

HAŁAŚLIWOŚĆ NAWIERZCHNI DROGOWYCH

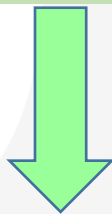
Prof. dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk
Politechnika Białostocka

Wisła, 26 – 28.04.2022

Dyrektywa 2002/49/WE z dnia

22.06.2002r.

- mapy akustyczne i programy „walki” z hałasem
 - dostęp do informacji o hałasie
 - metody badania i wskaźniki oceny
- działania w celu poprawy klimatu akustycznego



Ograniczenie hałasu drogowego –

**m.in. przez promowanie
i stosowanie cichych nawierzchni**

Dyrektywa 2015/996 z dnia

19.05.2015r.

- jednolite podejście w krajach Unii Europejskiej do prognozowania hałasu



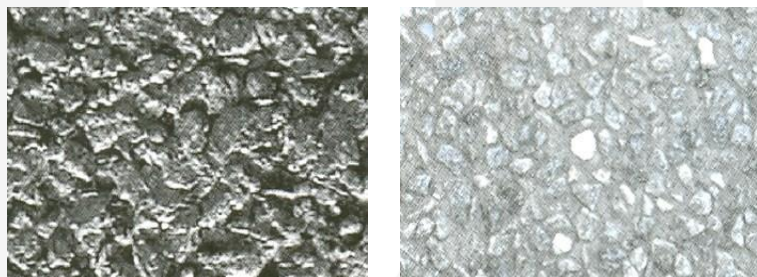
- **Metoda CNOSSOS-EU** (Common Noise Assessment Methods in Europe) jako podstawowa metoda prognozowania hałasu
- **Metoda SPB** jako podstawowa metoda oceny wpływu ruchu drogowego i rodzaju nawierzchni na poziom hałasu
 - **Pięć kategorii pojazdów**

- 1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych**
- 2. Skuteczność nawierzchni o obniżonej hałaśliwości w „walce” z nadmiernym poziomem hałasu**
- 3. Trwałość akustyczna nawierzchni drogowych**
- 4. Ocena akustyczna nawierzchni drogowych**
- 5. Kierunki rozwoju „cichych” nawierzchni drogowych**

1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych

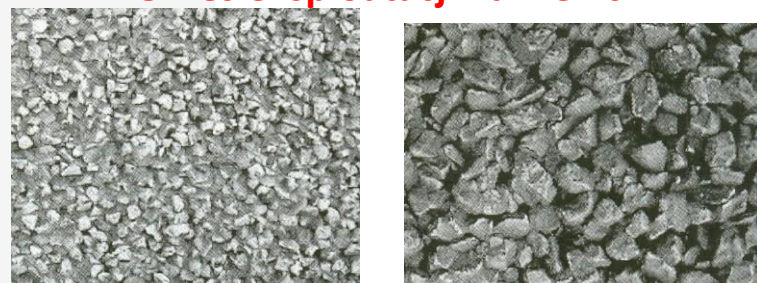
Nawierzchnie asfaltowe o strukturze zamkniętej

- ✓ technologia wykonania warstwy ścieralnej
- ✓ **maksymalne uziarnienie kruszywa**
- ✓ **makrotekstura powierzchni**



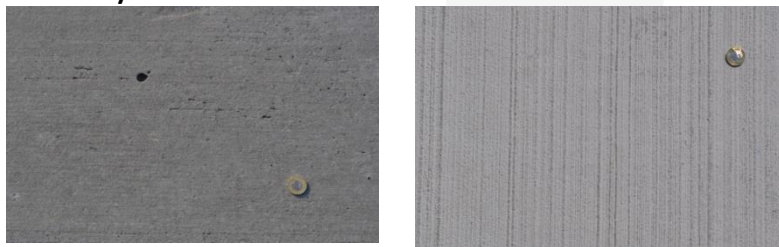
Nawierzchnie porowate

- ✓ **Zawartość wolnych przestrzeni**
- ✓ Maksymalne uziarnienie kruszywa
- ✓ Liczba i grubość warstw,
- ✓ **Okres eksploatacji nawierzchni**



Nawierzchnie z betonu cementowego

- ✓ Technologia wykonania
- ✓ **Technika teksturowania powierzchni**
- ✓ Sztywność nawierzchni

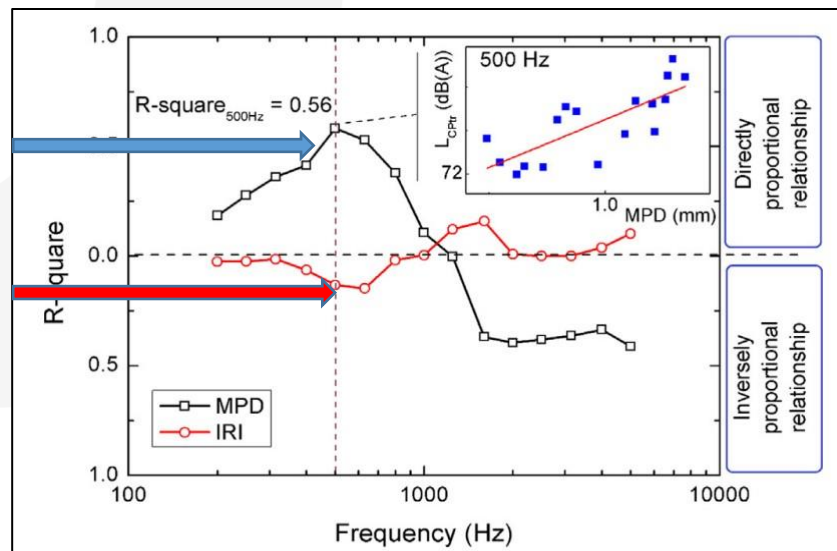
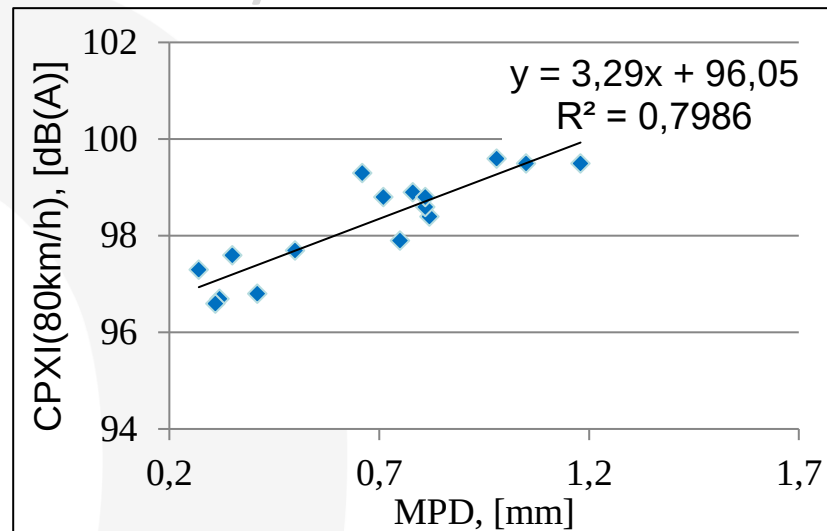
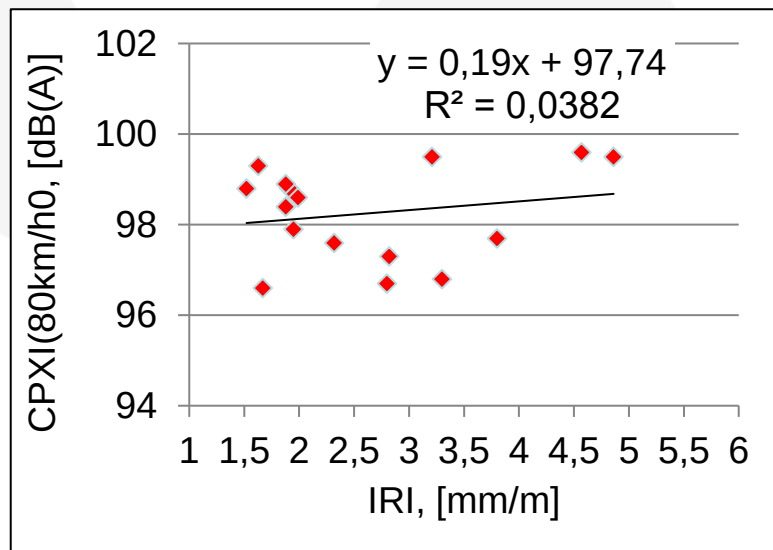
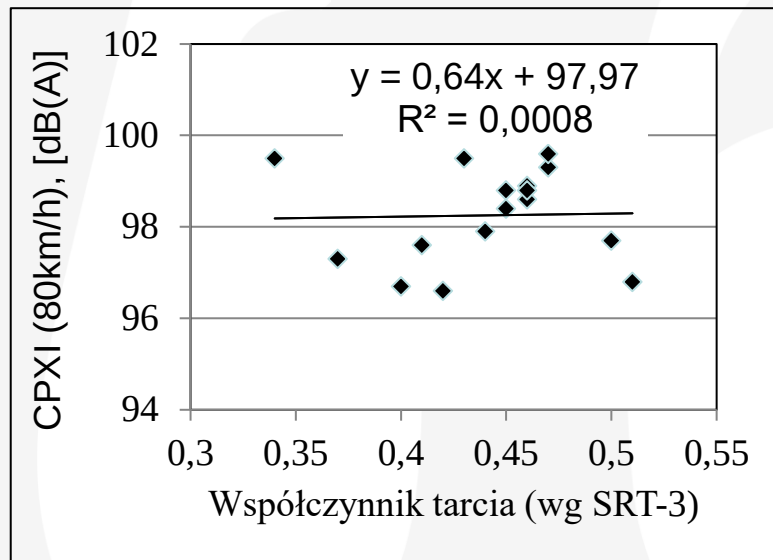


