POLITECHNIKA GDAŃSKA

Zastosowanie systemu LCMS-2 do oceny stanu nawierzchni drogowych oraz lotniskowych

dr hab. inż. Marek PSZCZOŁA, prof. PG

KONGRES NAWIERZCHNI 2023
Kraków, 22-24 listopada
www.konferencjespecjalistyczne.pl

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Współautorzy i Zespół Badawczy (ZESPÓŁ BUDOWY DRÓG)

- dr hab. inż. Piotr JASKUŁA, prof. PG
- dr hab. inż. Marek PSZCZOŁA, prof. PG
- dr hab. inż. Dawid RYŚ, prof. PG
  - dr inż. Mariusz JACZEWSKI
  - dr inż. Bohdan DOŁŻYCKI
  - dr inż. Marcin STIENSS
  - dr inż. Cezary SZYDŁOWSKI

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Plan prezentacji:

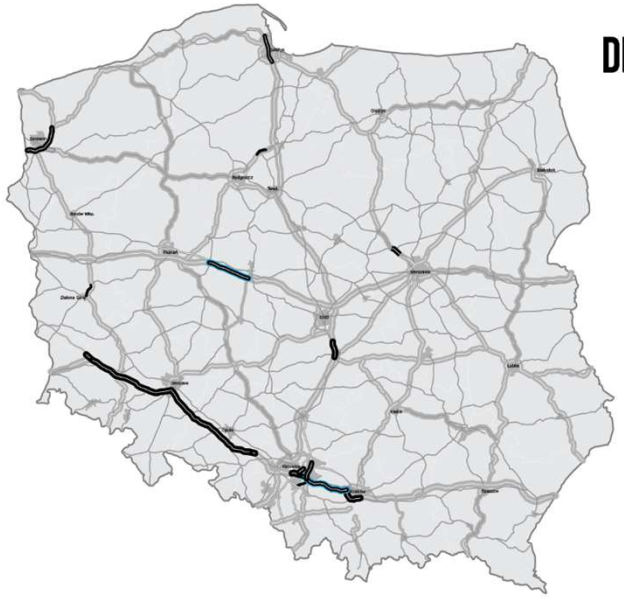
- Znaczenie oceny stanu nawierzchni
- Diagnostyka Stanu Nawierzchni
- System do automatycznej oceny stanu nawierzchni LCMS-2
- Przykłady zastosowania systemu LCMS-2 do analiz strategii utrzymaniowych
- Podsumowanie i wnioski

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Intensywny rozwój sieci drogowej w Polsce w ciągu ostatnich 20 lat

- **Porównanie intensywnego rozwoju sieci drogowej w Polsce na przykładzie dróg szybkiego ruchu**



DROGI SZYBKIEGO RUCHU

2002

1 KWIETNIA

409,7 KM - A

109,8 KM - S

519,5 KM - RAZEM

DROGI SZYBKIEGO RUCHU

2022

1 KWIETNIA

1753,6 KM - A

2869,7 KM - S

4623,3 KM - RAZEM

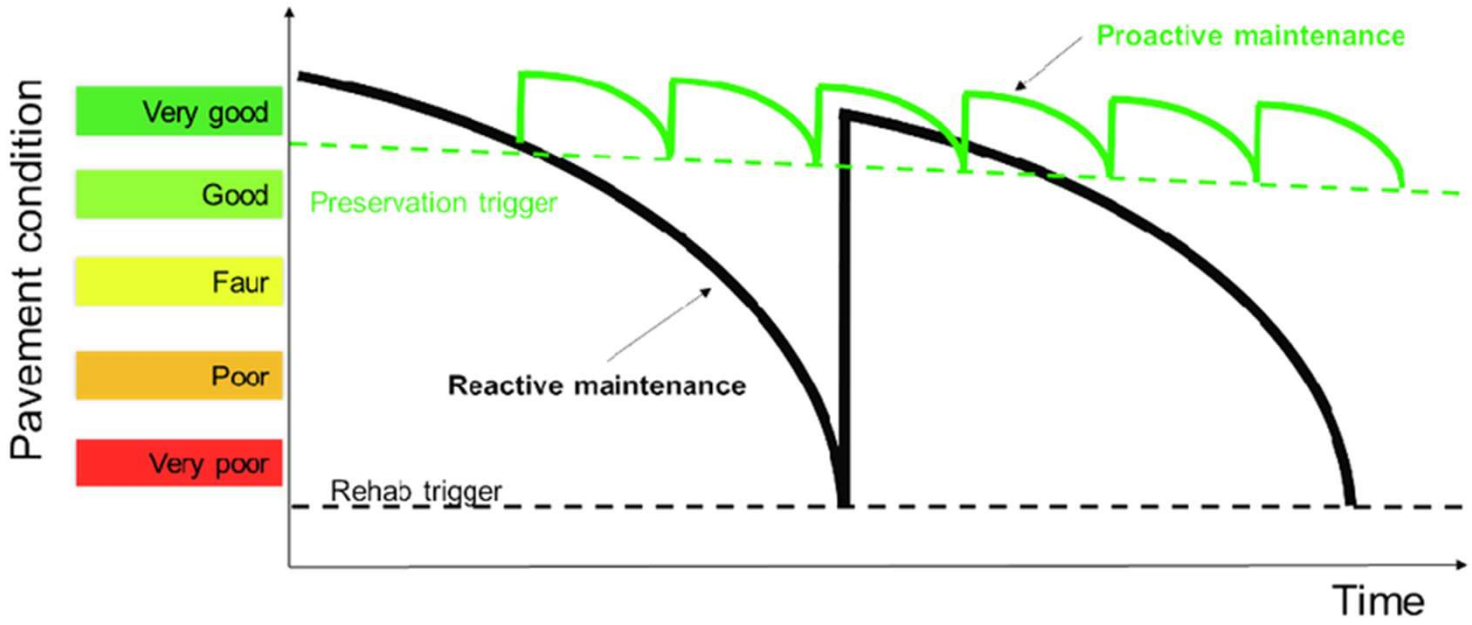
Źródło: strona internetowa GDDKiA, https://www.gov.pl/web/gddkia/od-20-lat-dbamy-o-utrzymanie-i-rozwoj-infrastruktury-drogowej-w-polsce2, dostęp 3.11.2023 r.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Strategie zarządzania infrastrukturą drogową

