

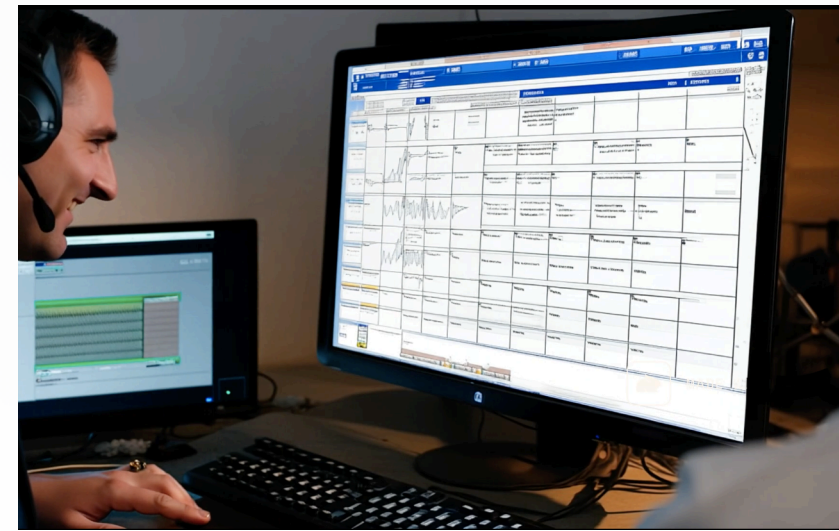
# Innowacyjna Diagnostyka **NVH & AE**

Mobilny monitoring wibroakustyczny i predykcyjne utrzymanie zestawów kołowych dla maksymalnej rentowności floty.

# Predykcja Zamiast Reakcji

---

Przejęcie z serwisu reaktywnego na strategię Predictive Maintenance to standard nowoczesnego podmiotu odpowiedzialnego za utrzymanie (ECM).



# Trzy Filary Naszych Możliwości



## Pomiar w Ruchu

Nieinwazyjna rejestracja sygnałów podczas normalnej eksploatacji pojazdów na trasie, bez konieczności ich wyłączenia.



## Precyzja Lokalizacji

Dokładne wskazanie uszkodzonej osi oraz koła (lewe/prawe) wraz z przypisaniem poziomu krytyczności wady.



## Optymalizacja Tokarni

Planowanie profilowania kół na tokarniach podtorowych na podstawie twardych danych diagnostycznych.

# SYSTEM MOBILNEGO NASŁUCHU

Nasz system wykorzystuje zaawansowane sensory akustyczne i wibracyjne instalowane bezpośrednio przy torowisku lub na trasach przejazdu bez potrzeby ingerencji w istniejącą infrastrukturę otoczenia (bez kolizyjnie, bez inwazyjnie):

- **Mikrofony kierunkowe:** Rejestracja emisji akustycznej (AE) kół w ruchu.
- **Weryfikacja Wideo:** Synchronizacja sygnału audio z obrazem konkretnej osi.
- **Analiza w czasie rzeczywistym:** Natychmiastowe wykrywanie anomalii bez przerywania eksploatacji.



# Zaawansowana Technologia

## Metoda Emisji Akustycznej

Skanowanie wysokoczęstotliwościowych fal sprężystych generowanych przez mikropęknięcia i ubytki w strukturze materiału koła pod dużym obciążeniem.

Obliczenie energii skutecznej (RMS) sygnału pozwala sklasyfikować wczesne stadium zmęczenia tocznego:

$$E_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

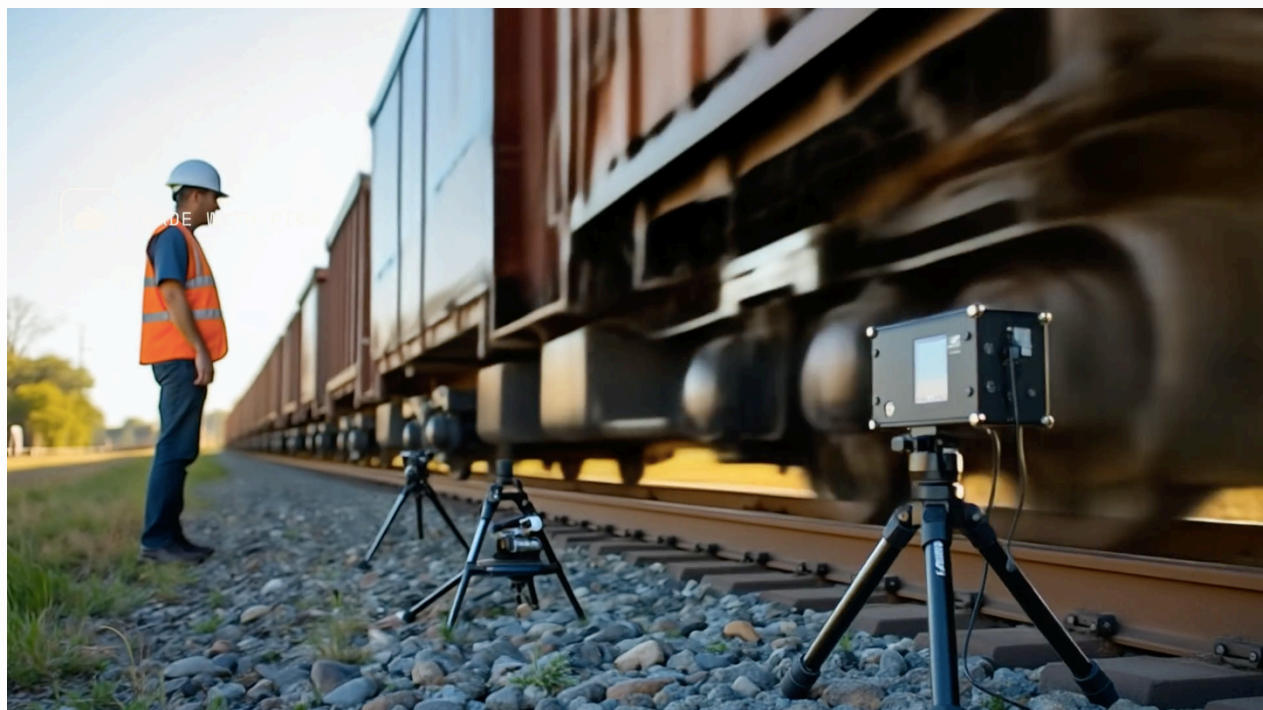


# Badanie w Ruchu Eksploatacyjnym

## Eliminacja wyłączeń taboru

Mobilny monitoring wibroakustyczny eliminuje potrzebę kierowania składów na kosztowne i czasochłonne przeglądy stacjonarne na kanale.

Dzięki bezkontaktowej diagnostyce podczas jazdy, operator floty zyskuje pełną dostępność taboru do obsługi kluczowych połączeń pasażerskich i towarowych.



# JAK TO DZIAŁA? METODOLOGIA



## NVH Analysis

Analiza drgań (Noise, Vibration, Harshness) pozwala na identyfikację fizycznych spłaszczeń kół o wielkości powyżej 0.3 mm.



## Acoustic Emission

Wykrywanie fal sprężystych generowanych przez mikropęknięcia zmęczeniowe wewnątrz struktury metalu koła.



## Big Data AI

Algorytmy uczące się odróżniają naturalne zużycie od wad krytycznych wymagających interwencji.

# KLUCZOWE KORZYŚCI OPERACYJNE



## Zero Przesojów

Eliminacja konieczności wyłączania całych składów na rutynowe kontrole "na oko".



## Ochrona Łożysk

Wczesne wykrycie bicia koła chroni drogie łożyska osiowe przed zniszczeniem.