Nawierzchnie kostkowe

- ✓ Rodzaj kostki
- ✓ Wymiar i **układ kostek**



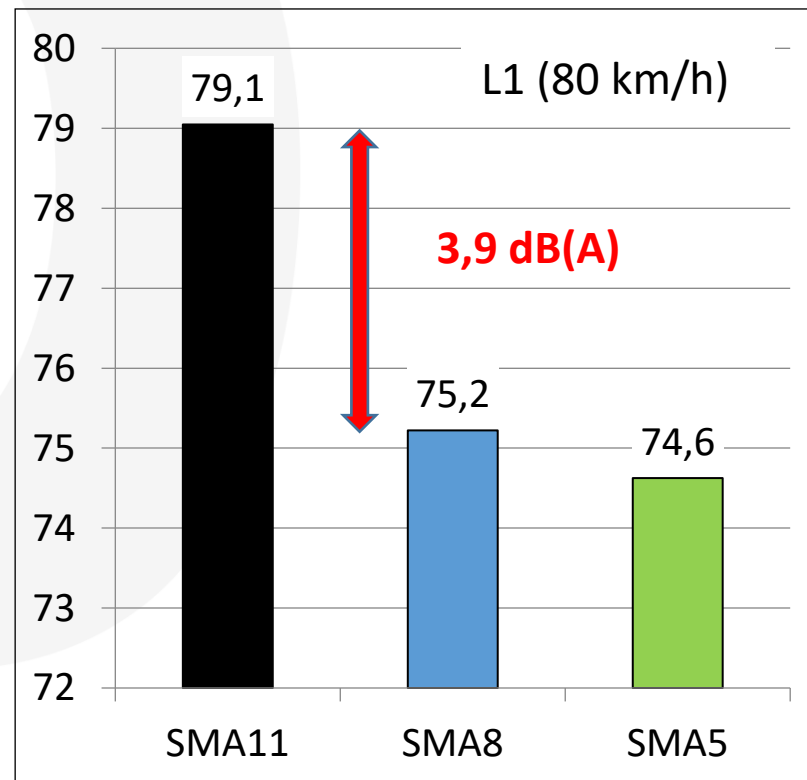
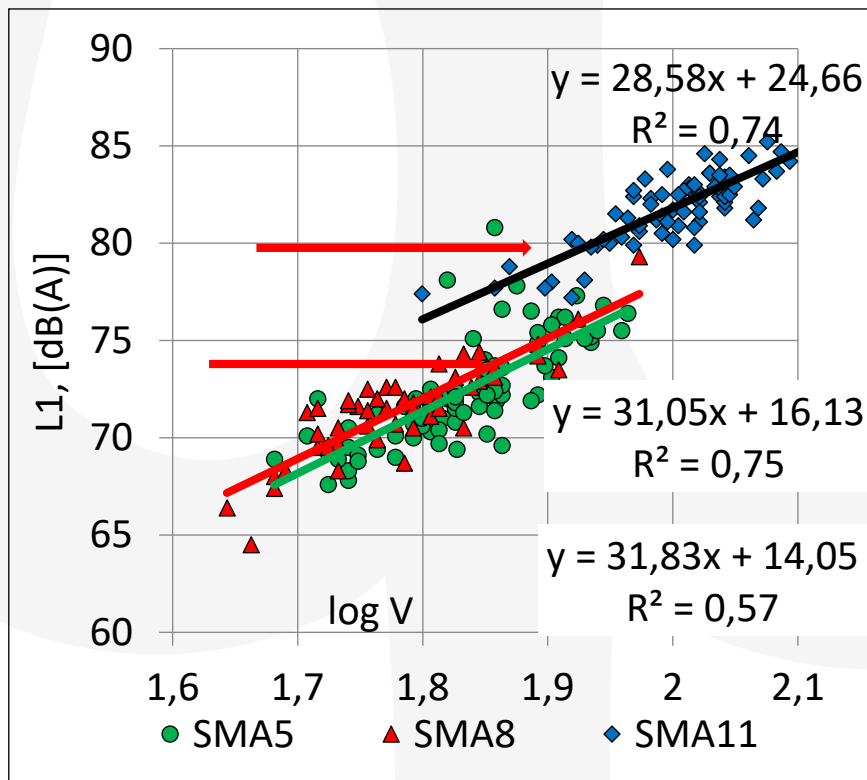
1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych



Vazquez V. F. et al.: Tire/road noise, texture and vertical accelerations: Surface assessment of an urban road. *Applied Acoustics* 160 (2020)

1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych

Maksymalne uziarnienie kruszywa a poziom hałasu

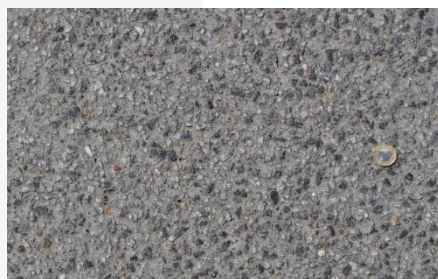


1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych

Przykładowe nawierzchnie dróg z betonu cementowego w Polsce



S8 Km 142+600P
MPD = 1,27



S8 Km 158+190P
MPD = 1,14



S8 Km 162+200L
MPD = 1,49



S8 km 193+200P
MPD = 1,19



A4 km56+700L
MPD = 0,40



A4 km148+450L
MPD = 0,45



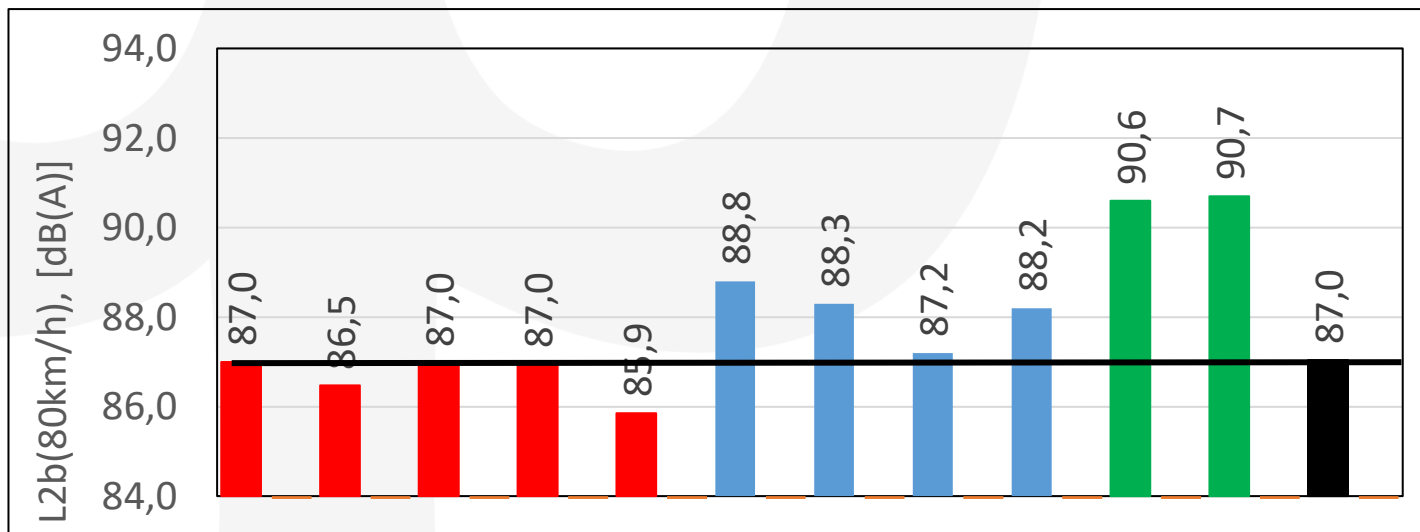
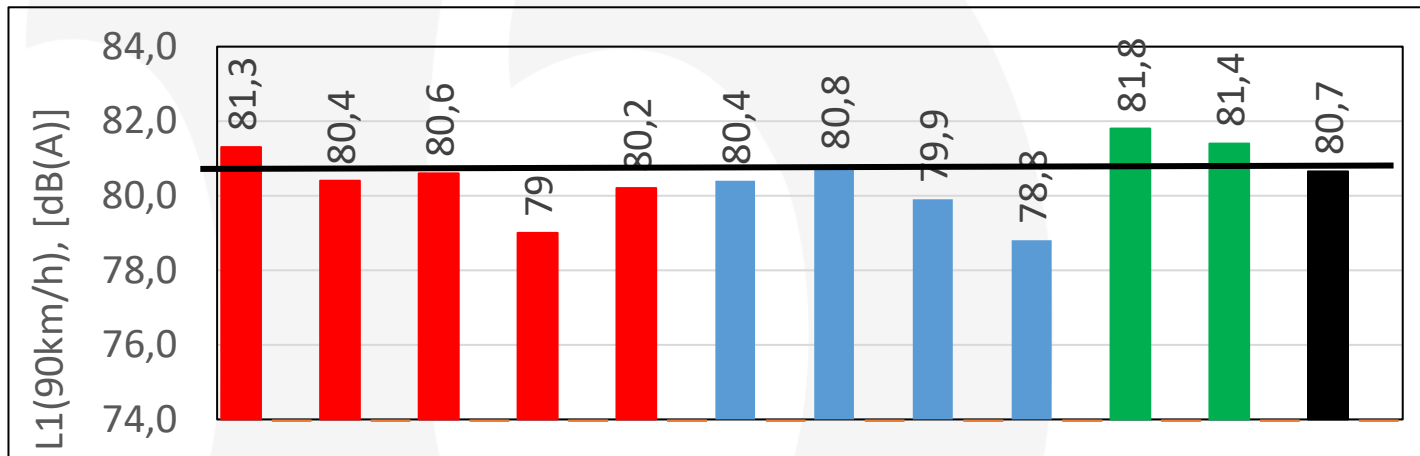
DK 18 km56+650L
MPD = 0,32