- Reaktywna
- Prewencyjna
- Prognostyczna
- W pełni proaktywna



Źródło: Prof. Adam Zofka „Proaktywna strategia zarządzania elementami infrastruktury drogowej ”, Studia i Materiały, Zeszyt nr 82 IBDiM, Warszawa 2019

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Konieczność stałej kontroli stanu technicznego nawierzchni drogowych

- **Stała kontrola stanu technicznego nawierzchni drogowych jest prowadzona głownie na sieci dróg krajowych (GDDKiA),**
- **Drogi wojewódzkie, powiatowe oraz gminne kontrolowane są w mniejszym stopniu lub brak jest informacji dotyczących stanu nawierzchni,**
- **W konsekwencji brak jest właściwych strategii utrzymaniowych oraz planowania odpowiednich technologii napraw (najczęściej prowadzi się naprawy doraźne, w okresie wczesno-wiosennym).**

Źródło: https://zdm.waw.pl/aktualnosci/naprawa-nawierzchni-drog-jak-usuwamy-ubytki-w-jezdni/

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Podstawowe cechy nawierzchni oceniane wg. DSN (GDDKiA, 2019)

- ***Nośność (trwałość)*** **- opisująca zdolność nawierzchni do przenoszenia obciążeń od ruchu drogowego, ocena dokonywana na poziomie sieci drogowej,**

- ***Równość*** **- określająca w jakim stopniu powierzchnia nawierzchni drogowej jest zbieżna z powierzchnią płaską,**

- ***Właściwości przeciwpoślizgowe*** **- charakteryzujące przyczepność pomiędzy nawierzchnią a oponą pojazdu. W szczególności opisują one zdolność do wytwarzania siły tarcia podczas poślizgu koła,**

- ***Cechy powierzchniowe*** **- charakteryzujące uszkodzenia nawierzchni oraz inne jej właściwości, istotne z punktu widzenia zarządzania eksploatacją nawierzchni, widoczne na jej powierzchni.**

Źródło: Zarządzenie nr 21 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 czerwca 2019 r. pt. „Diagnostyka stanu nawierzchni i wybranych elementów korpusu drogi - wytyczne stosowania”.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Ogólne zasady oceny stanu nawierzchni wg. DSN

Dane o parametrach techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni gromadzone w ramach corocznie wykonywanych przez GDDKiA badań stanu nawierzchni zawierają informacje m.in. o:

- **wskaźniku ugięć nawierzchni,**
- **wskaźniku krzywizny ugięcia nawierzchni,**
- **wskaźniku stanu spękań,**
- **równości podłużnej,**
- **równości poprzecznej,**
- **wskaźniku stanu powierzchni,**
- **właściwościach przeciwpoślizgowych,**
- **makroteksturze (parametr pomocniczy).**

Źródło: Zarządzenie nr 21 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 czerwca 2019 r. pt. „Diagnostyka stanu nawierzchni i wybranych elementów korpusu drogi - wytyczne stosowania”.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Ogólne zasady oceny stanu nawierzchni wg. DSN

Każdy parametr podlega ocenie poprzez zakwalifikowanie do jednej z klas w czterostopniowej skali. Po przetworzeniu danych pomiarowych poszczególnych parametrów, następuje kwalifikacja odcinków nawierzchni do następujących klas:

- **Klasa A – odcinek o nawierzchni w stanie dobrym,**
- **Klasa B – odcinek o nawierzchni w stanie zadowalającym,**
- **Klasa C – odcinek o nawierzchni w stanie niezadowalającym,**
- **Klasa D – odcinek o nawierzchni w stanie złym.**

Zagregowane wyniki stanu technicznego nawierzchni z poszczególnych odcinków służą do wyznaczania oceny stanu nawierzchni jezdni, tj. wyznaczenia trzech poziomów decyzyjnych:

- **poziom pożądany – obejmuje dwie klasy stanu nawierzchni: klasę A, która oznacza nawierzchnie w stanie dobrym oraz klasę B, która oznacza nawierzchnie w stanie zadowalającym,**
- **poziom ostrzegawczy – obejmuje klasę C,**
- **poziom krytyczny – obejmuje klasę D.**

Źródło: Zarządzenie nr 21 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 czerwca 2019 r. pt. „Diagnostyka stanu nawierzchni i wybranych elementów korpusu drogi - wytyczne stosowania”.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Ocena stanu nawierzchni – stosowane urządzenia pomiarowe

Profilograf laserowy

FWD

GPR

TSD

UGIĘCIOMIER

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

LCMS-2 (ang. Laser Crack Measurement System) - System Laserowego Pomiaru Spękań (Uszkodzeń Powierzchniowych)

