariadení. Jednoduchosť a zrozumiteľnosť sú význačne pre dizajn systému, s jednoduchou inštaláciou senzorov a automatickým prenosom údajov na server. Softvér v reálnom čase spracováva dáta, generuje prehľadné vizualizácie a analýzy.

### 4.3 Zvýraznenie včasnej akcie s rozšírenými informáciami

Vďaka tejto technológii môžu užívatelia včas identifikovať potenciálne problémy a efektívne reagovať. S dostatočným predstihom môžu pripraviť náhradné diely, materiály a personál, optimalizujúci časovanie zásahu.



*Obř. 3 Vývoj vibrácií na ložisku v priebehu času*

*Fig. 3 Development of vibrations on the bearing over time*

## 5 PORUCHY A PREDIKTÍVNA ANALÝZA

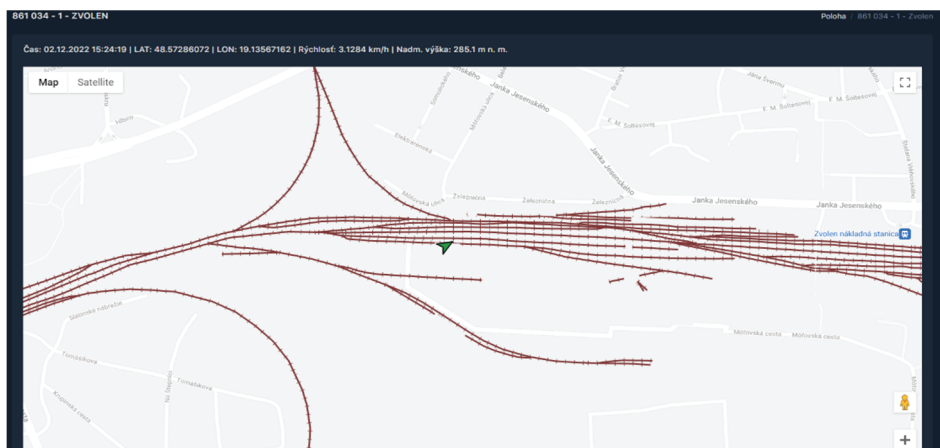
DIAGORAIL, funkčný ako viacparametrický bezdrôtový senzorový systém, sleduje najmä vibrácie, čím umožňuje identifikáciu porúch ako opotrebenie ložísk, nedostatok maziva, trhliny, nevyváženosť, nesúososť a mechanické uvoľnenie. Teplotné údaje zasa slúžia ako všestranný ukazovateľ mechanických a elektrických anomálií, ako aj pohodlia cestujúcich a pracovníkov. Merania napätia a prúdu prispievajú k analýze spotreby a zisteniu elektrických porúch. Merania prietoku vzduchu a tekutín sa využívajú pre monitorovanie prevádzkových kvapalín ako olej, voda a stlačený vzduch, zatiaľ čo údaje o kvalite vzduchu informujú systémy klimatizácie.

## 6 VÝSLEDKY A VÝHODY SYSTÉMU

Spolupráca s partnermi ako Železničná spoločnosť Slovensko a.s. a Kínex, prispela k rozvoju systému DIAGORAIL. Navrhnutý tak, aby vyhovoval požiadavkám moderných systémov, DIAGORAIL má schopnosť archivovať údaje od začiatku monitorovania až po jeho ukončenie. Integrovanie API (application programming interface / rozhranie pre programovanie aplikácií) umožňuje pripojenie k digitálnym dvojčatám pre vizualizáciu alebo k existujúcim systémom. Sensory napájané batériami majú životnosť až dva roky. Šifrovanie zabezpečuje celistvosť systému, pričom architektúra systému zaručuje autonómnosť bez ohľadu na pripojenie dát užívateľa.