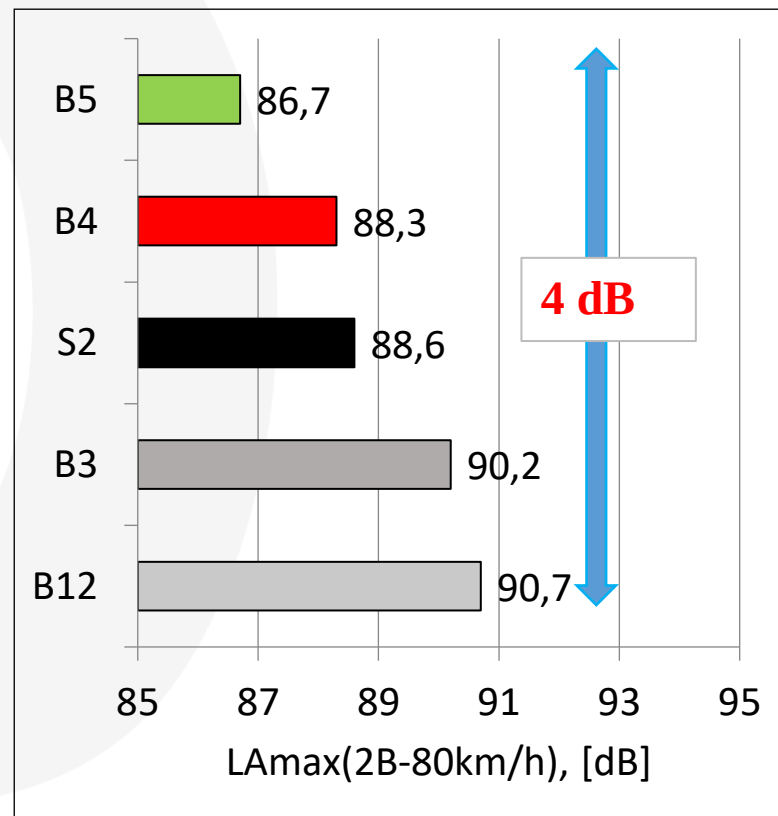
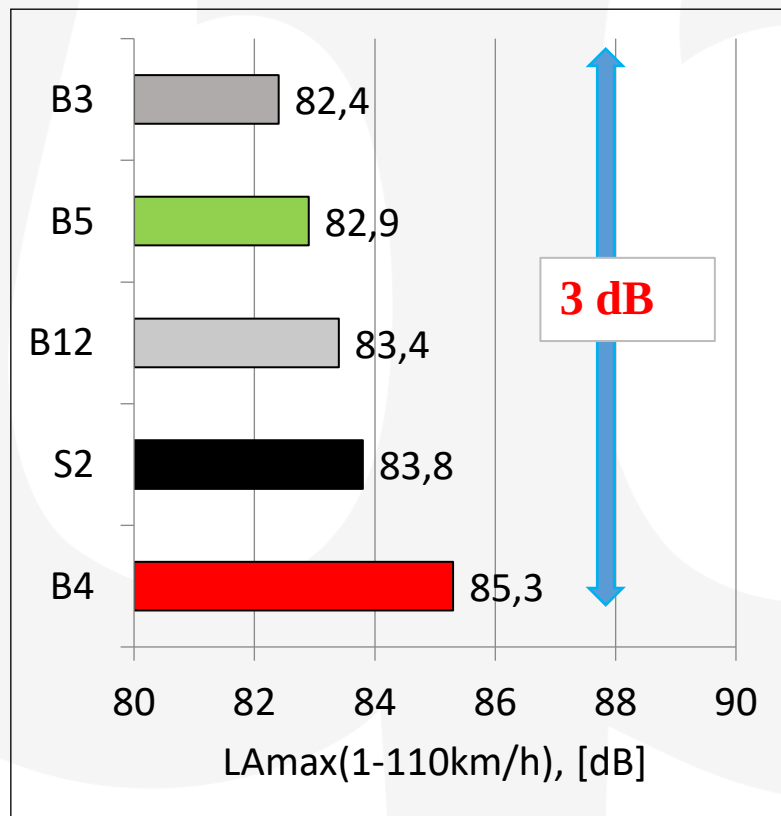
DK18 km66+620L
MPD = 0,41

1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych

Poziom hałas na nawierzchniach betonowych i SMA11

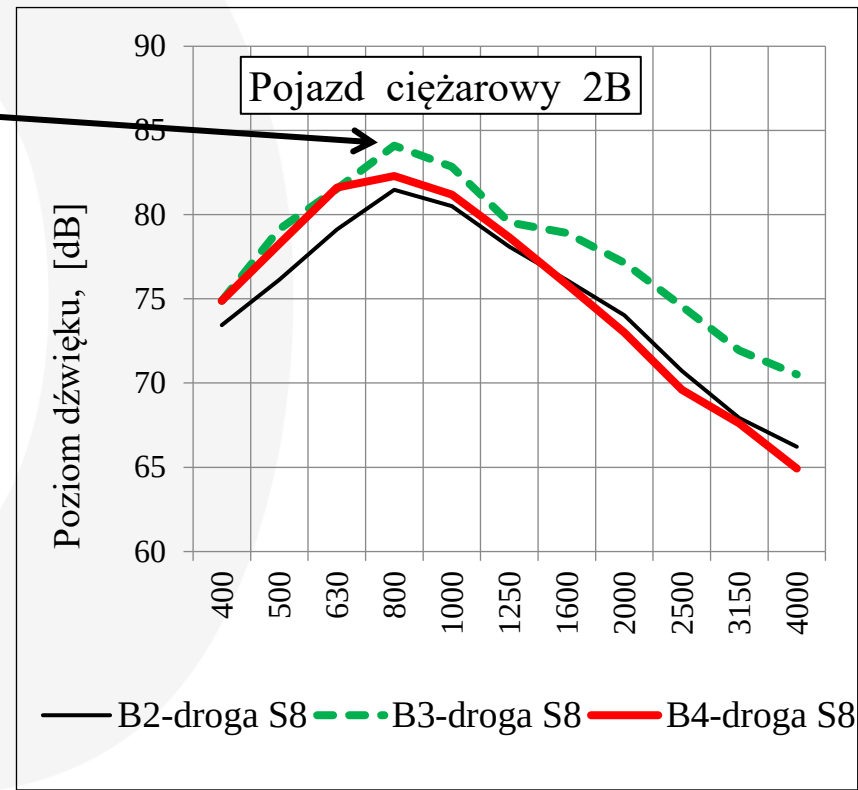
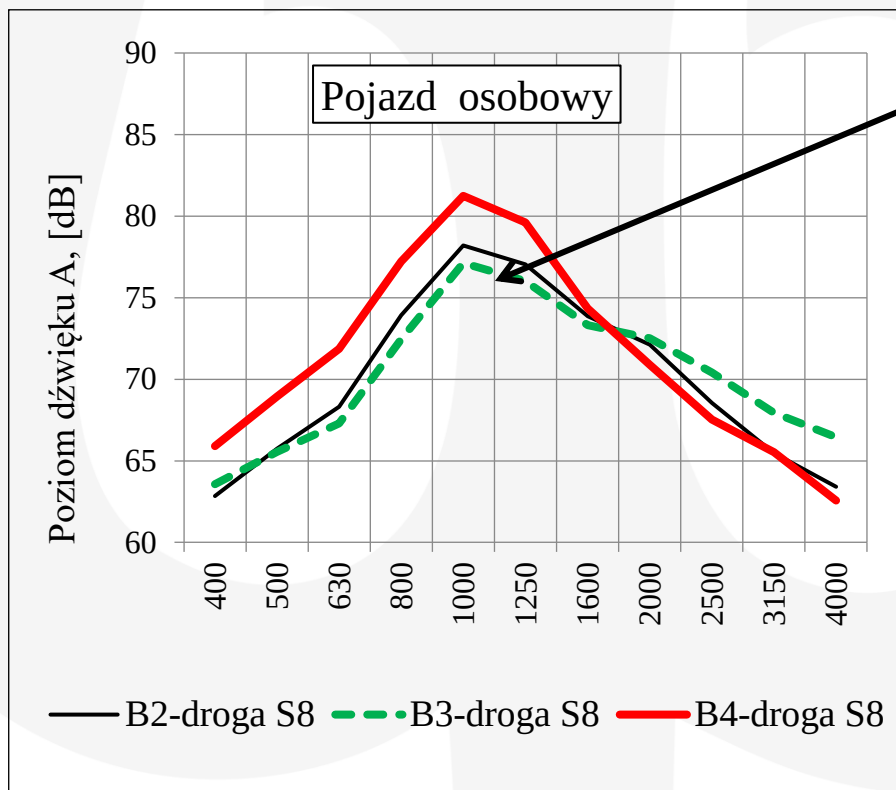