Dane rejestrowane systemu LCMS-2:

- **wszystkie rodzaje spękań (podłużne, poprzeczne, siatkowe),**
- **makrotekstura nawierzchni,**
- **wyboje i łaty oraz ubytki nawierzchni,**
- **równość podłużna IRI,**
- **równość poprzeczna (koleiny).**

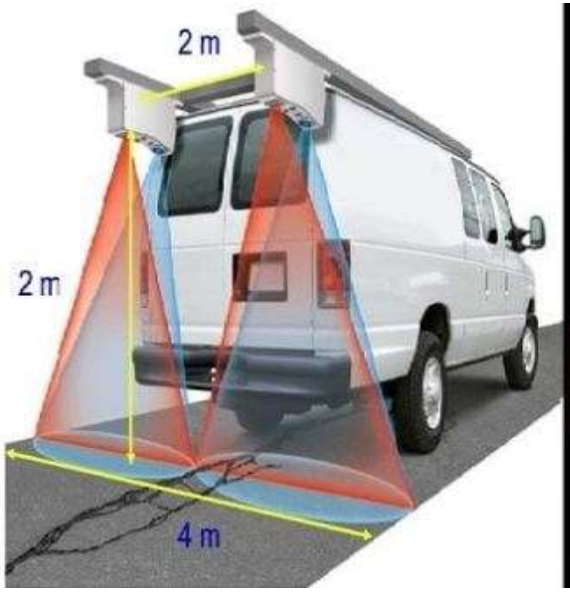
Zakup zrealizowany z grantu IDUB Uczelnia Badawcza pt. Research Core Facilities w roku 2022

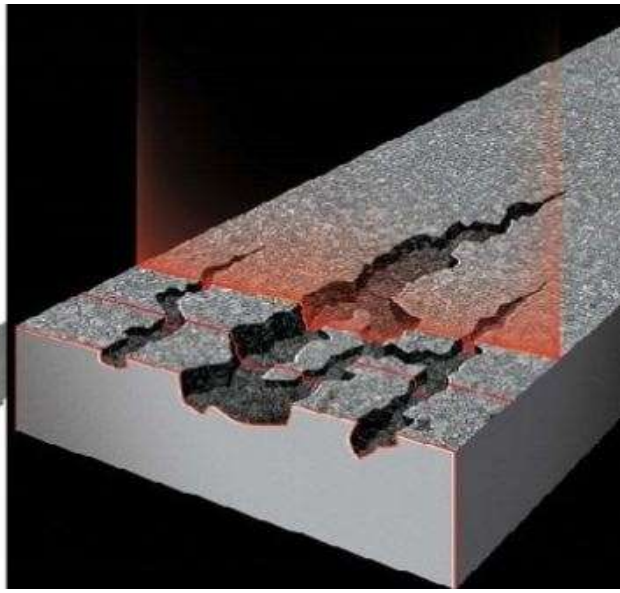
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Budowa i zasada działania systemu LCMS-2

- Obraz 3D nawierzchni o bardzo wysokiej rozdzielczości, połączony z rejestracją linii laserowej (2 projektory),
- System GPS Applanix – dokładne pozycjonowanie,
- System synchronizacji czasu Meinberg,
- Server LCMS i PC,
- System pomiaru odległości DMI, i kamera poglądowa z przodu pojazdu,
- Pomiar dokonywany z prędkością ruchu pojazdów (do 100 km/h),
- Odstęp między profilami pomiarowymi 1 mm, dokładność odczytu 0,5 mm,
- Zakres pomiaru do 4 m,
- Oprogramowanie do przetwarzania danych pomiarowych.



