



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

# Wydłużenie okresu trwałości nawierzchni dzięki utrzymaniu dobrej równości

**Dawid Ryś, Piotr Jaskuła**

*Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska*

*Katedra Inżynierii Drogowej*

# **PREDYKCJA STANU NAWIERZCHNI JEST KLUCZOWYM ELEMENTEM „ROAD ASSET MANAGEMENT”**



# Obciążenia dynamiczne a predykcja stanu nawierzchni

Wzrost obciążeń dynamicznych pojazdów



Większe wyężenie konstrukcji nawierzchni



Spadek trwałości zmęczeniowej



Skrócenie okresu do remontu nawierzchni

Dynamiczne obciążenia pojazdów istotnie zależą od:

- Prędkości pojazdu
- Równości nawierzchni (wskaźnika IRI)
- Parametrów zawieszenia

**Ocena wpływu równości nawierzchni, mierzonej wskaźnikiem IRI, na oddziaływania dynamiczne pojazdów ciężkich i trwałość nawierzchni**

# Wskaźnik równości nawierzchni IRI

- Profil nawierzchni mierzony w dowolny sposób
- Po zadanym profilu porusza się wirtualny pojazd – „quater car”
- Parametry zawieszenia wirtualnego pojazdu są standardowe
- Wirtualny pojazd jedzie z prędkością 60 km/h
- Program komputerowy analizuje dynamikę ruchu pojazdu
- Wyższe IRI = gorsza równość

# Wskaźnik równości nawierzchni IRI

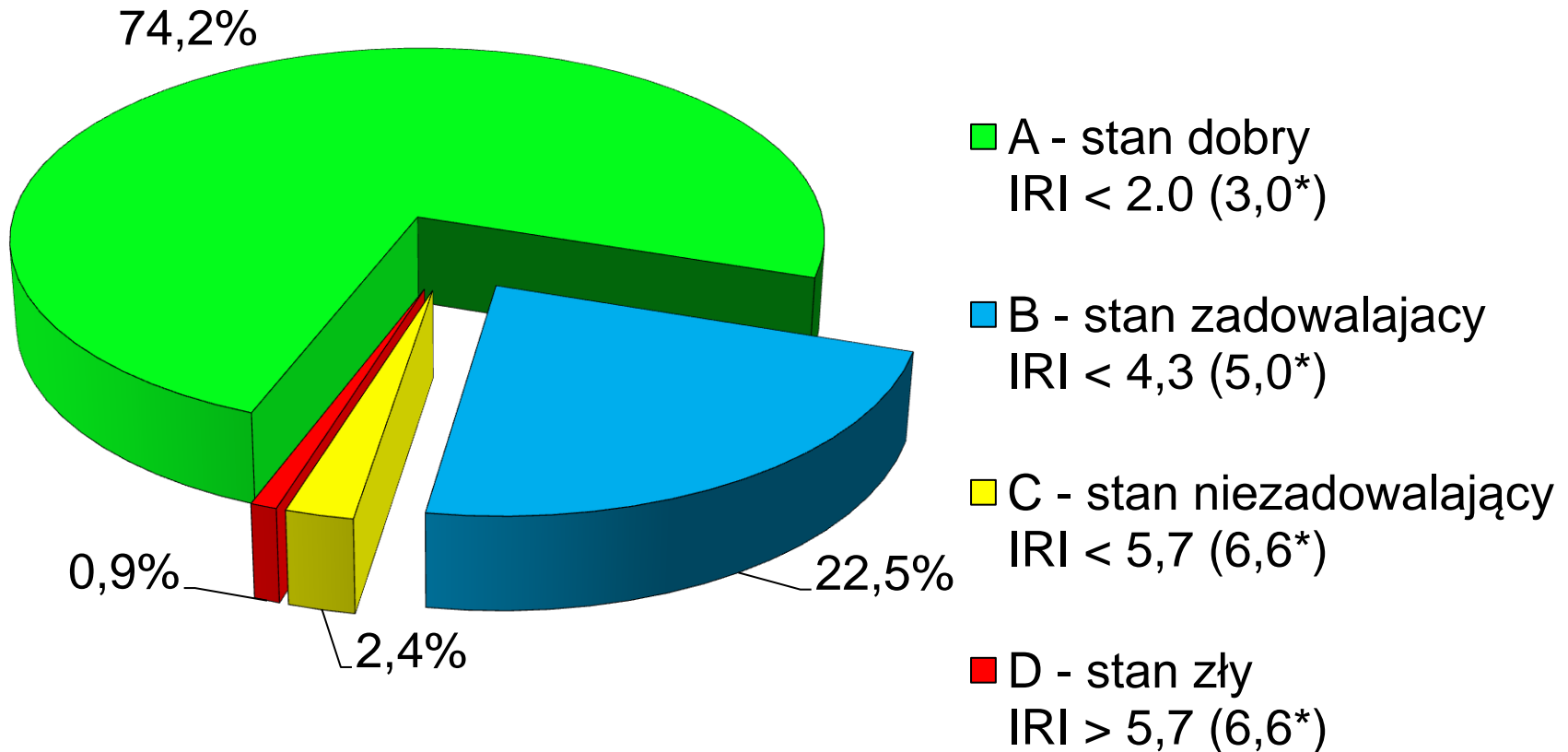
# Wskaźnik równości nawierzchni IRI

## Odbiór nowej drogi

- Drogi klasy A,S, GP:
  - $IRI_{\acute{s}r} = 1,3$
  - $IRI_{\max} = 2,4$
- Drogi klasy G:
  - $IRI_{\acute{s}r} = 1,7$
  - $IRI_{\max} = 3,4$