1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych



B3: MPD = 0,20 **B4:** MPD = 1,90 **B5:** MPD = 1,19 **B12:** MPD = 0,45 **S2:** MPD = 1,10

1. Charakterystyki nawierzchni decydujące o poziomie hałasu toczenia pojazdów samochodowych



B2: MPD = 1,16

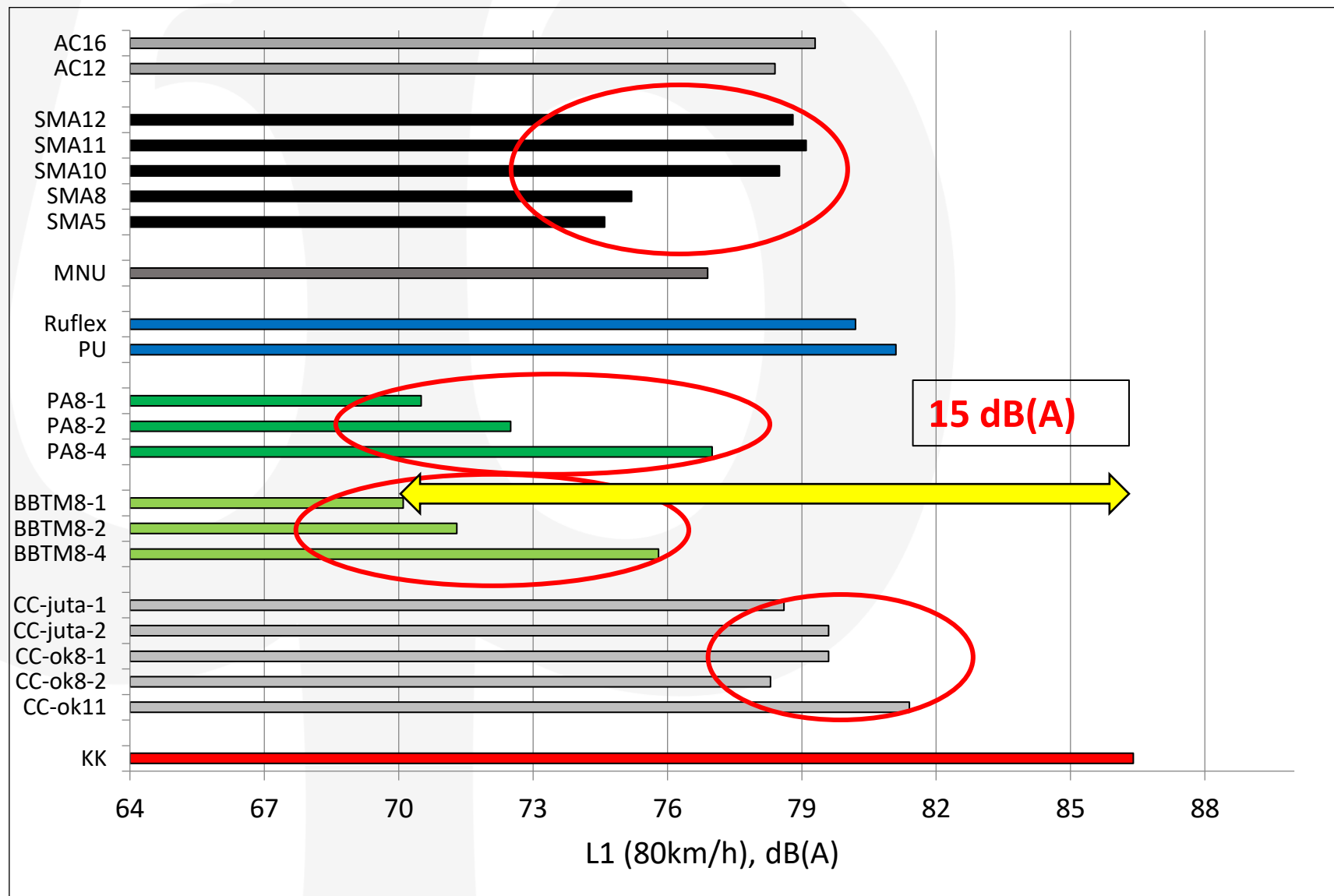
B3: MPD = 0,20

B4: MPD = 1,90

2. Skuteczność nawierzchni o obniżonej hałaśliwości w „walce” z nadmiernym poziomem hałasu



2. Skuteczność nawierzchni o obniżonej hałaśliwości w „walce” z nadmiernym poziomem hałasu



2. Skuteczność nawierzchni o obniżonej hałaśliwości w „walce” z nadmiernym poziomem hałasu

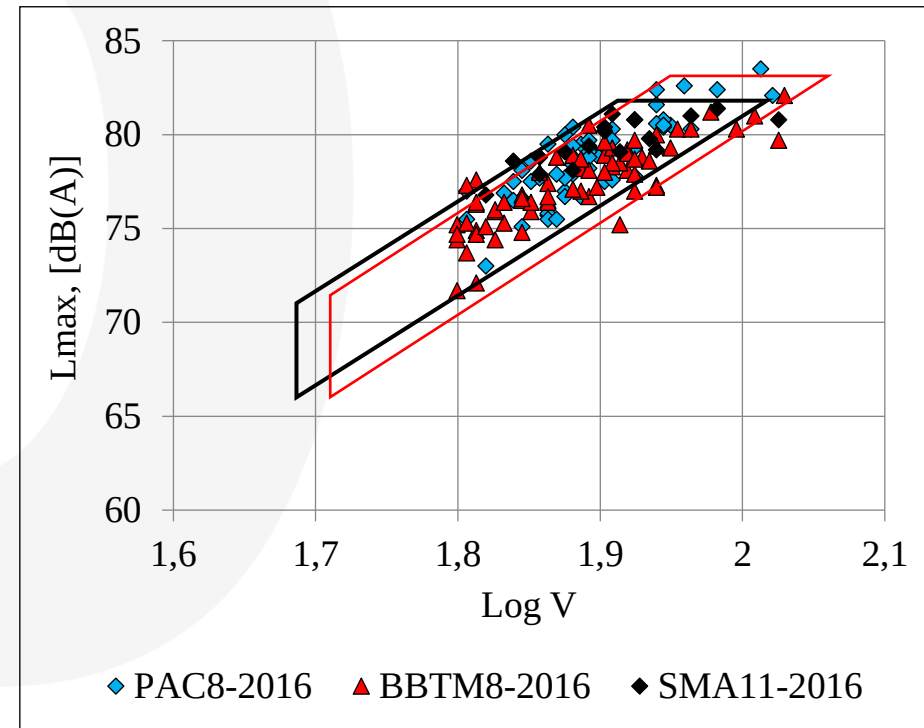
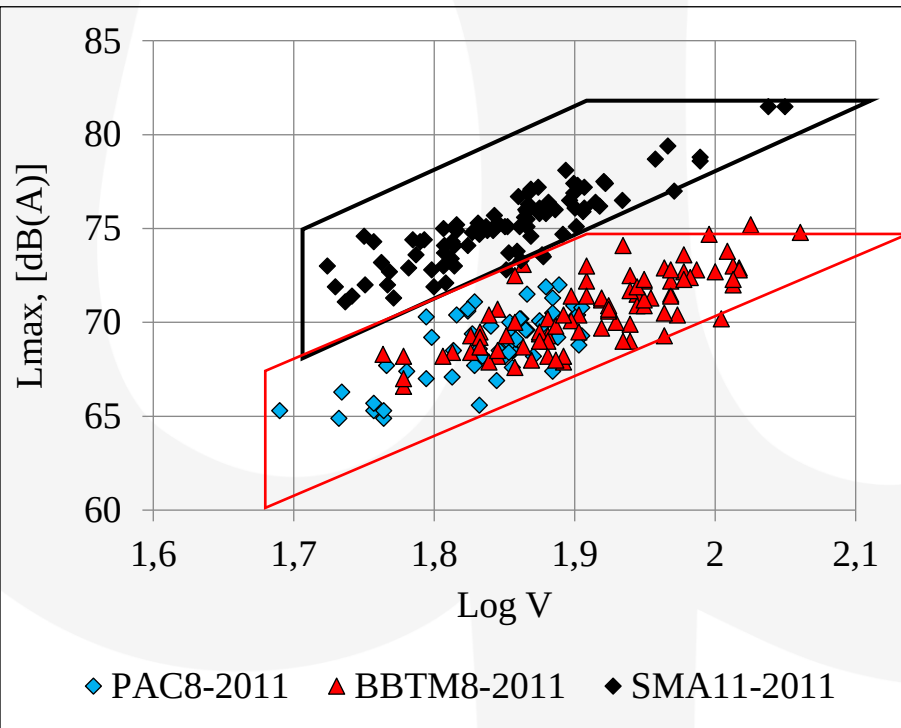
Klasyfikacja nawierzchni pod względem hałaśliwości - **propozycja**