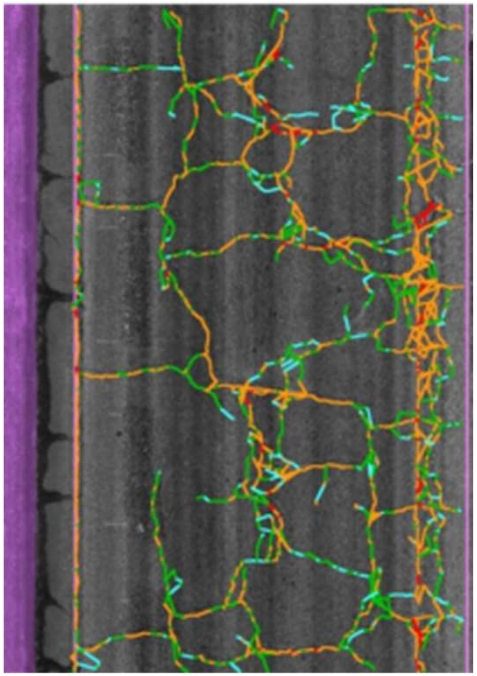


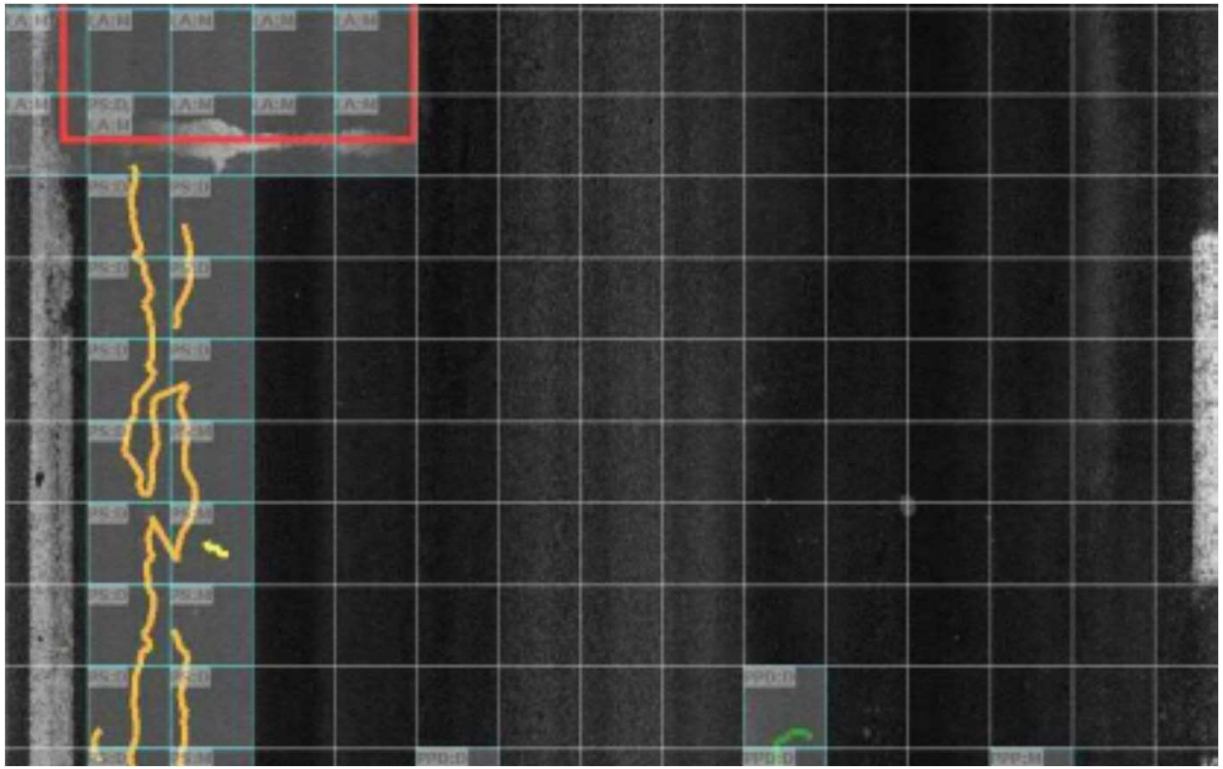
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Rejestracja uszkodzeń podlega analizie z wykorzystaniem oprogramowania RoadInspect firmy Pavemetrics

Analiza zarejestrowanego obrazu uszkodzeń nawierzchni:

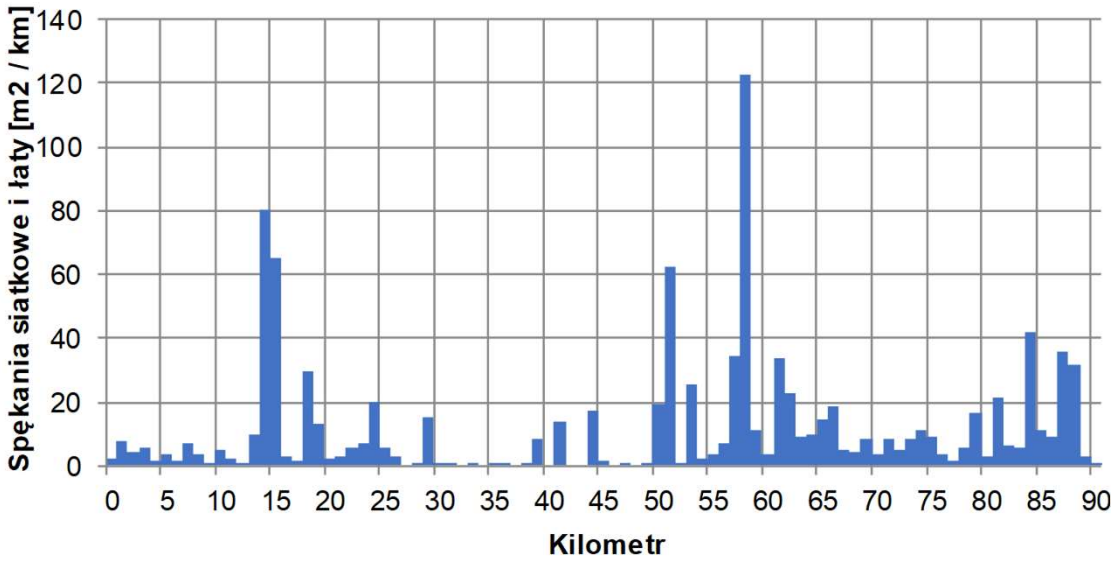




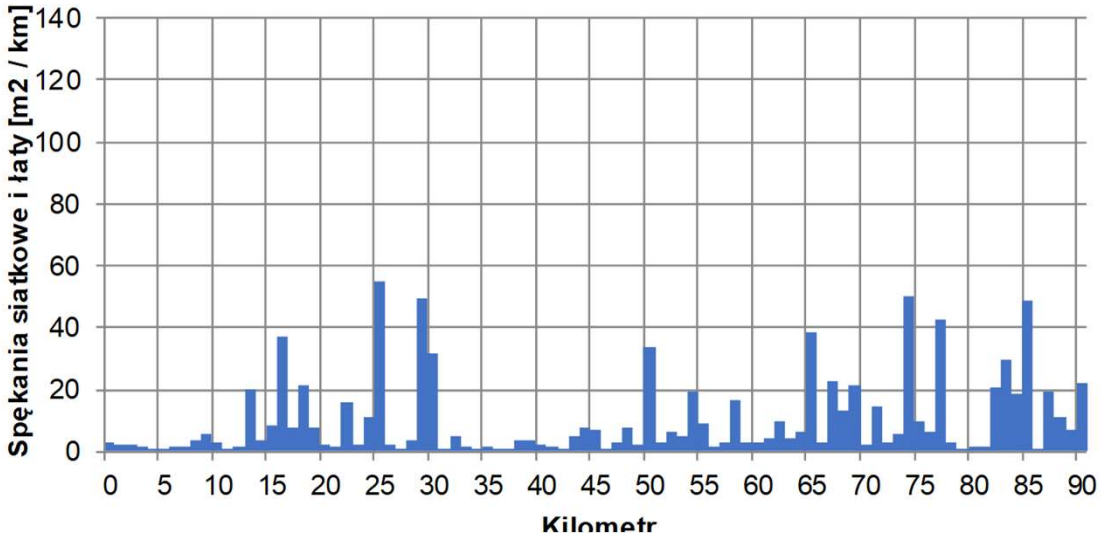
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

LCMS-2: Przykład analizyspękań siatkowych i łat, suma na poszczególnych kilometrach trasy głównej autostrady



Jezdnia lewa

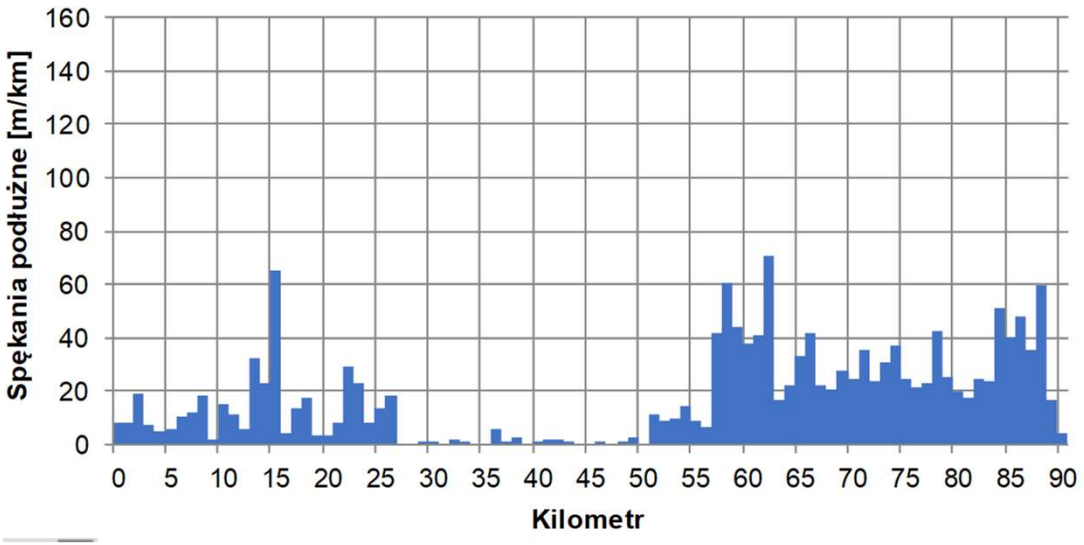


Jezdnia prawa

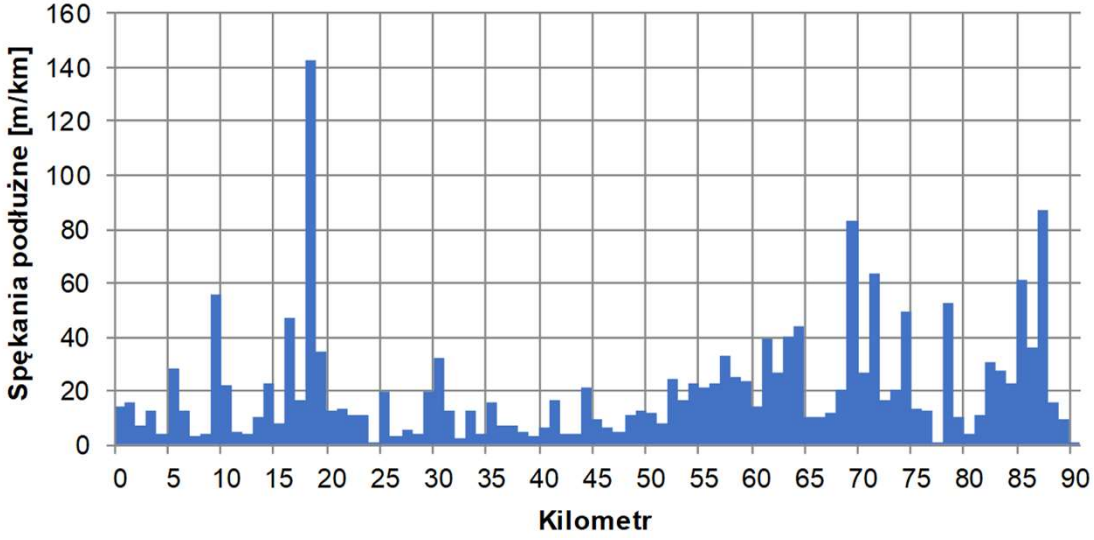
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