## 7 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA: IMPLEMENTÁCIA DIAGORAIL

S cieľom optimalizácie a zdokonalenia systému, bol systém DIAGORAIL implementovaný na monitorovanie vlakov v Nových Zámkoch, Zvolene a Humennom. Počas niekoľkých mesiacov boli zozbierané údaje na vytvorenie monitorovacieho systému, ktorý užívateľov včas upozorňuje na vznikajúce poruchy. Mechanizmus notifikácií prostredníctvom e-mailu automaticky odošle správy pri prekročení hraníc alarmu. Piezoelektrické akcelerometre a MEMS senzory umožnili analýzu stavu koľajníc, ktorý bol zobrazovaný v reálnom čase cez webovú aplikáciu (*obr. 4*).



**Obr. 4** Zobrazenie polohy vlaku s vykreslenou dráhou  
**Fig. 4** Displaying the position of the train with the drawn route

## 8 VÝHODY SYSTÉMU A ZÁVERY

Systém DIAGORAIL prináša tieto kľúčové výhody:

### 8.1 Úspora nákladov

Prediktívne monitorovanie a včasná detekcia problémov optimalizujú stratégie údržby, znížia náklady na opravy a výmenu dielov, čím prispievajú k finančnej úspore.

### 8.2 Časová efektívnosť

Nepretržité online monitorovanie a spracovanie údajov umožňuje manažerom údržby rýchlo riešiť problémy, zlepšiť produktivitu a minimalizovať výpadky.

### 8.3 Optimalizácia využitia zdrojov

Prediktívna údržba umožňuje efektívne pridelenie pracovnej sily a zdrojov len tam, kde je to potrebné, čím zvyšuje efektívnosť a eliminuje zbytočné úkony.

### 8.4 Predchádzanie výpadkom

Včasná detekcia a identifikácia problémov umožňuje prijímanie preventívnych opatrení, čím zvyšuje spoľahlivosť prevádzky a minimalizuje nepriaznivé dopady na cestujúcich a nákladnú dopravu.

### 8.5 Jednoduchá implementácia a používanie

Systém DIAGORAIL sa vyznačuje jednoduchou inštaláciou a užívateľsky prívetivým rozhraním umožňujúcim rýchlu inštaláciu a jednoduchý prístup k údajom o stave zariadení.

## 9 ZÁVER

Integrácia princípov Industry 4.0 a prediktívnych riešení v železničnom priemysle má obrovský potenciál pre budúcnosť udržateľnej a efektívnej železničnej dopravy. DIAGORAIL predstavuje krok k inteligentnej údržbe v duchu Industry 4.0, zlepšujúc manažérske rozhodovanie, minimalizujú náklady a zvyšujú spoľahlivosť železničnej prevádzky.

## Literatúra

Text je generovaný na základe dlhodobého technického vývoja systému DIAGORAIL spoločnosti DIAGO SF s.r.o.



## Resumé

*Tento článok skúma spojenie princípov Industry 4.0 a prediktívnej údržby v železničnom priemysle prostredníctvom inovatívneho systému DIAGORAIL. Koncept Industry 4.0 zavádza inteligentnú automatizáciu a digitalizáciu s využitím technológií ako IoT a AI. Prediktívna údržba umožňuje sledovanie stavu zariadení a predvídanie porúch na základe analýzy údajov. DIAGORAIL prináša viacparametrický bezdrôtový systém pre monitorovanie stavu železničných zariadení, umožňujúci efektívne plánovanie údržby, minimalizáciu výpadkov a optimalizáciu využitia zdrojov. Tento systém je príkladom úspešnej integrácie nových technológií pre dosiahnutie vyššej účinnosti a spoľahlivosti v železničnom sektore.*

## Summary

*This article explores the fusion of Industry 4.0 principles and predictive maintenance in the railway industry through the innovative DIAGORAIL system. The Industry 4.0 concept introduces intelligent automation and digitization using technologies such as IoT and AI. Predictive maintenance enables monitoring equipment conditions and predicting faults based on data analysis. DIAGORAIL introduces a multi-parameter wireless system for monitoring the state of railway equipment, enabling efficient maintenance planning, minimizing downtime, and optimizing resource utilization. This system serves as a successful example of integrating new technologies to achieve higher efficiency and reliability in the railway sector.*