Klasa/symbol	Poziom dźwięku [dB(A)]		Przykłady warstw ścieralnych
	$L_{Amax1}(80)$	CPXI(80)	
Nawierzchnie ciche – NC	$\leq 73,0$	$\leq 93,0$	PAC8 , DPAC8+16 (nowe nawierzchnie), nawierzchnie poroelastyczne
Nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości - ZH	73,1÷76,0	93,1 ÷ 96,0	SMA5, SMA8, BBTM8, SMA8 LA
Nawierzchnie o normalnej hałaśliwości - NH	76,1÷79,0	96,1÷99,0	AC11, SMA10, SMA11 , EACC8, CC-tekstutowane tkaniną jutową i metodą szczotkowania
Nawierzchnie o podwyższonej hałaśliwości - PH	79,1÷82,0	99,1÷102,0	SMA16, PU, Ruflex, CC – tekstutowane metodą rowkowania
Nawierzchnie o nadmiernej hałaśliwości – NNH	$> 82,0$	$> 102,0$	kostka kamienna, betonowa kostka brukowa, nawierzchnia betonowa poprzecznie rowkowana

3. Trwałość akustyczna nawierzchni drogowych

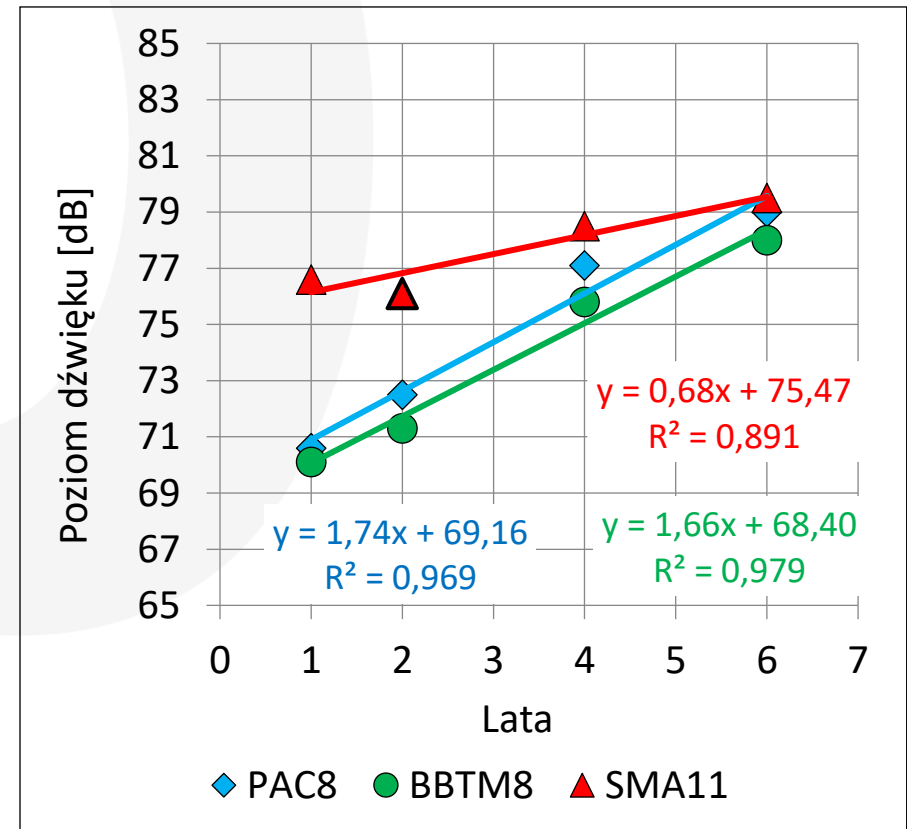
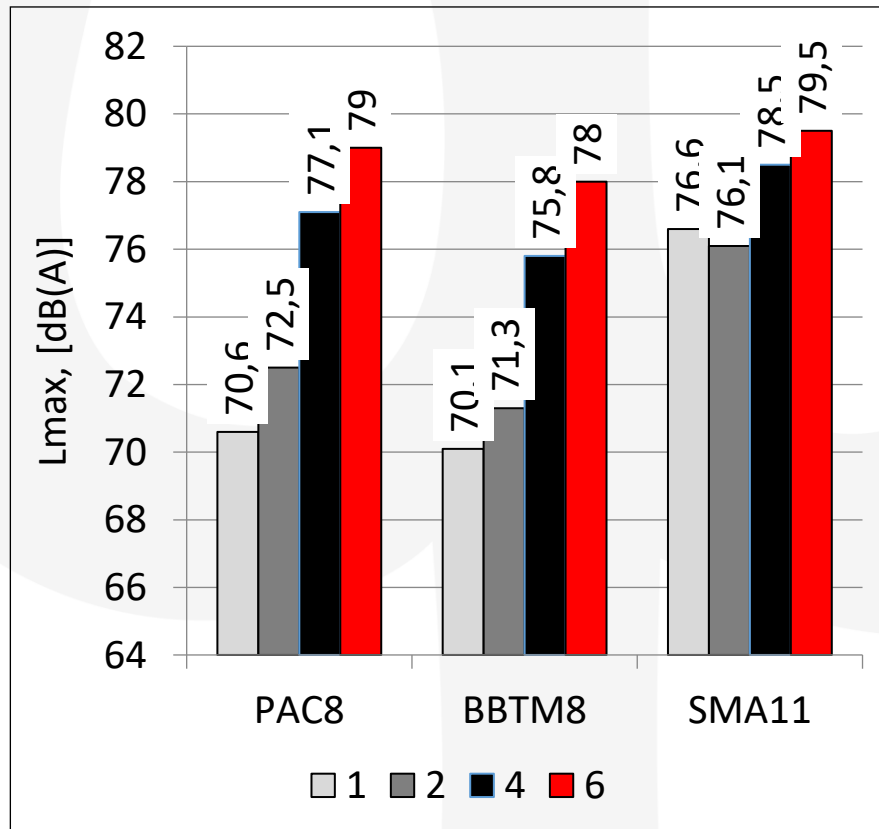


Porównanie maksymalnych poziomów dźwięku A (SPB – pojazdy kat. 1)