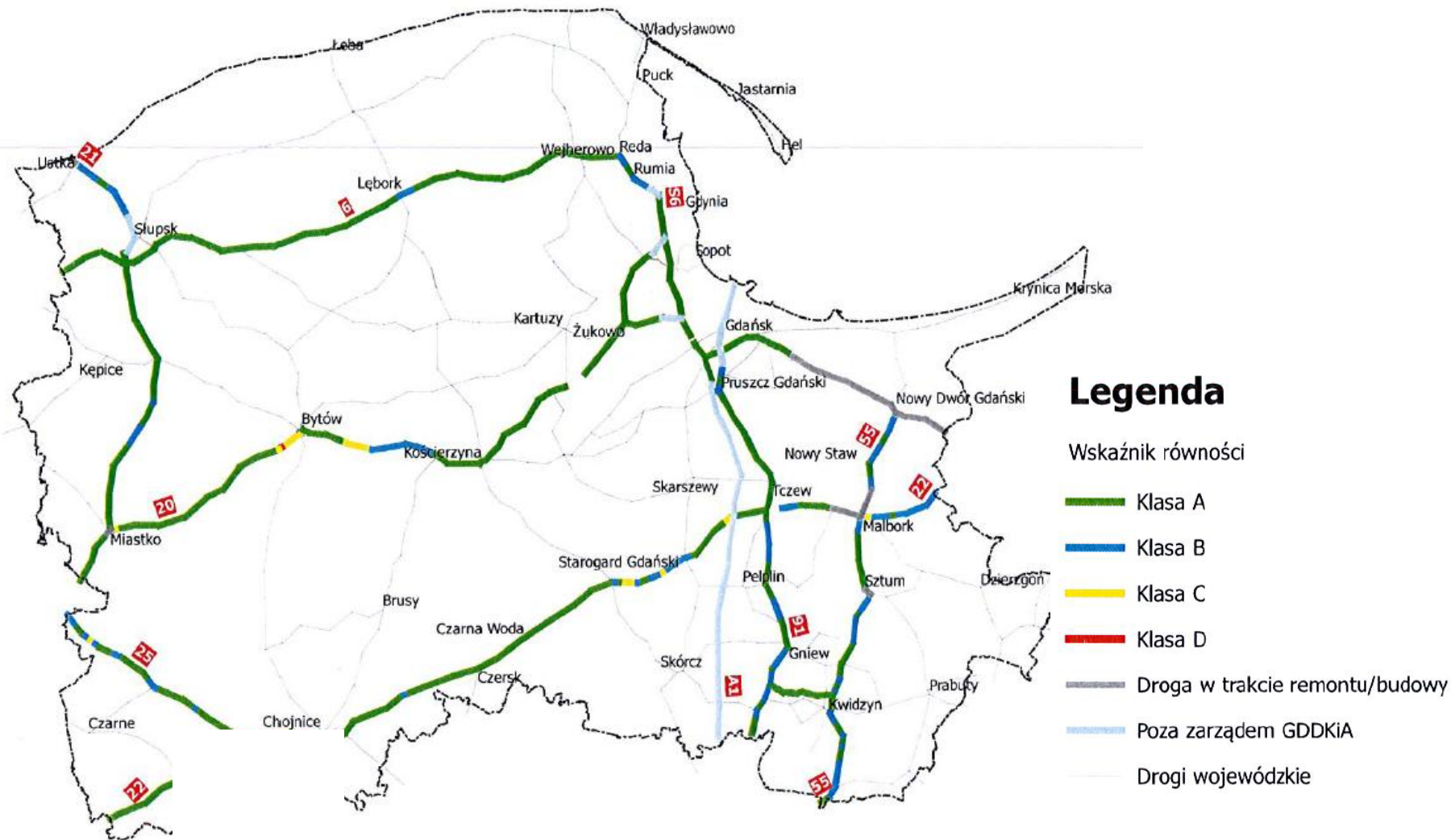


# STAN RÓWNOŚCI DRÓG KRAJOWYCH w Polsce (2017)

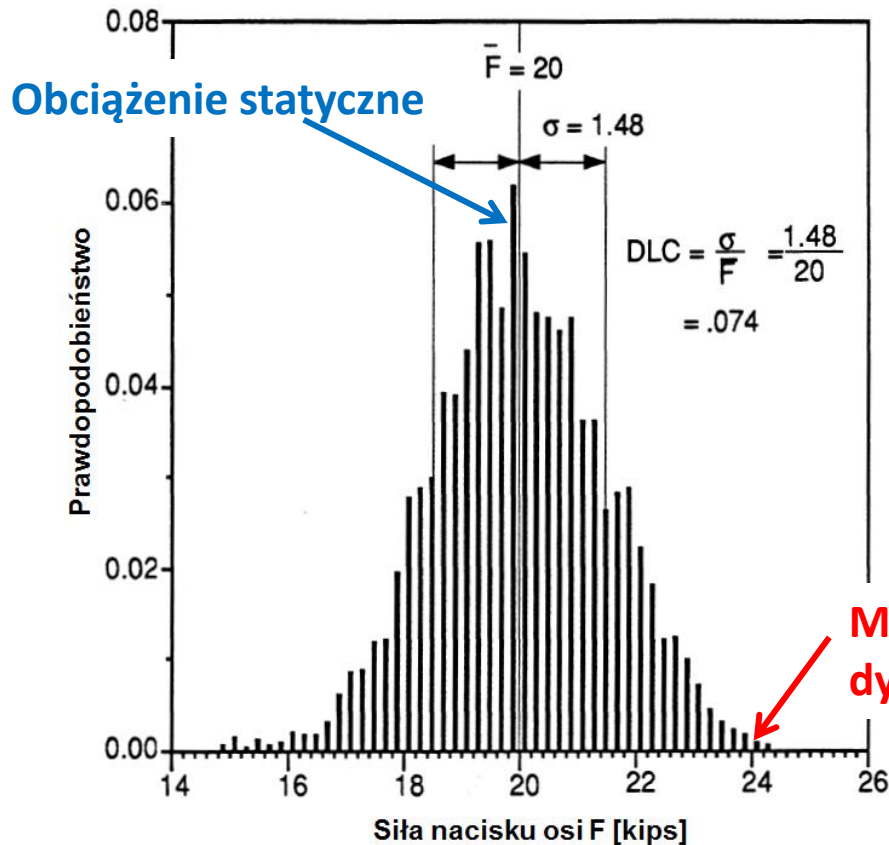


\* - drogi klasy G

# STAN RÓWNOŚCI DRÓG KRAJOWYCH - przykład GDDKiA o/Gdańsk (2017)



## Przykładowy