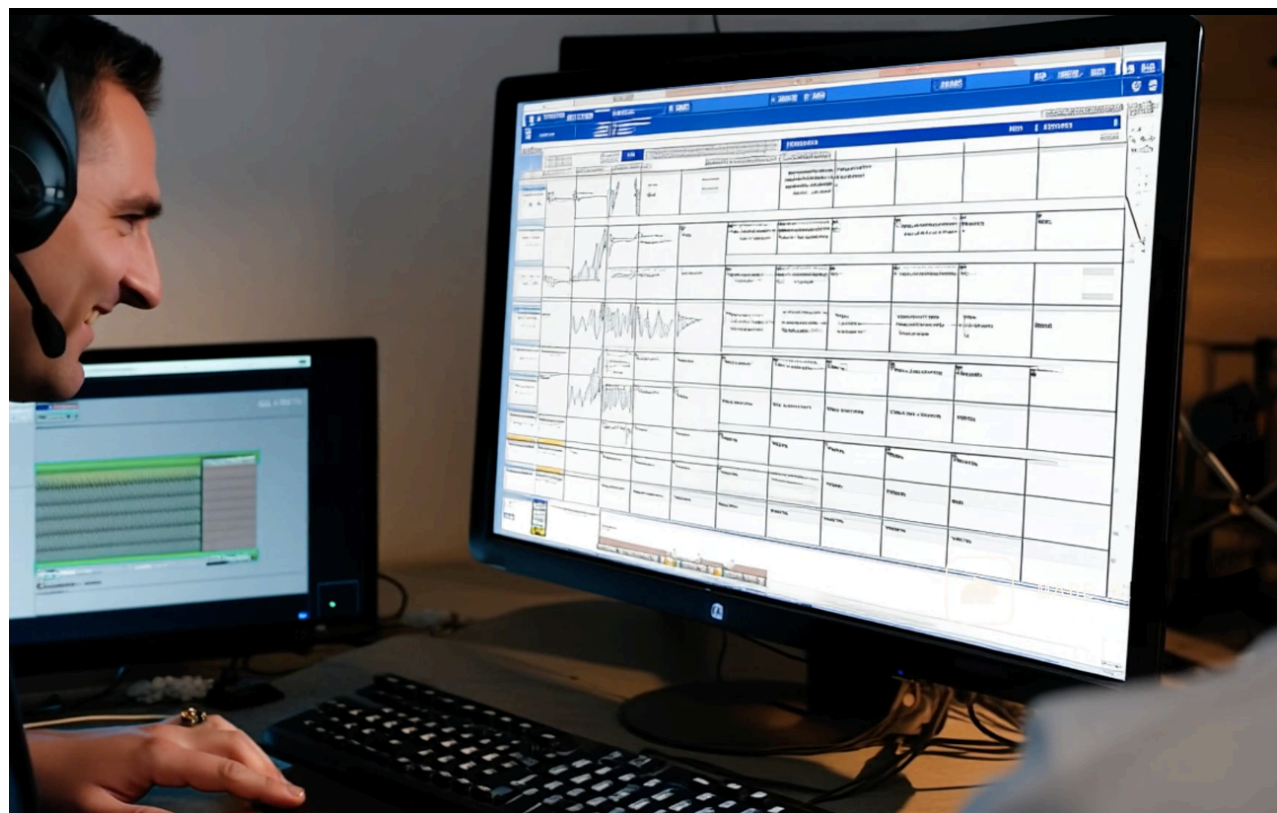
## Optymalizacja Tokarni

Kierowanie na tokarnię tylko tych zestawów, które faktycznie tego wymagają.

# PRECYZJA RAPORTOWANIA

Produktem końcowym jest Raport Diagnostyczny, który wskazuje:

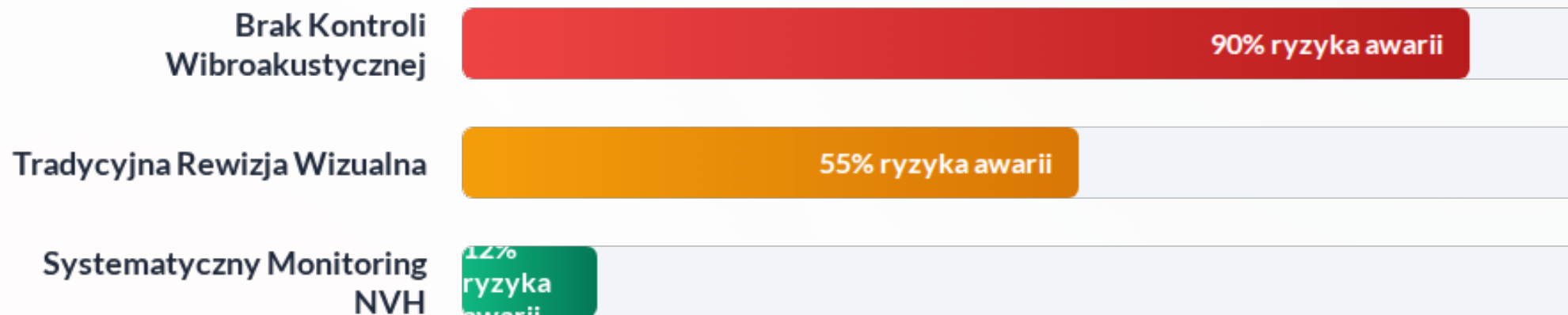
- ✓ **Lokalizacja:** Konkretna oś i koło (Lewe/Prawe).
- ✓ **Klasyfikacja:** Rodzaj wady (złuszczenia, karby, spłaszczenia).
- ✓ **Status:** Skala bezpieczeństwa (Bezpieczny / Ostrzegawczy / Krytyczny).



# Metodyka Utrzymania Taboru

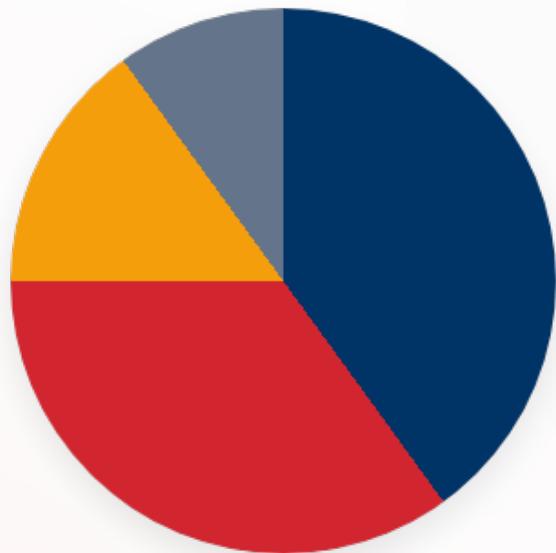
Obszar Analizy	Tradycyjne Podejście (Reaktywne)	Nasze Podejście (Predykcyjne NVH)
<b>Dostępność taboru</b>	Przestoje na planowe kontrole na kanale rewizyjnym.	Ciągła praca składów; pomiary w trakcie jazdy pasażerskiej.
<b>Wykrywalność mikrowad</b>	Dopiero przy widocznych gołym okiem uszkodzeniach.	Identyfikacja mikropęknięć podpowierzchniowych na wczesnym etapie.
<b>Koszty awarii wtórnych</b>	Nagłe awarie łożysk i uszkodzenia osi generujące miliony złotych strat.	Zminimalizowane ryzyko – eliminacja źródła drgań niszczących łożyska.
<b>Praca tokarki podtorowej</b>	Kolejka blokowana przez awaryjnie wycofane wagony.	Harmonogram optymalizowany z wyprzedzeniem wg stopnia zużycia.

## Unikanie Uszkodzeń Łożysk



Wczesne wykrywanie mikrosplaszczy i karbów tocznych drastycznie obniża poziom niszczących drgań wysokiej częstotliwości, bezpośrednio zabezpieczając kosztowne łożyska osiowe przed zatarciem.

## Struktura Oszczędności ECM



- Przedłużenie żywotności zestawów kołowych (40%)
- Wylimitowanie awarii łożysk i zestawów (35%)
- Optymalizacja wykorzystania tokarek podtorowych (15%)
- Unikanie kar infrastrukturalnych za uszkodzenia torów (10%)

**Wdrożenie** ciągłego monitoringu NVH/AE **pozwała na redukcję** globalnego budżetu naprawczego zestawów kołowych PKP Intercity **nawet o 30% rocznie.**

# ANALIZA PORÓWNAWCZA METOD

Parametr	Tradycyjne Utrzymanie	Diagnostyka NVH / AE
Tryb Kontroli	Cykliczny (sztywne terminy)	Predykcyjny (wg faktycznego stanu)
Dostępność Taboru	Ograniczona przez przestoje	Maksymalna (pomiar w ruchu)
Wykrywalność Wad Ukrytych	Niska (tylko wady wizualne)	Bardzo wysoka (mikropęknięcia wewnątrz)
Koszty Logistyki	Wysokie (transport do bazy)	Zoptymalizowane

# Szybka Ścieżka Wdrożenia

## Krok 1: Profilowanie

Określenie priorytetowej floty (np. ED160, wagonów pasażerskich lub lokomotyw).

## Krok 2: Instalacja

Mobilny montaż sensorów i nieinwazyjny pobór danych w ruchu bez ingerencji w konstrukcję taboru i infrastruktury.




## Krok 3: Raport

Precyzyjna lokalizacja wad i klasyfikacja ich krytyczności w skali 3-stopniowej.

## Krok 4: Wdrożenie

Optymalizacja harmonogramu tokarek na bazie faktycznego stanu technicznego kół.

# ZGODNOŚĆ Z REŻIMEM ECM

-  Pełna dokumentacja dla jednostek ECM.
-  Archiwizacja trendów zużycia każdego koła.
-  Zgodność z wytycznymi UTK i ERA.

## Wsparcie Wydziału Rejestru Taboru

System dostarcza twarde dowody cyfrowe na dochowanie należytej staranności w procesie utrzymania, co jest kluczowe podczas audytów bezpieczeństwa.

# POTENCJAŁ OSZCZĘDNOŚCI (KPI)



*Nasza metoda pozwala na redukcję kosztów utrzymania zestawów kołowych o blisko 38% w skali roku.*

# KOMFORT PASAŻERA I OTOCZENIA



## **Redukcja Hałasu w Obszarach Miejskich**

Sprawne koła to cichy tabor. Diagnostyka NVH pozwala uniknąć skarg mieszkańców i kar środowiskowych (WIOŚ), zapewniając jednocześnie najwyższy standard podróży wewnątrz wagonów .

**Cichy tabor = Nowoczesny wizerunek marki.**

## PROPOZYCJA - NA START

**0 PLN**

**Koszt Pilotażu**

### **Badanie Testowe - bez opłat**

Proponujemy przeprowadzenie bezpłatnego pomiaru diagnostycznego na wybranym przez Państwa składzie (np. Pendolino, Flirt lub wagon pasażerski czy towarowy).

Udowodnimy skuteczność detekcji wad powierzchni tocznych bez żadnego ryzyka finansowego po Państwa stronie.

# Zapraszamy!

## Rozpocznijmy Współpracę

---

Zapraszamy do realizacji bezpłatnego badania pilotażowego wybranego składu.

Dział Techniczno-Handlowy

[info@ivratec.pl](mailto:info@ivratec.pl)