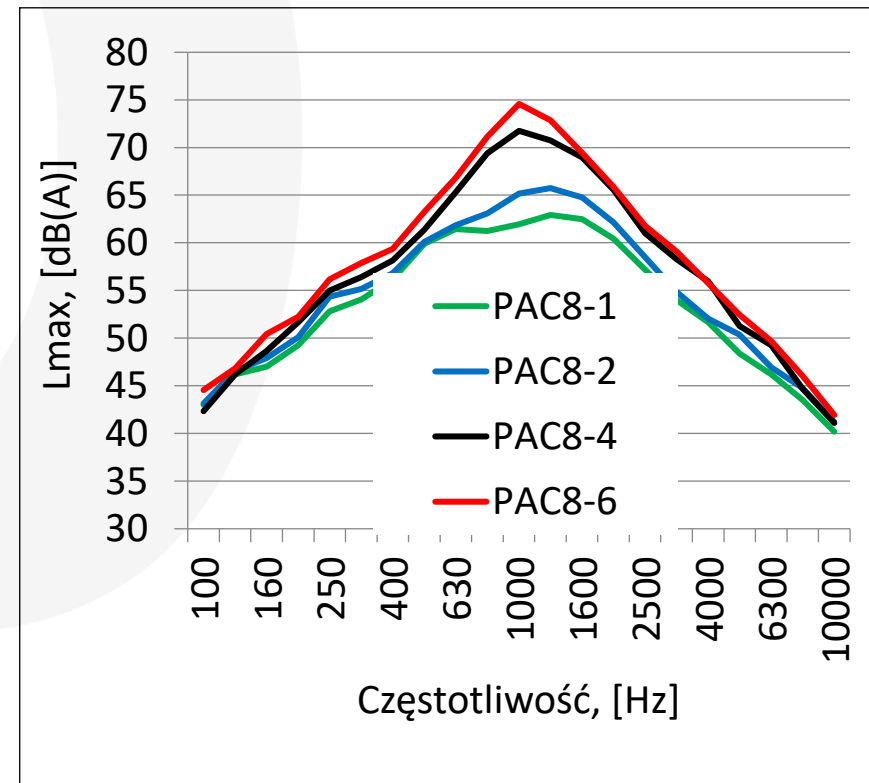
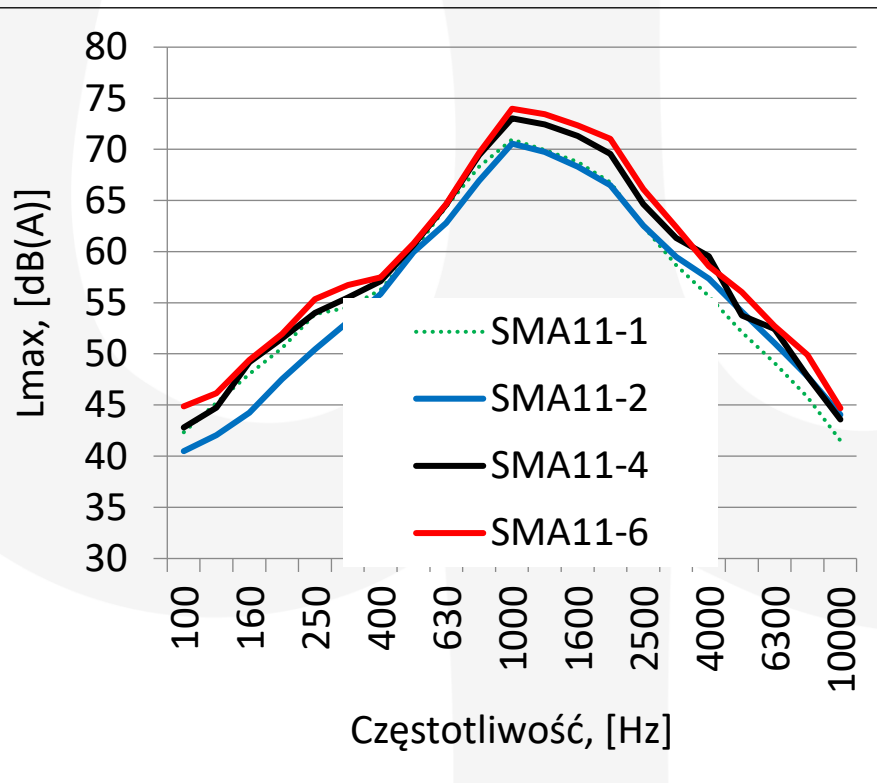


*Badania wykonano w ramach projektu badawczego realizowanego
przez ZDW w Krakowie i TPA Sp. z o.o. z Pruszkowa*

Zmiany poziomu hałasu toczenia opon samochodowych w czasie eksploatacji - **wg metody SPB**



Zmiany poziomu hałasu toczenia opon samochodowych w czasie eksploatacji - (analiza widm, pojazd osobowy, $V = 80 \text{ km/h}$)



4. Ocena akustyczna nawierzchni drogowych



Hałas toczenia pojazdów samochodowych

**Statistical Pass-By method
(Metoda SPB) - PB**



**Indeks SPBI,
 $L_{(1, 2A, 2B)}$**

**Controlled Pass-By method
(Metoda CPB) - PB**



Indeks $L_{1(CPB)}$

Hałas toczenia opona/nawierzchnia

Close Proximity method
(Metoda CPX) (fot. PG)



Indeks CPXI

On-Board Sound Intensity m. **(Metoda OBSI, OBSIe)** (fot. IBDiM)



Indeks OBSI

4. Ocena akustyczna nawierzchni drogowych

Zestaw pojazdów testowych w przykładowych badaniach hałaśliwości nawierzchni wg metody CPB



Volkswagen Golf IV, opona 195/65 R15



Citroen C4. Opona 205/60 R16



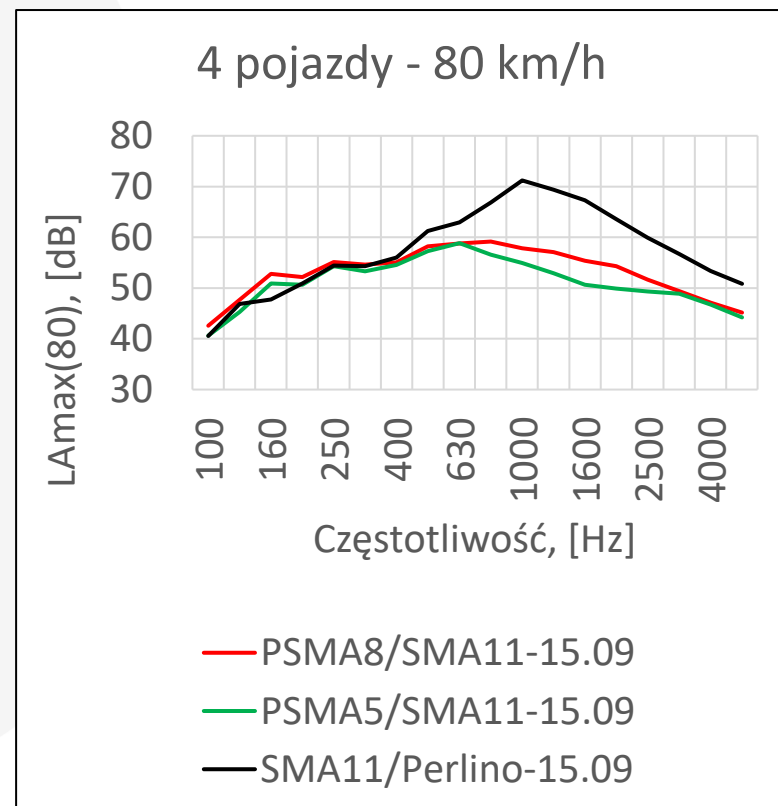
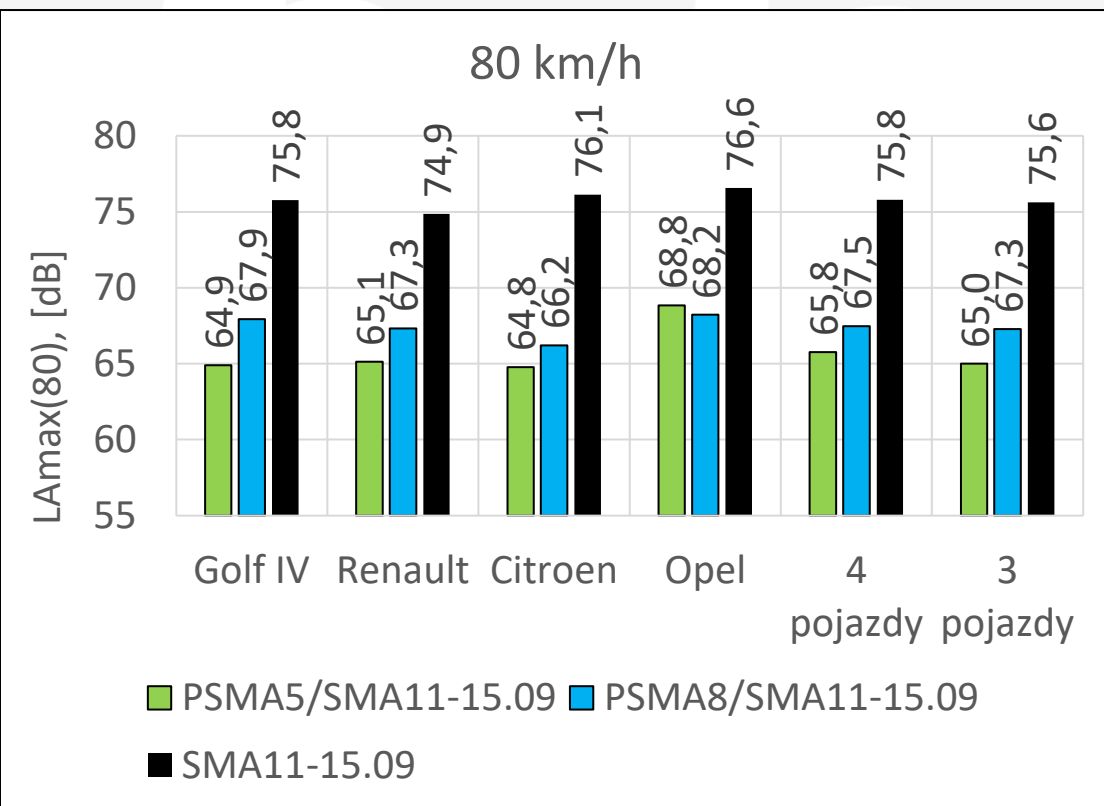
Renault Scenic. Opona 185/65 R15