LCMS-2: Spękania podłużne, suma na poszczególnych kilometrach trasy głównej



Jezdnia lewa

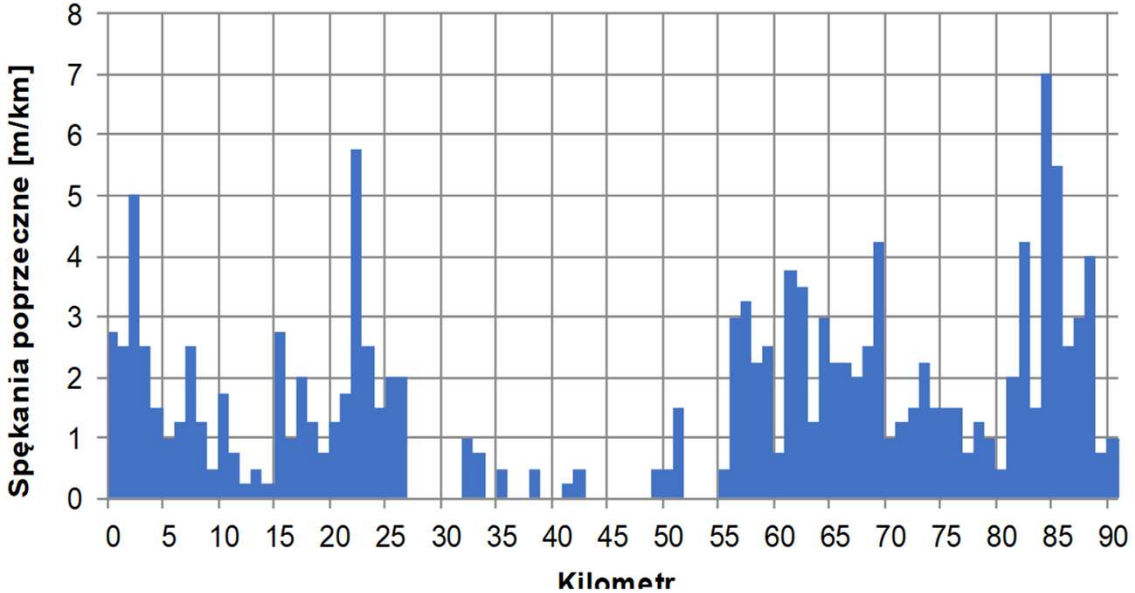


Jezdnia prawa

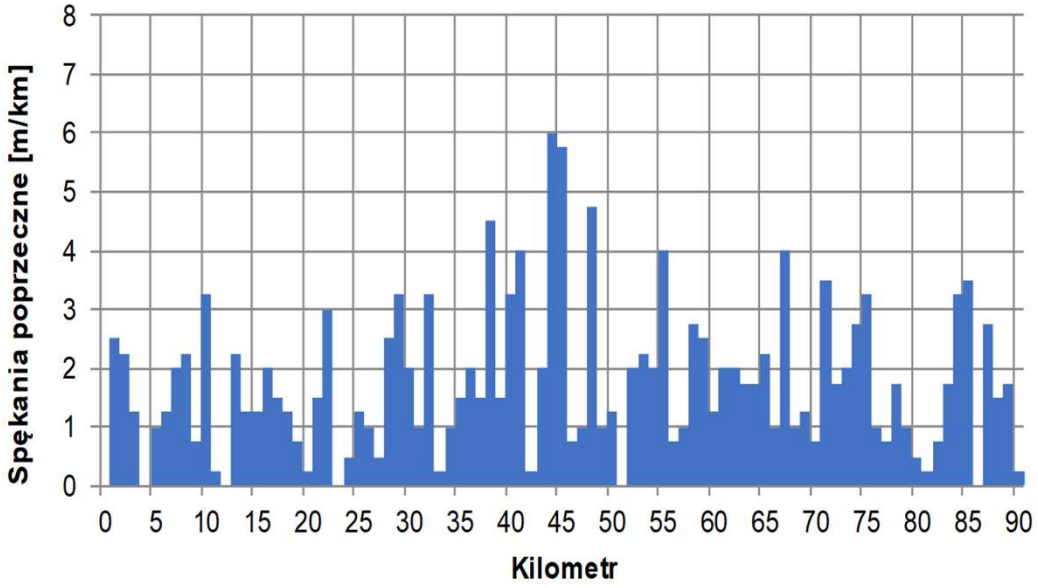
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