pomiar dynamicznych nacisków osi



### WSKAŹNIKI NACISKÓW DYNAMICZNYCH:

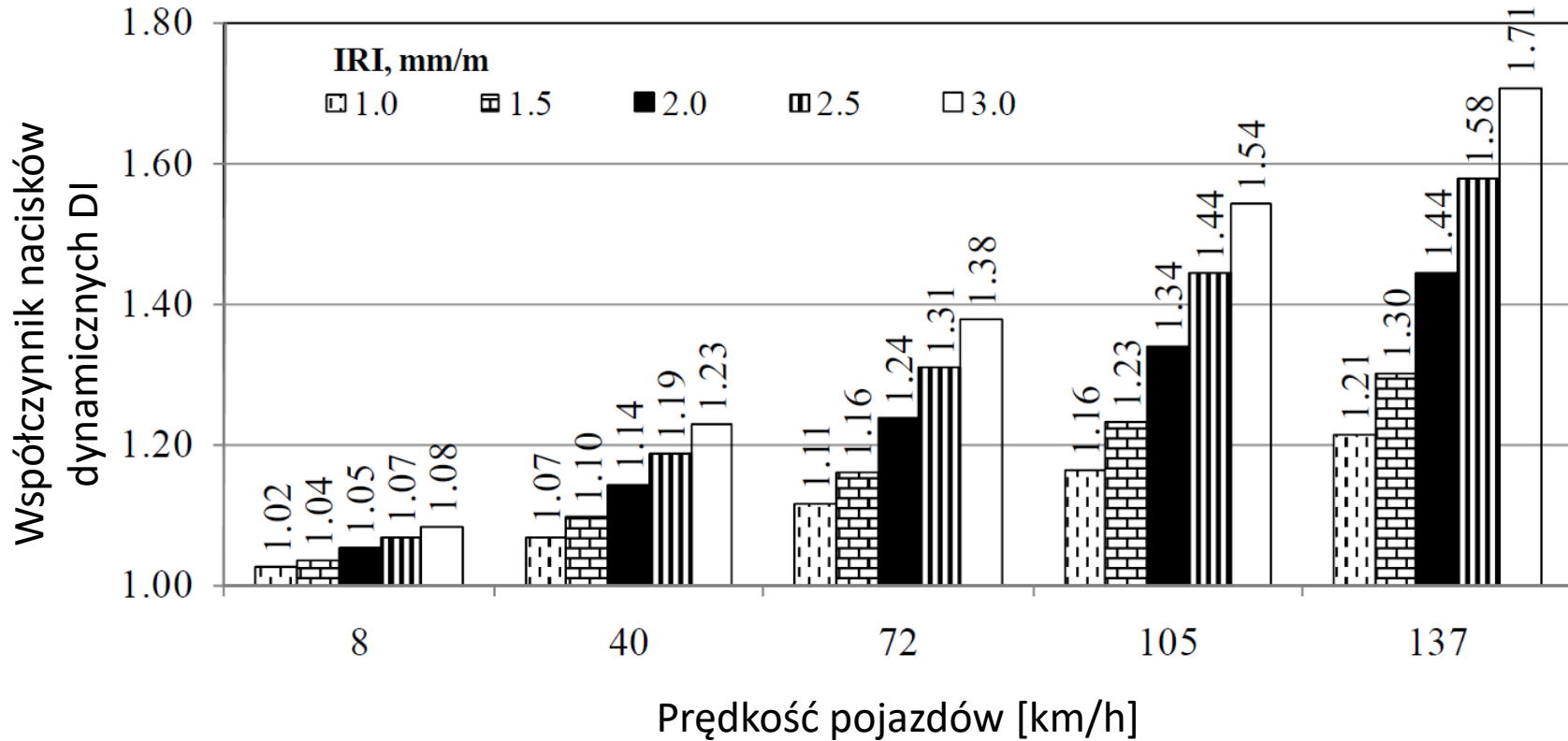
„Dynamic Load Coefficient”

$$DLC = \frac{\sigma}{\bar{F}}$$

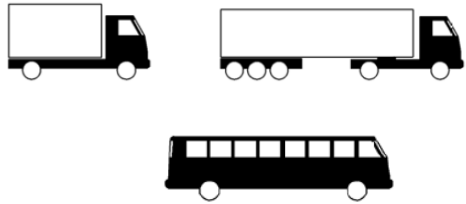
„Dynamic Impact Factor”

$$DI = 1 + Z_r DLC$$

# RÓWNOŚĆ NAWIERZCHNI I PRĘDKOŚĆ POJAZDÓW A OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE



Przyjęty model:  $DI = 1 + \alpha \cdot V \cdot IRI$



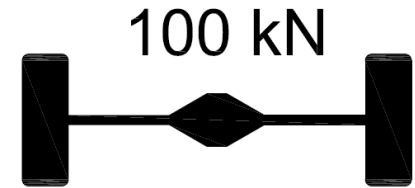
Liczba pojazdów  
lub osi

x

Współczynnik  
równoważności  
obciążenia

=

Liczba równoważnych  
osi standardowych



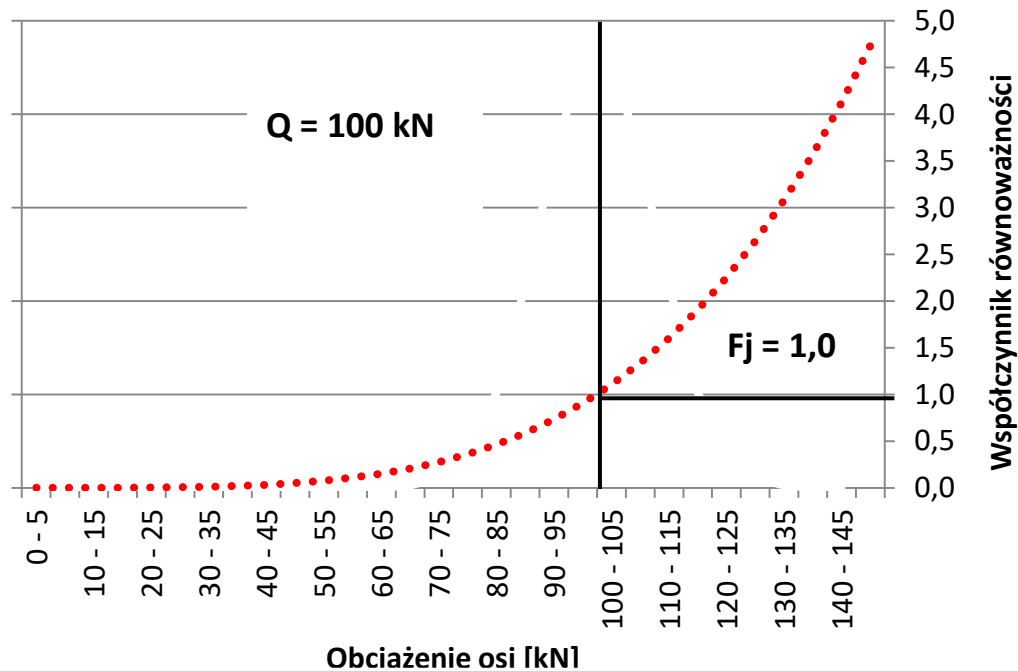
$Q_j$  - zmienne

$$F_j = \left( \frac{Q_j}{Q_s} \right)^n$$

$Q_s = 100 \text{ kN}$

# OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE A WSPÓŁCZYNNIK RÓWNOWAŻNOŚCI

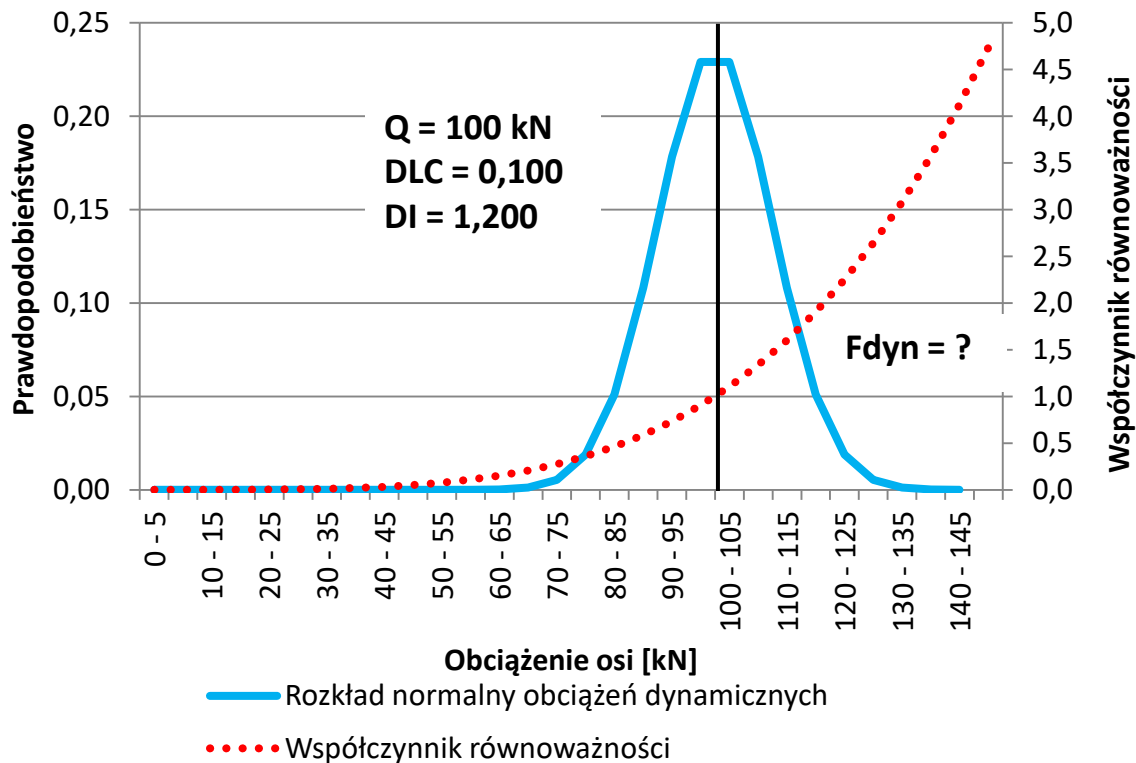
- Współczynnik równoważności obliczono na podstawie wzoru czwartej potęgi



..... Współczynnik równoważności

# OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE A WSPÓŁCZYNNIK RÓWNOWAŻNOŚCI

- Współczynnik równoważności obliczono na podstawie wzoru czwartej potęgi
- Przyjęto rozkład normalny obciążeń dynamicznych



Wykonano następujące przekształcenie:

$$F_{dyn} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_{dyn_i}}{Q_s} \right)^4 p_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_{stat} + \mu_i \cdot DLC \cdot Q_{stat}}{Q_s} \right)^4 p_i$$

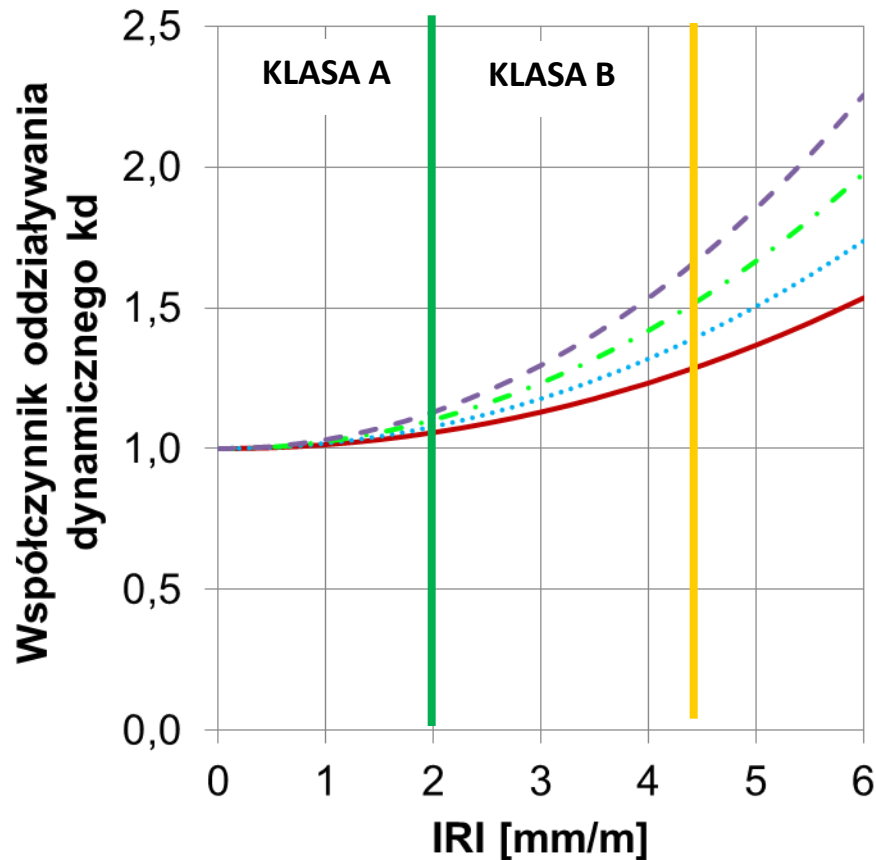
$$F_{dyn} = \left( \frac{Q_{stat}}{Q_s} \right)^4 \cdot \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i \cdot DLC)^4 p_i = k_d \left( \frac{Q_{stat}}{Q_s} \right)^4$$

$$F_{dyn} = k_d F_{stat}$$

$$k_d = \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i \cdot DLC)^4 p_i$$



# WPŁYW RÓWNOŚCI NAWIERZCHNI NA WSPÓŁCZYNNIK DYNAMICZNEGO ODDZIAŁYWANIA POJAZDÓW $k_d$



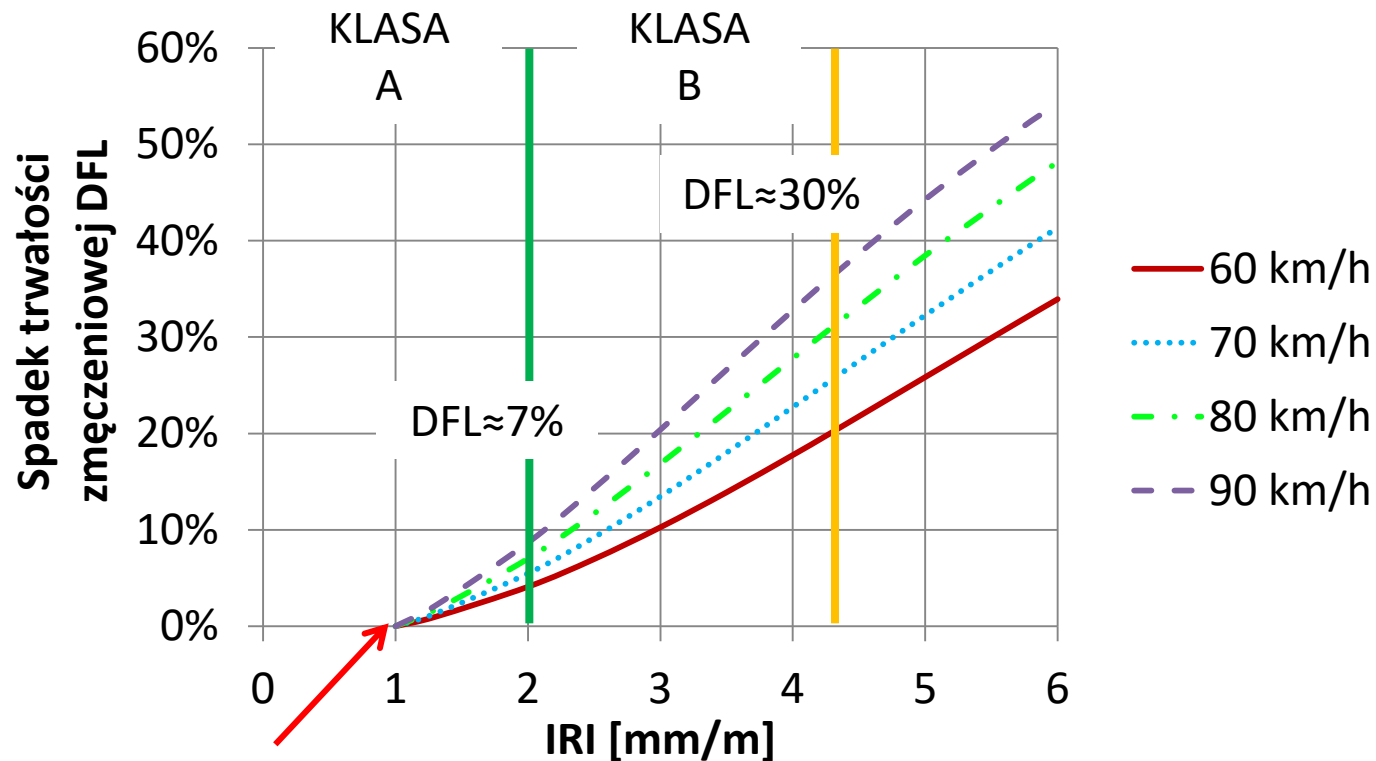
**Wzrost IRI – pogorszenie  
równości oznacza wzrost  
współczynnika  
równoważności  
obciążenia pojazdów**

Średnia prędkość

|  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 60 km/h       | <span style="color: blue;">·····</span> 70 km/h   |
| <span style="color: green;">- - -</span> 80 km/h | <span style="color: purple;">- - -</span> 90 km/h |

# WPŁYW RÓWNOŚCI NA TRWAŁOŚĆ NAWIERZCHNI

$$DFL (\%) = \left( 1 - \frac{F_{dyn,IRIp}}{F_{dyn,IRI}} \right) = \left( 1 - \frac{k_{d,IRIp} \cdot F_{stat}}{k_{d,IRI} \cdot F_{stat}} \right) = \left( 1 - \frac{k_{d,IRIp}}{k_{d,IRI}} \right)$$



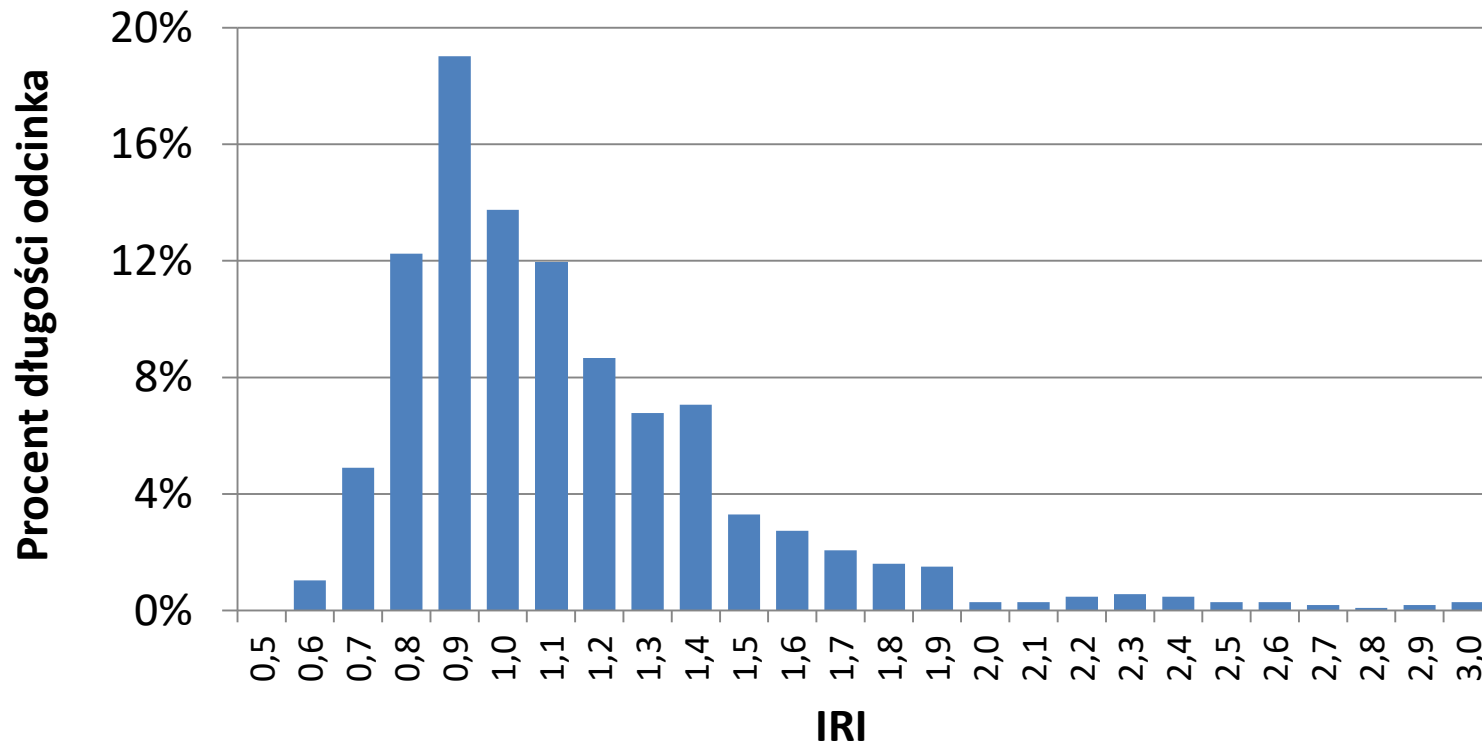
Poziom porównawczy  
IRI = 1,0

- **Droga ekspresowa**
- **2012 – oddanie do ruchu**
- **Długość 18 km**
- **Klasa równości A**
  
- **Dane pomiarowe:**
  - **profilograf RSP**
  - **Rok 2014**

**Klasa równości A wg DSN**

**IRI obliczane co 50 m**

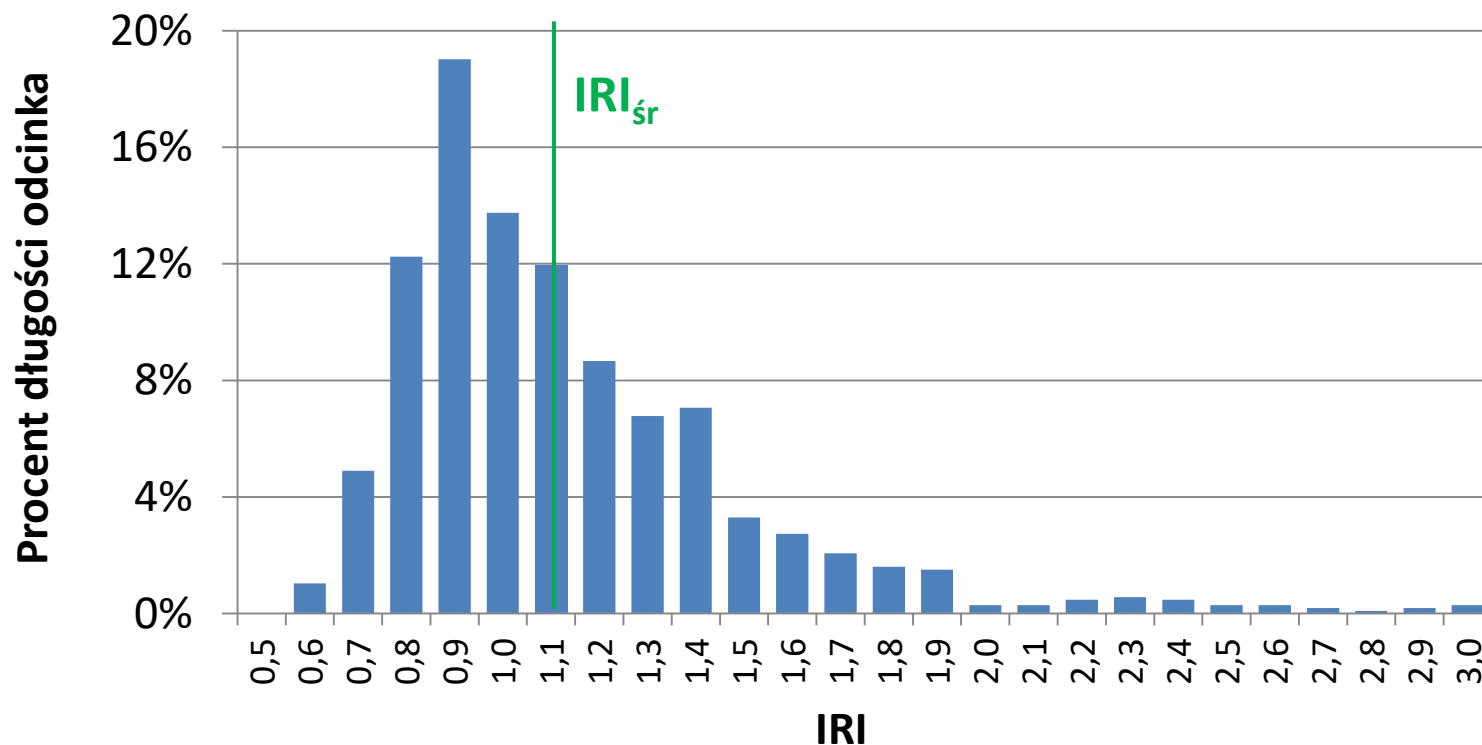
**$IRI_{\text{śr}} = 1,1$  dla całego 18 km odcinka**



**Klasa równości A wg DSN**

**IRI obliczane co 50 m**

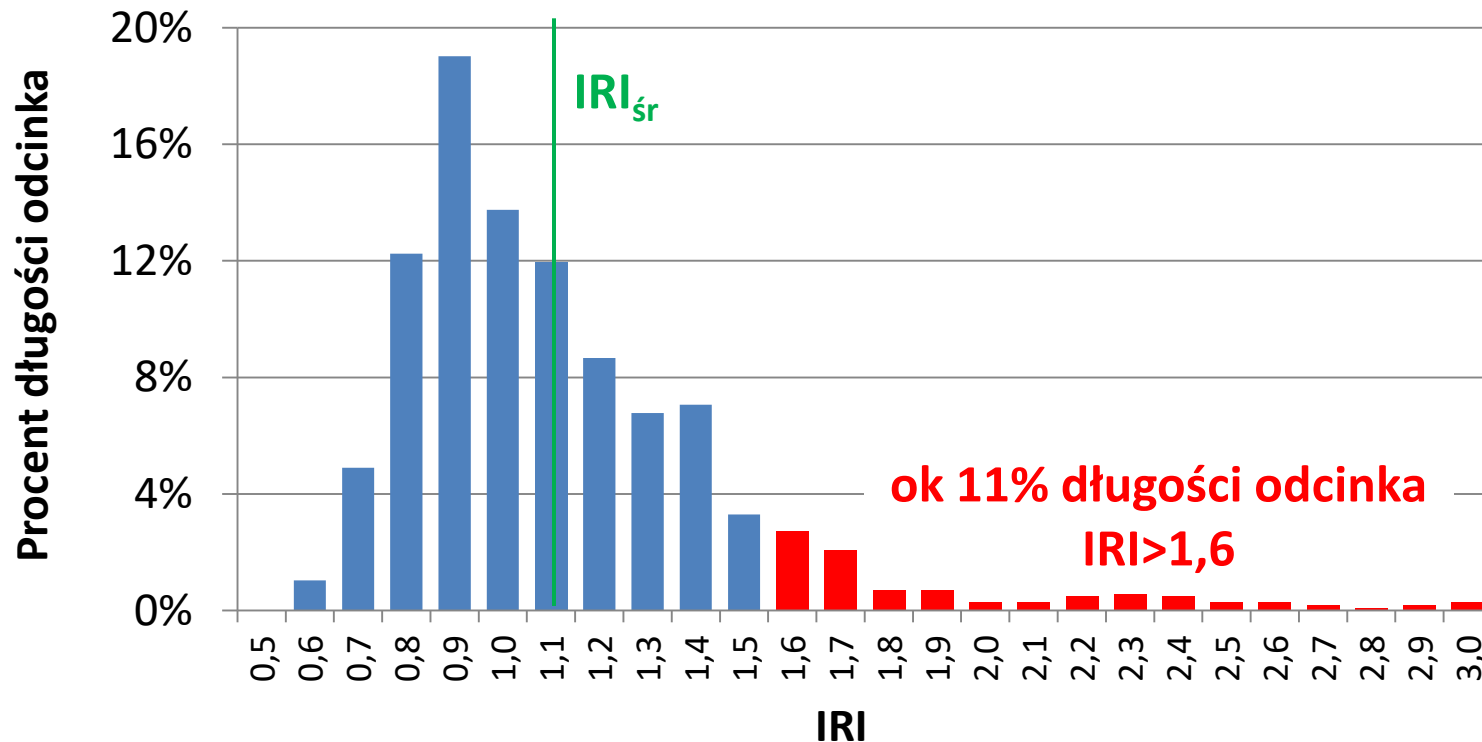
**$IRI_{\text{śr}} = 1,1$  dla całego 18 km odcinka**



Klasa równości A wg DSN

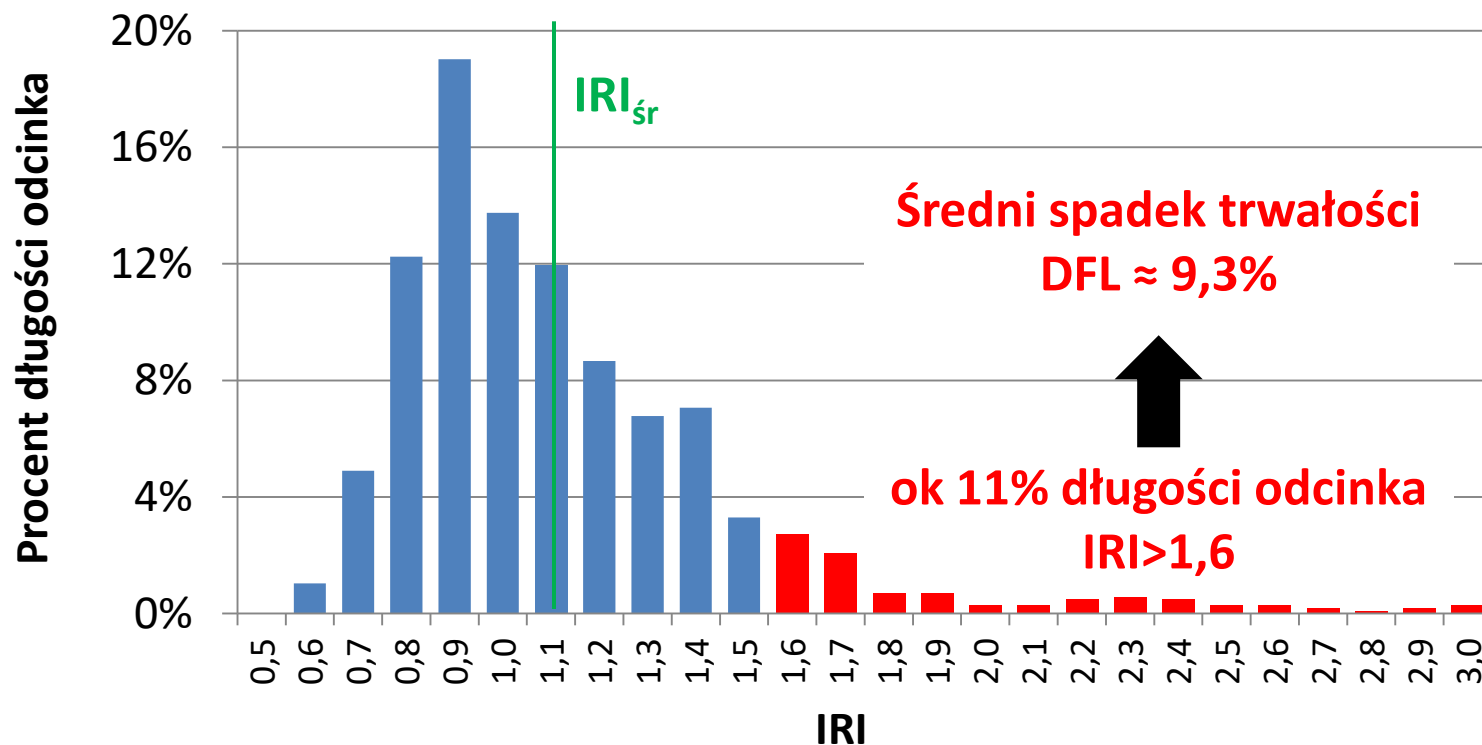
IRI obliczane co 50 m

$IRI_{\text{śr}} = 1,1$  dla całego 18 km odcinka

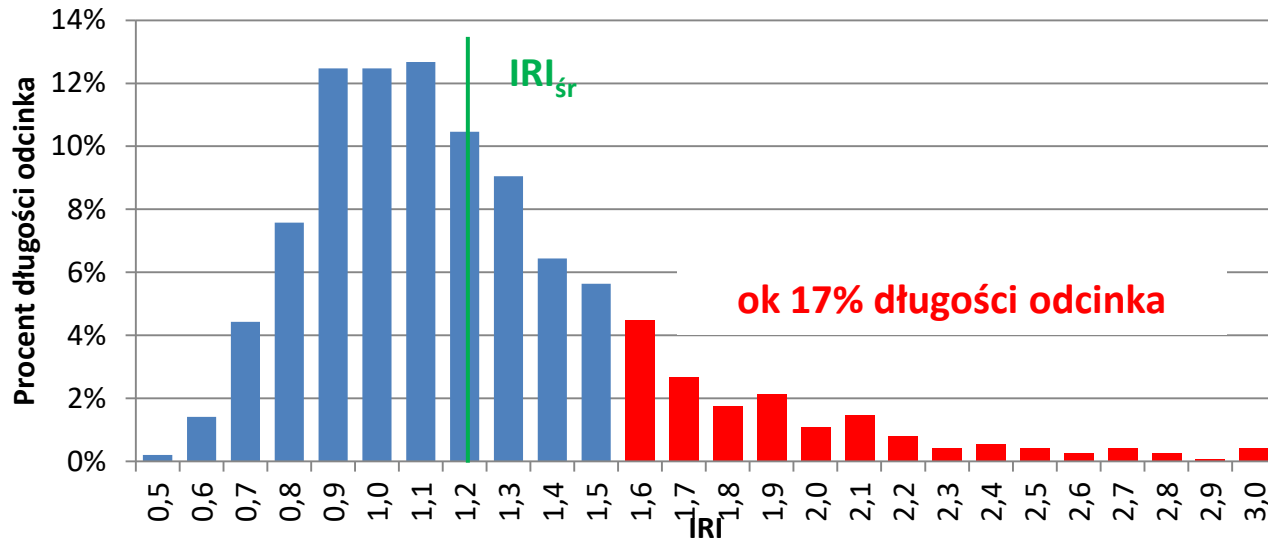


# PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

**Na łącznej długości ok 2 km (11%)  
stan krytyczny zostanie osiągnięty szybciej o ok 9,3%  
niż na pozostałych odcinkach**

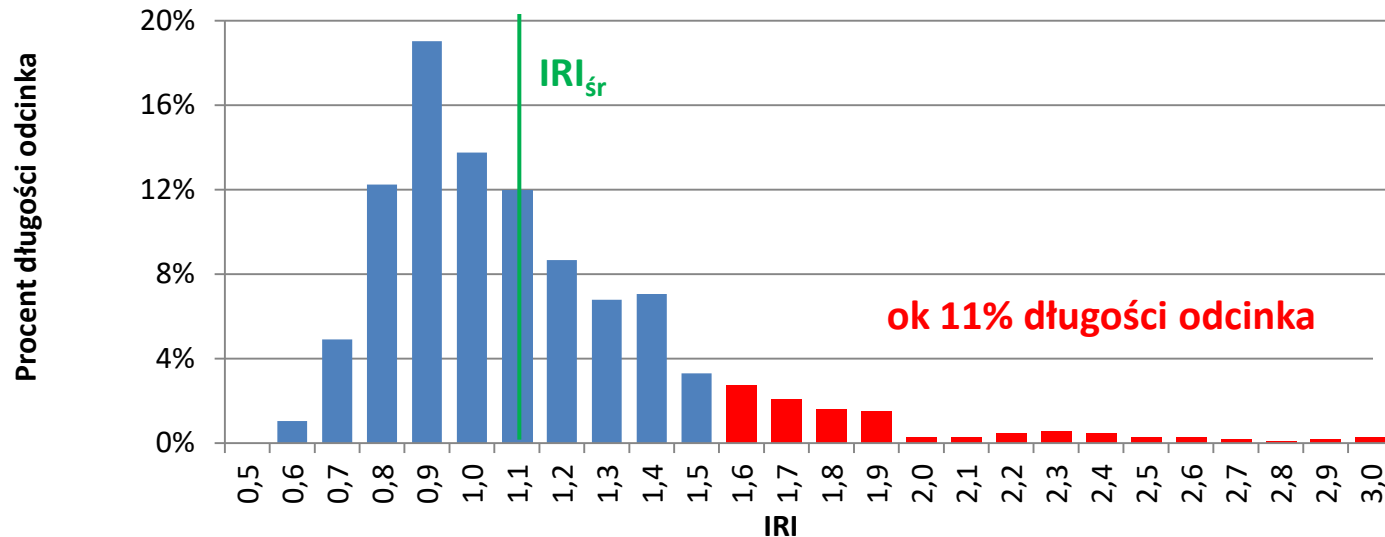


# PORÓWNANIE 2 PRZYPADKÓW



droga 12 letnia

DFL  $\approx$  9,0%



droga 2 letnia

DFL  $\approx$  9,3%



- **Oddziaływania dynamiczne na równych odcinkach o IRI  $\approx 1$  nieznacznie wpływają na trwałość**
- **Odcinki o gorszej równości ulegają znacznie szybszej degradacji**
- **Oddziaływania dynamiczne pojazdów powinny być uwzględniane przy predykcji stanu nawierzchni i planowaniu utrzymania**



**Dziękuję za  
uwagę**