Opel Vectra. Opona 215/55 R16

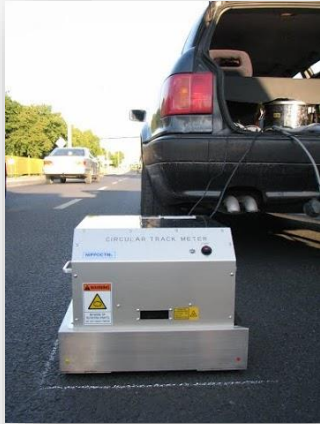
Badania wykonano w ramach projektu badawczego SEPOR (Bezpieczna, proekologiczna poroelastyczna nawierzchnia drogowa) realizowanego przez konsorcjum: Politechnika Gdańska – Politechnika Białostocka – Firma Budowlano-Drogowa MTM S.A. z Gdyni

Wyniki pomiarów na przykładowych nawierzchniach wg metody CPB



Terenowe metody oceny właściwości akustycznych nawierzchni drogowych

Makrotekstura



Circular Track Meter (CTM)



Stacjonarny profilograf laserowy

Współczynnik absorpcji
dźwięku



Wodoprzepuszczalność

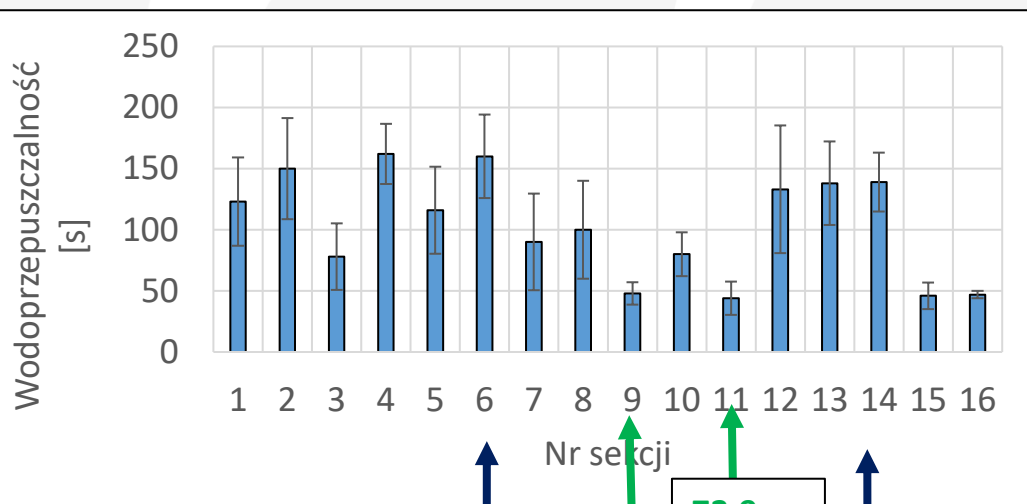


Profilograf laserowy RSP

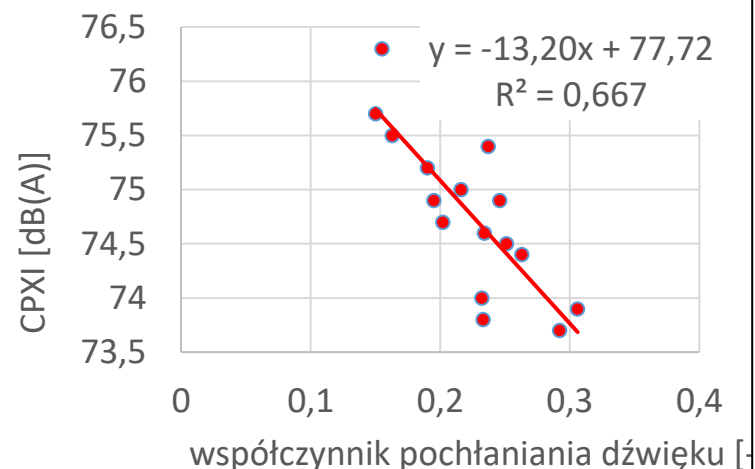
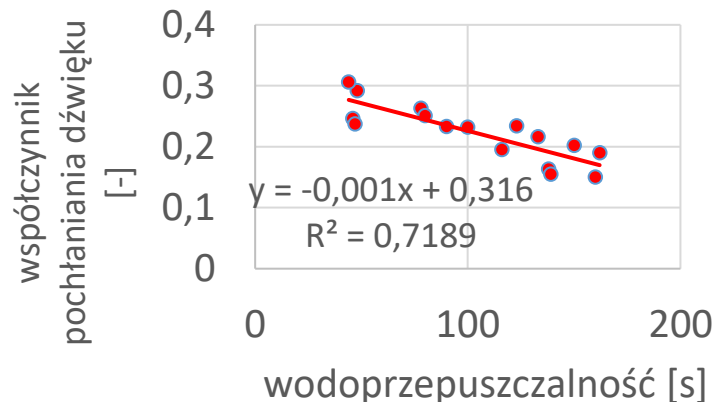
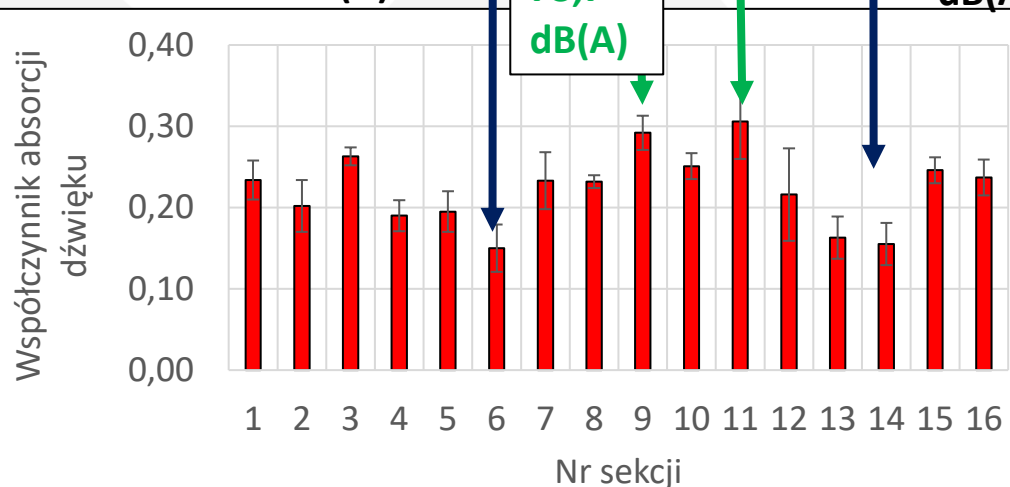


4. Ocena akustyczna nawierzchni drogowych

Ocena właściwości akustycznych mieszanek na odcinkach testowych



CPXI = **75,7 dB(A)** **73,7 dB(A)** **73,9 dB(A)** **76,3 dB(A)**



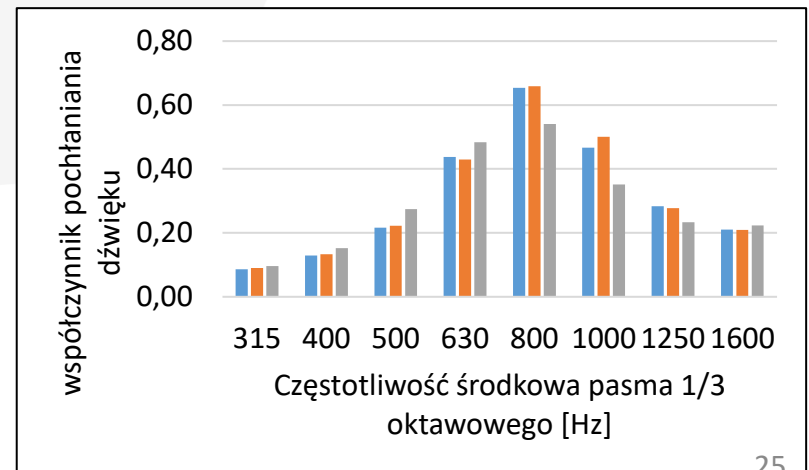
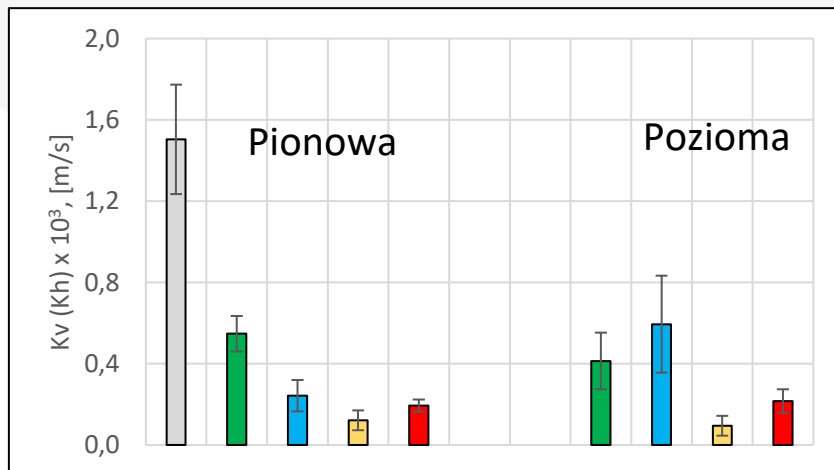
4. Ocena akustyczna nawierzchni drogowych



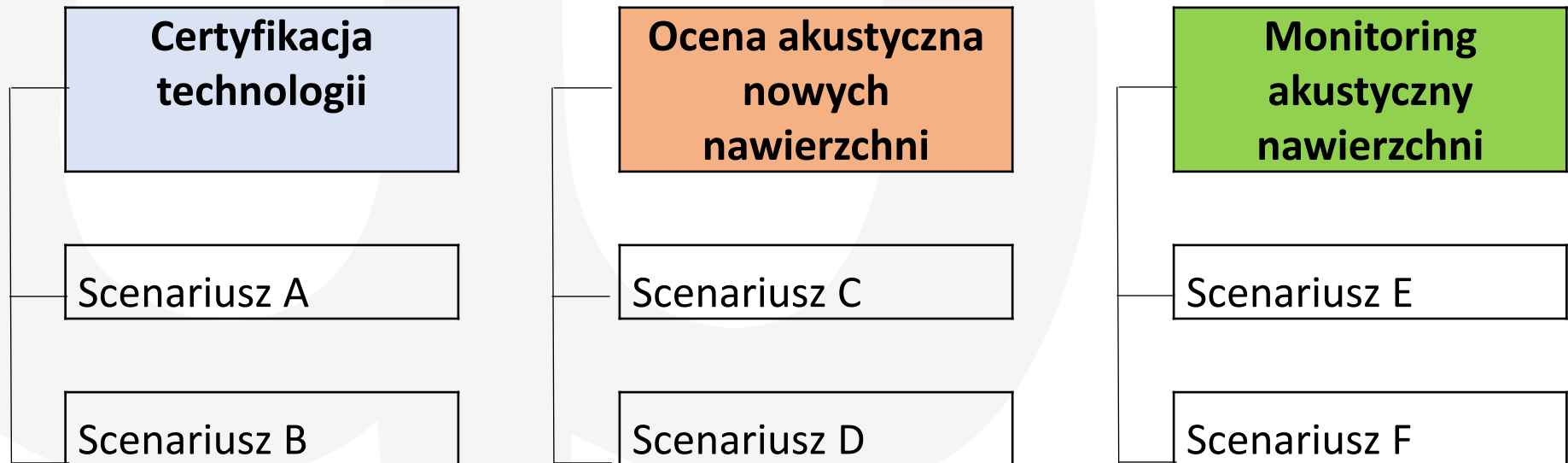
Aparat do badania wodoprzepuszczalności



Spectronics ACUPAVE System z „przystawką”



Propozycja algorytmu oceny akustycznej nawierzchni



Certyfikacja technologii

Scenariusze	Działania	Metoda pomiaru
Scenariusz A przedsiębiorstwo ma zrealizowane inwestycje z nową nawierzchnią o obniżonej hałaśliwości	- ocena poziomu hałasu na 2 nawierzchniach (zalecane 3); - przy 1 realizacji - budowa 1 odcinka testowego o długości minimum 150m	- SPB, CPB lub CPX na istniejących nawierzchniach; - na odcinku testowym: CPB lub CPX
Scenariusz B technologia nie była stosowana przez przedsiębiorstwo	- ocena poziomu hałasu na minimum 3 niezależnie wybudowanych odcinkach testowych o długości minimum 150 m każdy	- CPB, CPX
W przypadku opracowywania nowych technologii o obniżonej hałaśliwości zaleca się wykonanie badań makrotekstury, współczynnika pochłaniania dźwięku i wodoprzepuszczalności w warunkach laboratoryjnych		

Ocena akustyczna nowych nawierzchni

Scenariusze	Ocena charakterystyk nawierzchni	Metody/parametry oceny
Scenariusz C warstwa ścieralna o zwartej strukturze	Ocena makrotekstury nawierzchni	MPD, analiza widmowa nierówności
	Ocena hałaśliwości nawierzchni	CPX lub OBSI
	Wybór przekroju do badań hałasu metodą SPB	
	Porównanie z założeniami projektowymi	SPB
Scenariusz D warstwa ścieralna o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni	Ocena makrotekstury, współczynnika pochłaniania dźwięku lub wodoprze- puszczalności	MPD, widma nierówności, wsp. pochłaniania dźwięku lub czas wypływu wody
	Ocena hałaśliwości nawierzchni	CPX lub OBSI
	Wybór przekroju do badań hałasu metodą SPB	
	Porównanie z założeniami projektowymi	SPB

Monitoring akustyczny nawierzchni

Scenariusze	Ocena charakterystyk nawierzchni
Scenariusz E warstwa ścieralna o zwartej strukturze	ocena wizualna stanu nawierzchni i pomiar makrotekstury po trzech latach użytkowania drogi, po pięciu latach użytkowania, a następnie po kolejnych dwóch latach
	ocena hałaśliwości nawierzchni w oparciu o makroteksturę nawierzchni lub z wykorzystaniem metod: SPB, CPX (OBSI) – w okresach jak powyżej
	ocena zgodności uzyskanych poziomów hałasu z wymaganymi wartościami w poszczególnych okresach
	podjęcie decyzji o ewentualnych działaniach obniżających hałaśliwość nawierzchni
Scenariusz F warstwa ścieralna o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni	ocena wizualna stanu nawierzchni, ocena makrotekstury i współczynnika pochłaniania dźwięku (lub wodoprzepuszczalności) po roku użytkowania drogi, po trzech latach, a następnie w każdym roku
	ocena akustyczna nawierzchni metodami: SPB, CPX lub OBSI w okresach jak powyżej
	ocena zgodności uzyskanych poziomów hałasu z wymaganymi wartościami w poszczególnych okresach
	podjęcie decyzji o ewentualnych działaniach obniżających hałaśliwość nawierzchni

5. Kierunki rozwoju „cichych” nawierzchni drogowych

Nawierzchnie poroelastyczne

Projekty badawcze: SILENCE (2006-2007; nawierzchnia PERS), PERSUADE (2009-2015), SEPOR (nawierzchnie poroelastyczne PSMA5 i PSMA8)

Skuteczność akustyczna: od 6 dB do 12 dB w porównaniu z nawierzchnią referencyjną,

Trwałość konstrukcyjna: konieczne dalsze prace badawcze w zakresie poprawy trwałości warstwy ścieralnej z mieszanki poroelastycznej

Nanotechnologia w doskonaleniu nawierzchni porowatych

*(Lorenzen A.: Low Noise Road Traffic. The German research program `LeiStra2`.
Noise Control Engineering Journal, 57 (2), 2009)*

Zasada: wprowadzenie do mieszanki mineralno-asfaltowej polimerów w celu przeciwdziałania zatykaniu się porów – utworzenie w strukturze nawierzchni **warstwy porowatej hydrofobowej** lub modyfikacja asfaltu **polimerami o właściwościach hydrofilowych**

Nawierzchnie z betonu cementowego teksturowane techniką NCGS (Next Generation Concrete Surface)/Grinding & Grooving

(np.: Skarabis J., Stockert U.: Noise emission of concrete pavement surfaces produced by diamond grinding. Journal of Traffic and Transportation Engineering, vol. 2, 2015)

Efekt akustyczny: redukcja poziomu hałasu o 3 dB w stosunku do nawierzchni teksturowanej metodą odkrytego kruszywa

Nawierzchnie porowate z betonu cementowego

(Tian B., Liu Y., Li S., Xie J., Li X., Masce M.: Reduction of Tire-Pavement Noise by Porous Cement Concrete Pavement. Journal of Materials in Civil Engineering, 2014)

Efekt akustyczny: według metody CPX – redukcja poziomu hałasu od 4 do 8 dB w porównaniu z nawierzchniami z rowkowaniem i 4 dB – w porównaniu z nawierzchnią z odkrytym kruszywem

Wnioski

1. Nawierzchnie drogowe różnią się pod względem hałaśliwości i w istotny sposób wpływają na redukcję poziomu hałasu od ruchu drogowego.
2. Hałaśliwość nawierzchni należy wprowadzić do oceny nawierzchni, podobnie jak nośność, równość i właściwości przeciwpoślizgowe.
3. Maksymalny poziom hałasu toczenia opon samochodowych (lub pojazdów), makrotekstura powierzchni, współczynnik pochłaniania dźwięku i wodoprzepuszczalność – są to parametry umożliwiające ocenić właściwości akustyczne nawierzchni drogowych.

Wnioski c.d.

4. Celowym jest prowadzenie oceny akustycznej na etapie wyboru technologii (certyfikacja technologii), wykonania nowej nawierzchni i w czasie jej eksploatacji.
5. Konieczne są dalsze prace nad skutecznością akustyczną i trwałością konstrukcyjną górnych warstw nawierzchni wykonanych z mieszanek o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni (asfalt porowaty), a także perspektywicznych rozwiązań warstwy ścieralnej, np. takich jak: nawierzchnie poroelastyczne.



Dziękuję za uwagę

w.gardziejczyk@pb.edu.pl