LCMS-2: Spękania poprzeczne, suma na poszczególnych kilometrach trasy głównej



Jezdnia lewa

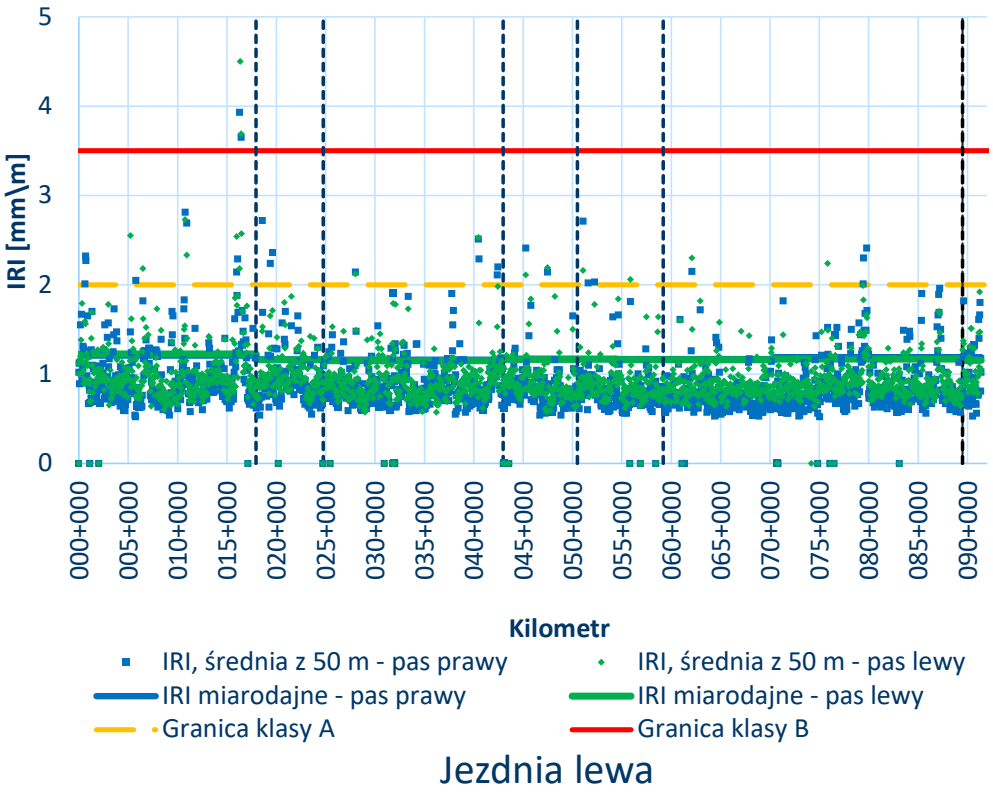


Jezdnia prawa

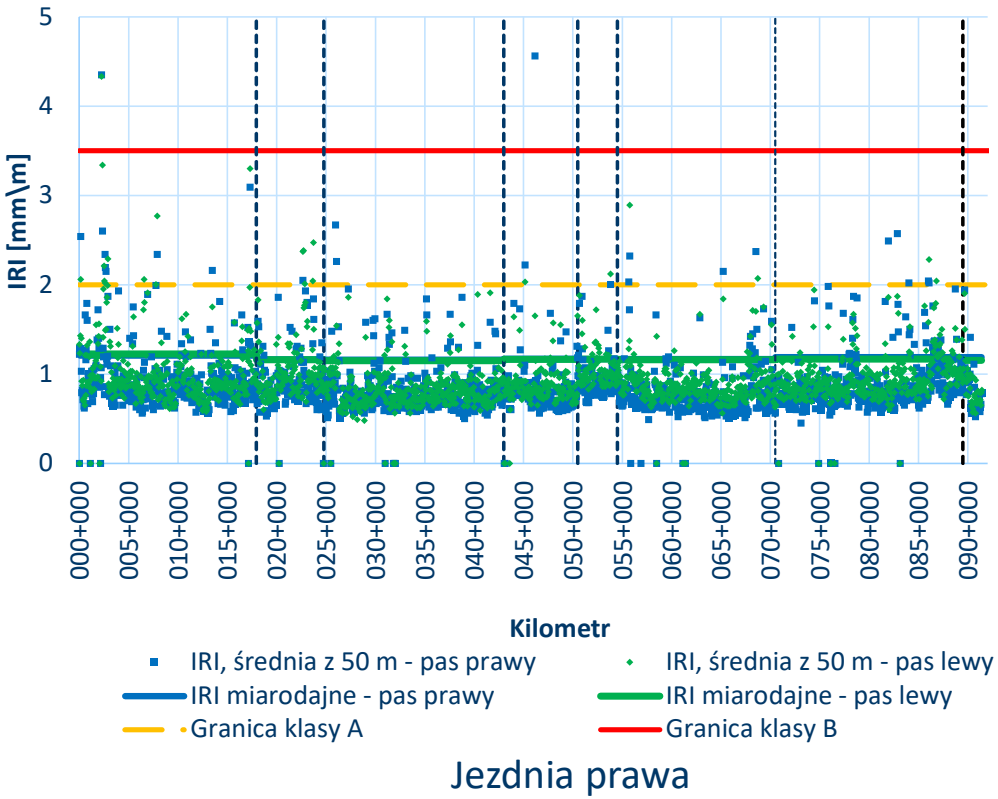
POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

LCMS-2: Analiza równości podłużnej IRI



Jezdnia lewa



Jezdnia prawa

POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Opracowywanie scenariuszy utrzymaniowych nawierzchni

- **Dane z systemu LCMS-2 są wykorzystywane do weryfikacji wyników i kalibracji modeli w metodzie M-EPDG**
- **M-EPDG: Podręcznik Mechanistyczno-Empirycznego Projektowania Nawierzchni Drogowych jest jedną z metod przewidywania stanu nawierzchni,**
- **Metoda wykorzystuje także dane o ruchu drogowym i dane klimatyczne, które są łączone z właściwościami zastosowanych materiałów.**

Load spectrum
q = 850 kPa

Layer system:

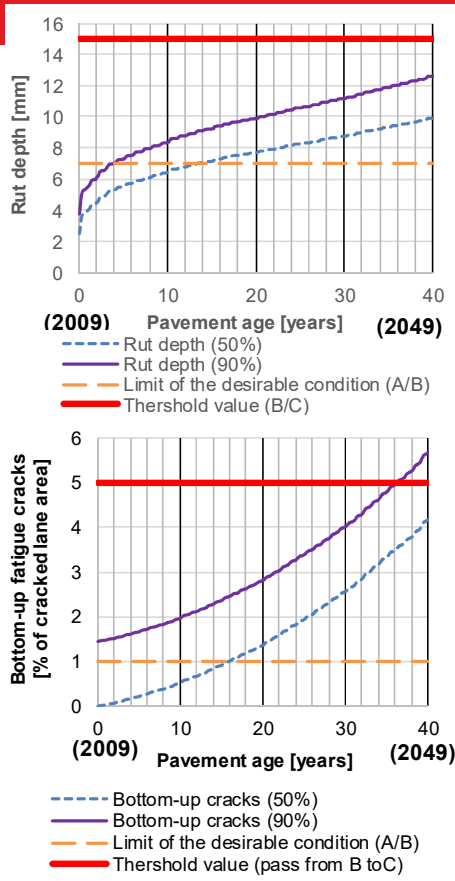
Layer type	Material	Thickness [cm]	Basis of the adopted stiffness moduli
Wearing course	SMA11 with DE 80 B bitumen	3.5	SPT – tests of the SMA mixtures from the 2021 expert analysis
Binder course	BA0/20 asphalt concrete with DE 30 B bitumen	8.0	SPT – tests of cored samples
Asphalt base	BA0/25 asphalt concrete with 35/50 bitumen	15.5	SPT - tests of cored samples
Granular base	Crushed aggregate 0/31.5 C 90/3	20	FWD deflection measurements – the 90th percentile E2 modulus from backcalculations
Remaining lower layers and the subgrade	-	∞	FWD deflection measurements – the 90th percentile E3 modulus from backcalculations

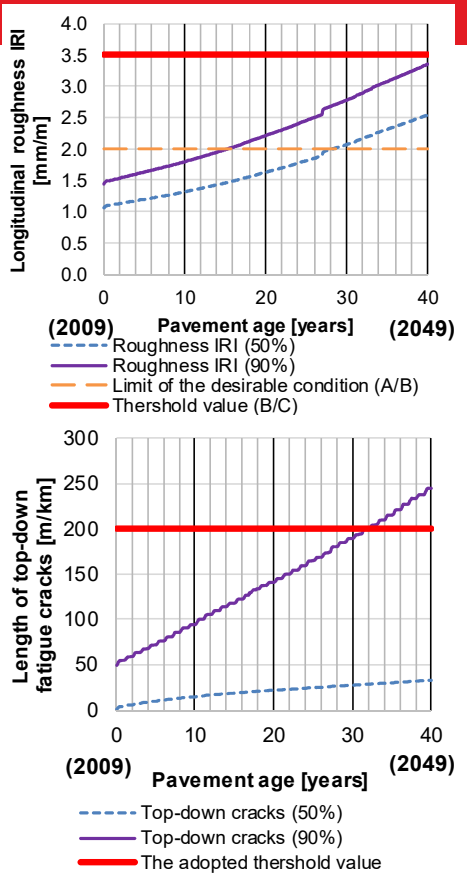
POLITECHNIKA GDAŃSKA

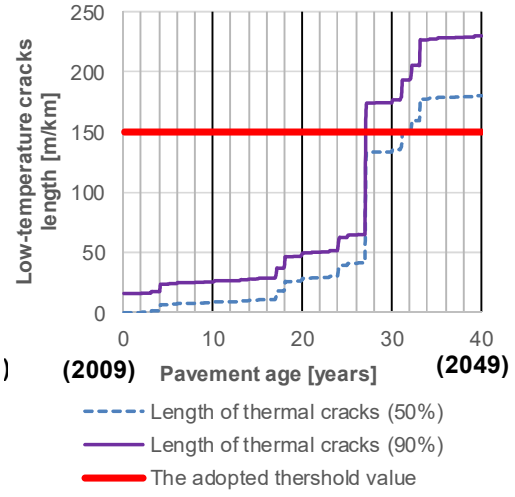
UCZELNIA BADAWCZA

Wyniki analizy strategii utrzymaniowych nawierzchni - przykład dla jednej z polskich autostrad

- analizy przeprowadzono w roku otwarcia autostrady,
- współczynnik kalibracji ustawiono tak, aby w 2022 r. uzyskać uszkodzenia na poziomie wyników z LCMS,
- metoda ta pozwala przewidzieć, jaki poziom uszkodzeń powstanie w przyszłości,
- można zaplanować działania utrzymaniowe,
- zaleca się wymianę warstwy ścieralnej,
- na tym etapie ułożenie nakładek nie jest koniecznie.







POLITECHNIKA GDAŃSKA

UCZELNIA BADAWCZA

Podsumowanie i wnioski:

- Ze względu na dużą ilość wybudowanych nowych odcinków dróg oraz przeprowadzonych modernizacji nawierzchni występuje pilna konieczność prowadzenia stałej oceny stanu technicznego konstrukcji nawierzchni na całej sieci drogowej w Polsce

- System LCMS-2 jest bardzo dobrym narzędziem do automatycznej oceny stanu nawierzchni drogowych i lotniskowych

- Wyniki uzyskane dzięki zastosowaniu systemu LCMS-2 pozwalają na opracowywanie strategii utrzymaniowych nawierzchni w celu skuteczniejszego wdrażania rozwiązań proaktywnych i zapewnienia jak najdłuższych okresów funkcjonowania dróg bez poważniejszych prac remontowych

P
G
POLITECHNIKA
GDAŃSKA

UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI
Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego