



Nowe badania MMA z dodatkiem materiałów z recyklingu

dr inż. Piotr Zieliński
Politechnika Krakowska

Bukowina Tatrzańska, 21 marca 2023 r.

Zakres prezentacji:

- Wymagania dla MMA z granulatem asfaltowym wg RID
- Podejście amerykańskie (BMD)
- Opracowanie i realizacja programu badań laboratoryjnych MMA z dodatkiem RAP i/lub RAS
- Analiza wyników badań
- Wnioski

Najważniejsze wnioski wynikające z podsumowania projektu RID I/6 „Wykorzystanie materiałów z recyklingu”

RID-I-06 Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu



1. Zakres stosowania granulatu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych produkowanych na gorąco

Dopuszczalne wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR, wyrażonego w procentach, w odniesieniu do betonów asfaltowych AC i AC WMS

Typ betonu asfaltowego	Dopuszczalna wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR [%] w przypadku dozowania granulatu asfaltowego w otaczarce metodą	
	na zimno	na gorąco
AC P	20	40 (50 ¹⁾)
AC W	20	30 (40 ¹⁾)
AC S	0	20 ^{1) 2)}
AC WMS	0	30 ³⁾

1) na zasadzie indywidualnego dopuszczenia przez Zamawiającego po przeprowadzeniu badań dodatkowych określonych w Wytycznych

2) tylko w przypadku ruchu kategorii od KR1 do KR4

3) pod warunkiem uwzględnienia czynników określonych w Wytycznych

Zakres badań MMA z granulatem asfaltowym wg RID

Rodzaj badań	Formowanie próbek	AC WMS	AC, SMA
Badania podstawowe			
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.4	PN-EN 13108-20, Dla AC i AC WMS: C.1.3. (2x75 uderzeń) Dla SMA: C.1.2. (2x50 uderzeń)	TAK	TAK
Odporność na deformacje trwałe, PN-EN 12697-22 metoda B w powietrzu, 10 000 cykli, 60°C	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie, P_{98} ÷ P_{100}	TAK*	TAK
Odporność na deformacje trwałe, PN-EN 12697-22, aparat duży, 30 000 cykli, 60°C	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie, P_{98} ÷ P_{100}	TAK*	-
Odporność na działanie wody, PN-EN 12697-12, kondycjonowanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	PN-EN 13108-20 C.1.1. (2x35 uderzeń)	TAK	TAK
Sztywność wg PN-EN 12697-26, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz, amplituda odkształcenia ϵ_{6-50}	PN-EN 13108-20 C.1.20 (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	-
Odporność na zmęczenie wg PN-EN 12697-24, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz,	PN-EN 13108-20 C.1.20 (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	-
Badania dodatkowe wymagane w sytuacjach określonych w punktach 3.3, 3.4, 3.5, 3.10 i 3.11			
Odporność na spękania niskotemperaturowe, PN-EN 12697-46, pkt 8,2	PN-EN 13108-20 C.1.20. (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	TAK
Propagacja pęknięcia w badaniu zginania próbki półwałcowej, PN-EN 12697-44, badanie w 0°C	PN-EN 13108-20 C.1.18 (prasa żyratorowa) $P_{98}-P_{100}$	TAK	TAK

*- do wyboru, jedna z metod oceny odporności na deformacje trwałe AC WMS

Wymagania dla MMA z granulatem asfaltowym wg RID

- W przypadku braku w stosowanych obecnie wymaganiach kryteriów w odniesieniu do wyników badania, należy deklarować wartość oraz oceniać ją w oparciu o dotychczasowe doświadczenia lub porównywać wynik z wartością uzyskaną dla równoważnej mieszanki mineralno-asfaltowej bez granulatu asfaltowego.
- Różnice w wynikach dla mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym i dla mieszanki mineralno-asfaltowej bez granulatu nie powinny wynosić więcej niż 15%.

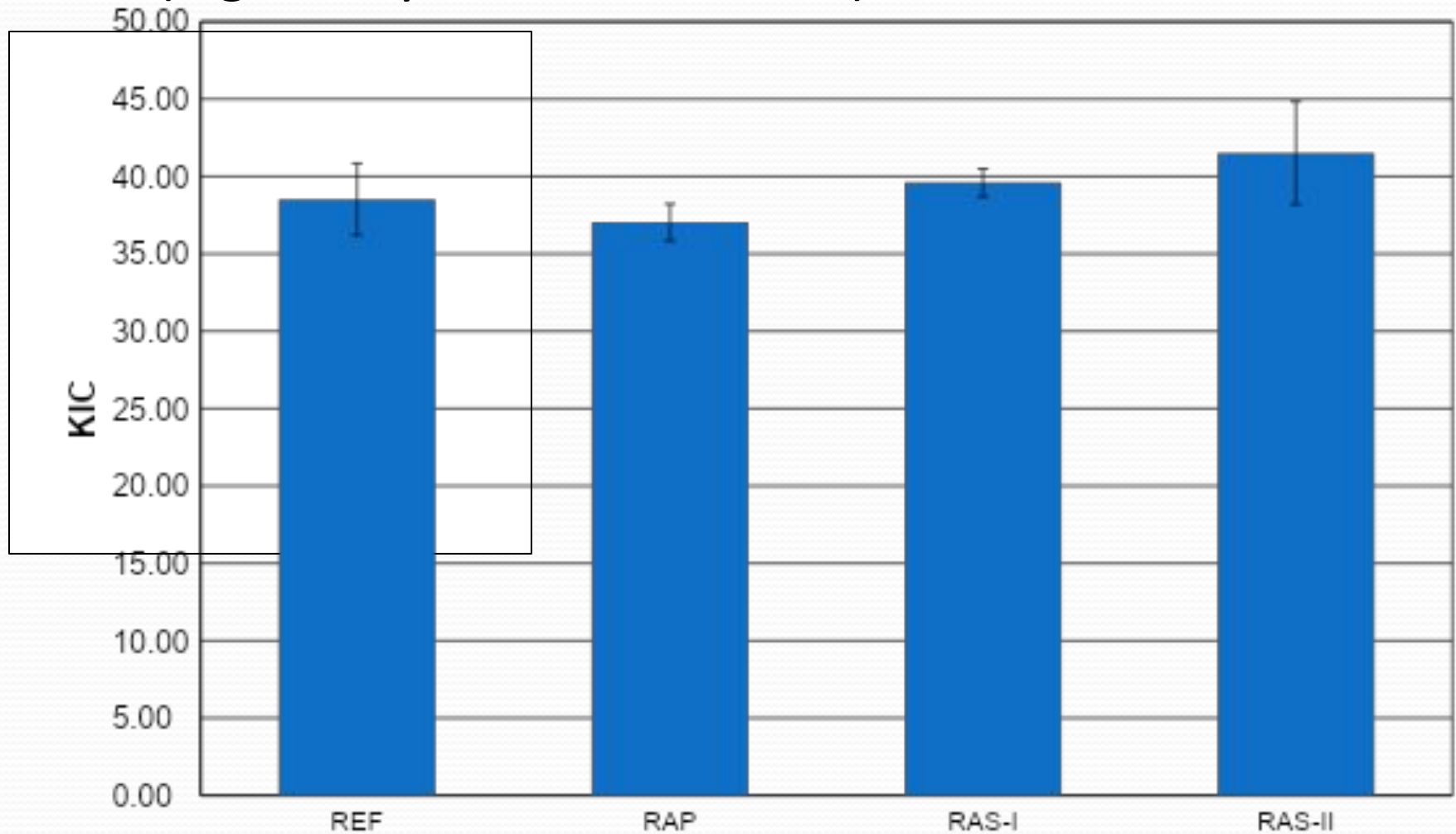
Przygotowanie próbek do testu SCB

Próbki żyratorowe $h=D=150$ mm

Próbki z nacięciem
głębokości 10 mm



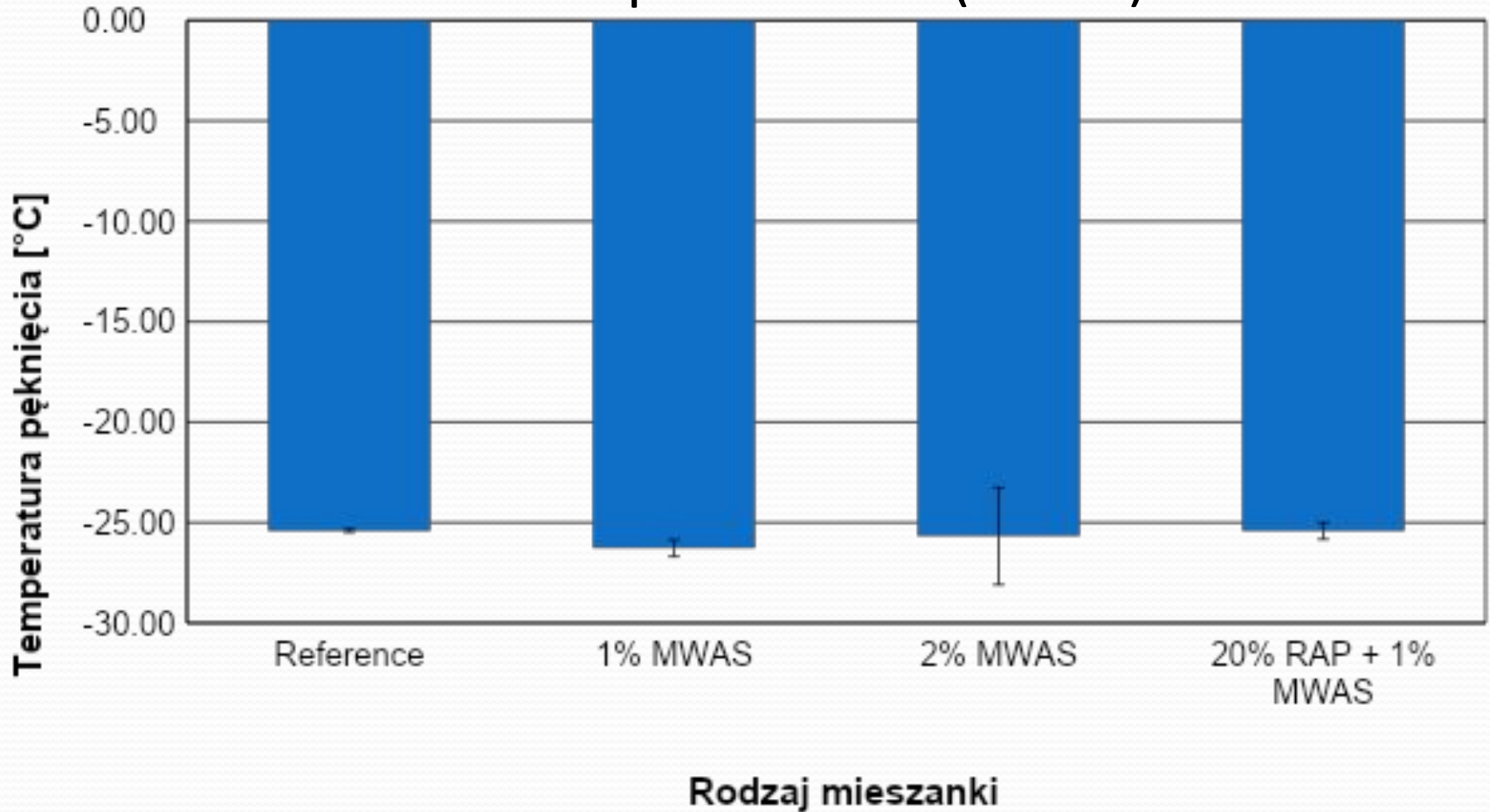
Współczynnik K_{IC} wyznaczony z badań SCB
(wg normy PN-EN 12697-44): 0°C, 5 mm/min.



Wnioski z publikacji J. Judyckiego i S. Szydłowskiego
(Drogownictwo 10/2015)

- „Na podstawie przeprowadzonych przez autorów badań można stwierdzić, że **ocena odporności na pękanie mieszanek mineralno-asfaltowych na podstawie samego parametru K_{IC} jest niewystarczająca** i należy prowadzić badania z wykorzystaniem pomiaru energii pękania J_C , na przykład przy pomocy badania próbek z różnymi głębokościami nacięcia lub z wykorzystaniem czujnika CMOD według normy amerykańskiej AASHTO TP-105.

Wyniki badań odporności MMA na spękania niskotemperaturowe (TSRST)



Dlaczego dotychczasowe metody projektowania MMA są niewystarczające?

With the current volumetric mix design system...



Fractionated RAP



Recycled Shingles



Recycled Tire Rubber



WMA additives



Recycling agents



SBS Polymer

Nowe podejście w USA

Balanced Asphalt Mixture Design

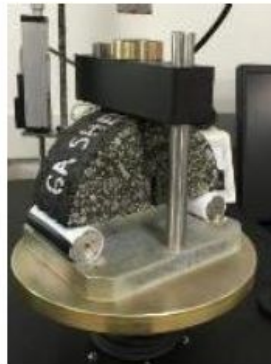
- *„asphalt mix design using performance tests on appropriately conditioned specimens that address multiple modes of distress taking into consideration mix aging, traffic, climate and location within the pavement structure”*

Wybrane metody badania spękań (BMD) wg NCAT

Selected Top-Down Cracking Tests



SCB-LA



I-FIT



OT-TX



OT-NCAT



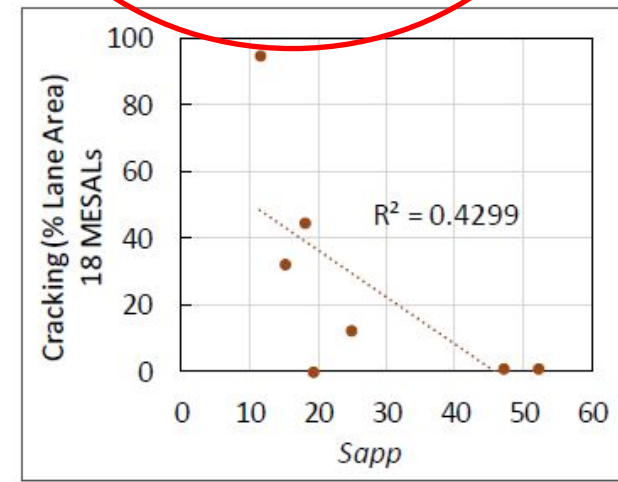
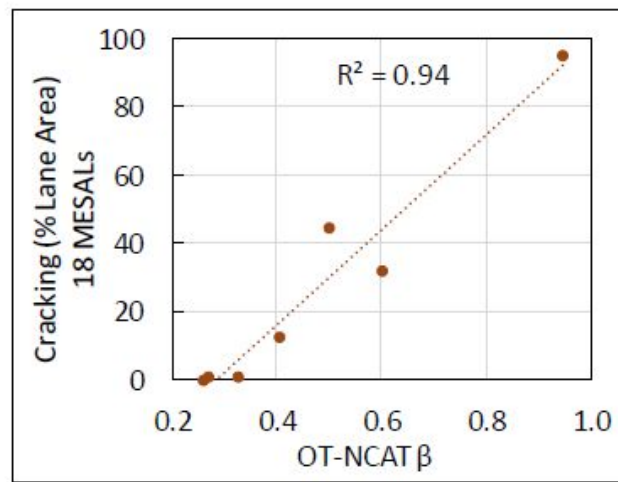
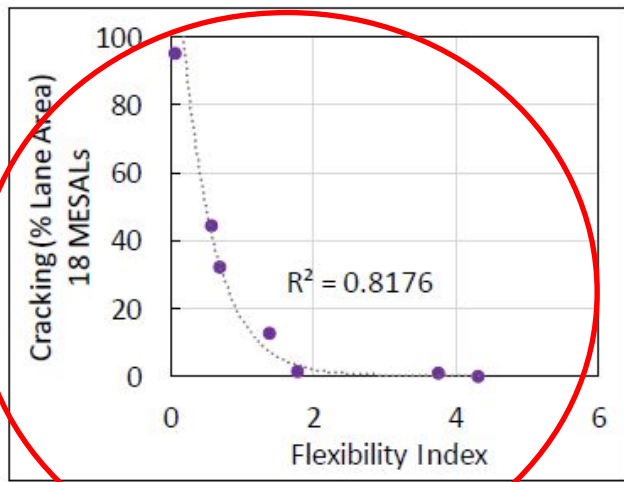
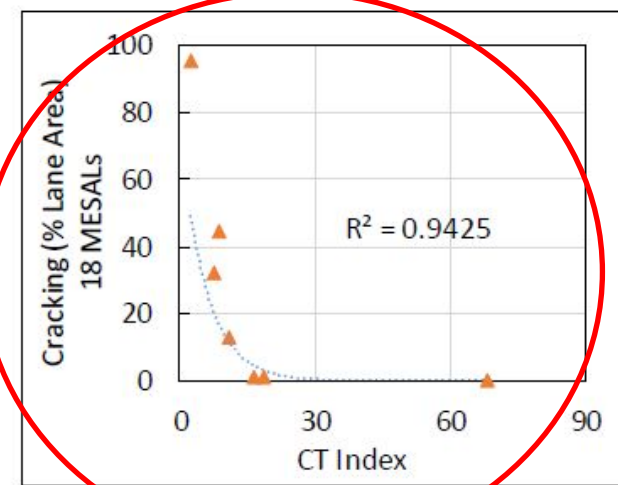
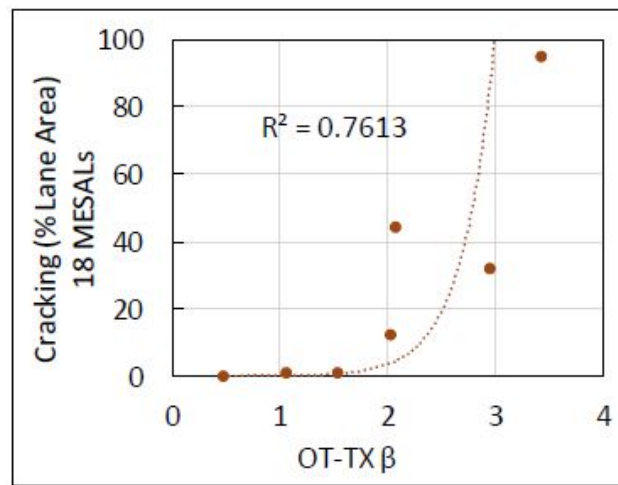
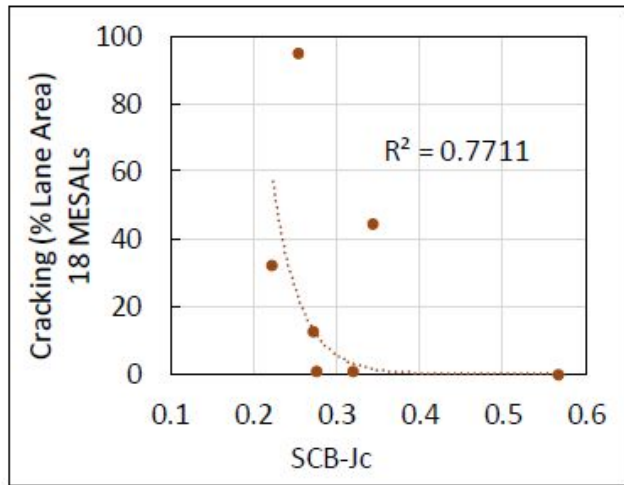
IDEAL-CT



**AMPT
Cyclic Fatigue**

Korelacje laboratoryjnych metod badawczych z wynikami badań poligonowych wg NCAT

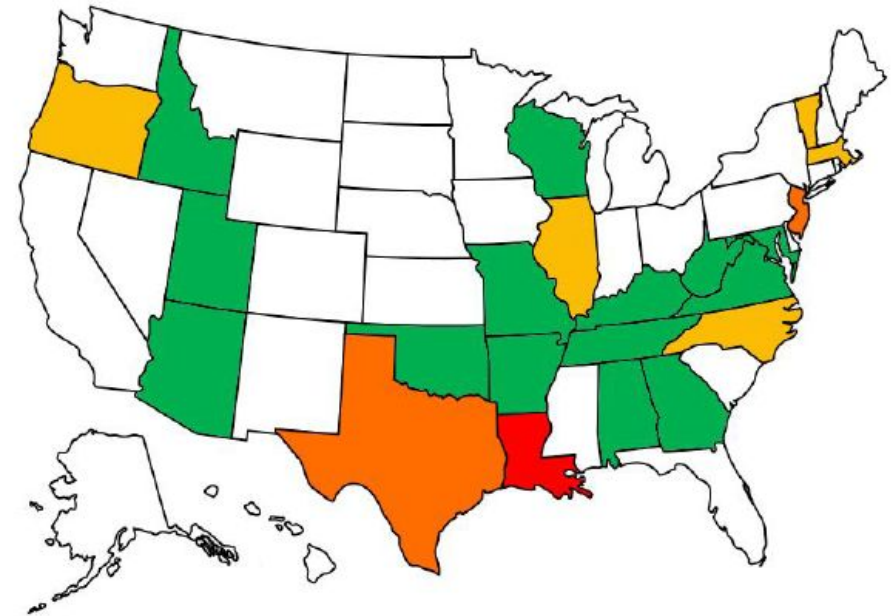
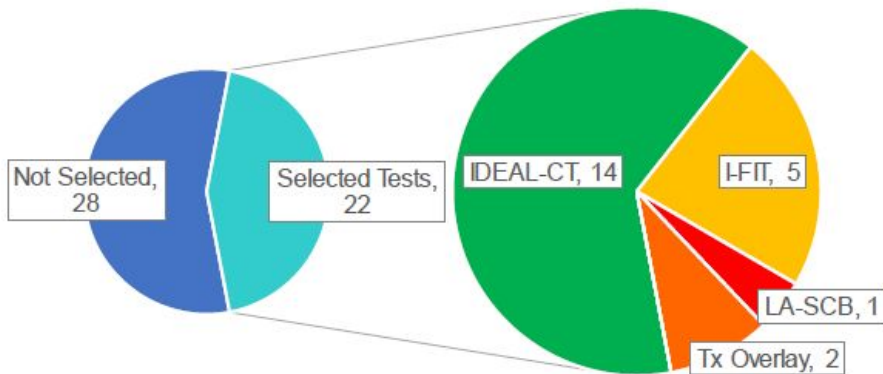
PMLC Critically Aged 8 hrs. @ 135°C



Wybrane metody badań spękań generowanych ruchem drogowym wg NCAT

Load Related Cracking Tests

Load Cracking Tests Selected
(# of states)

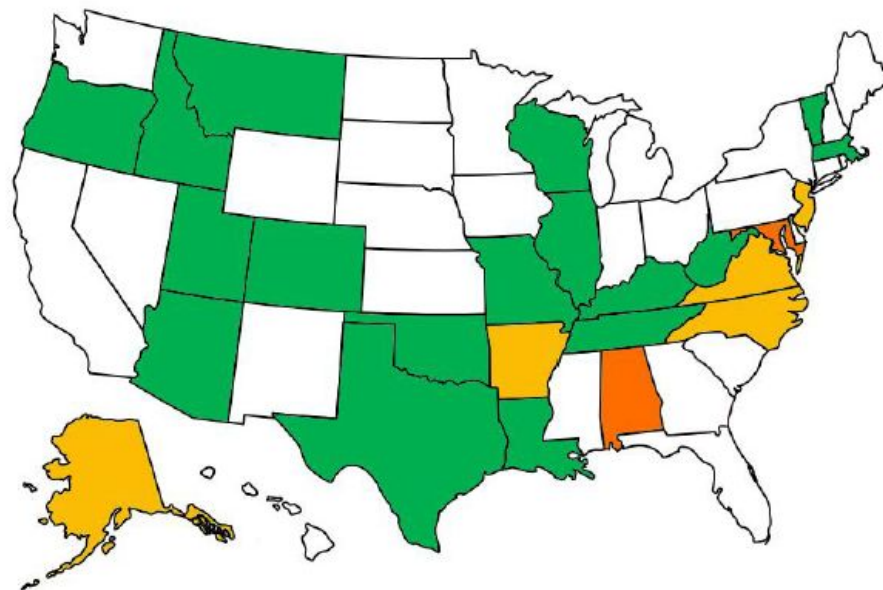
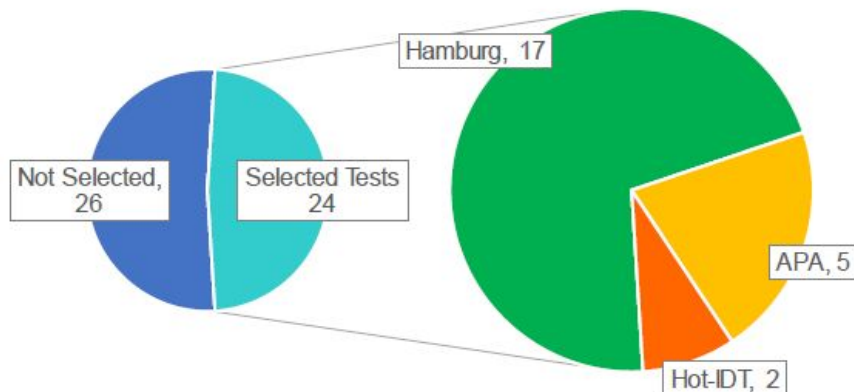


- IDEAL-CT
- Illinois Flexibility Index (I-FIT)
- Texas Overlay Test
- Louisiana SCB Test
- Not Selected

Wybrane metody badań odporności na koleinowanie wg NCAT

Rutting Tests

Rutting Tests Selected
(# of states)

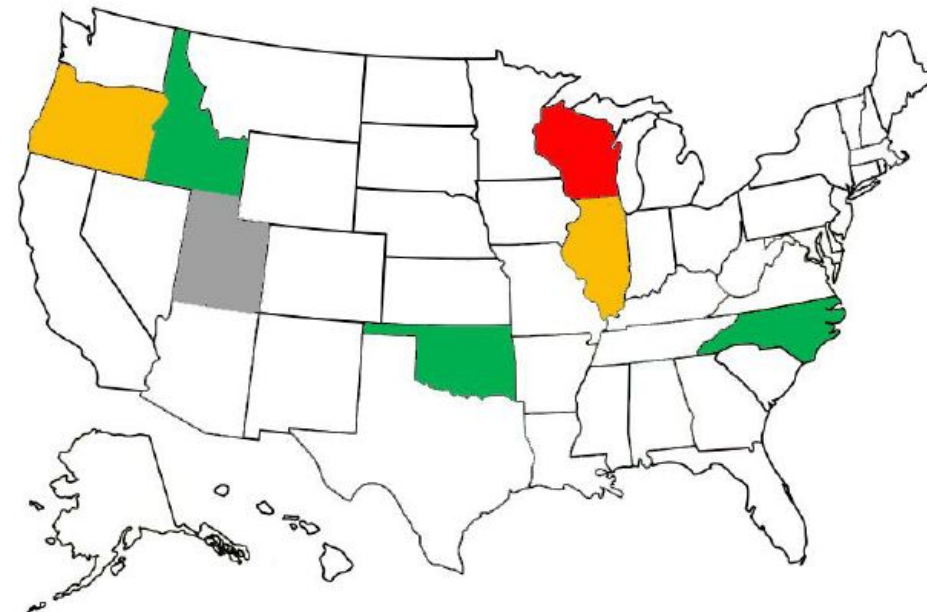
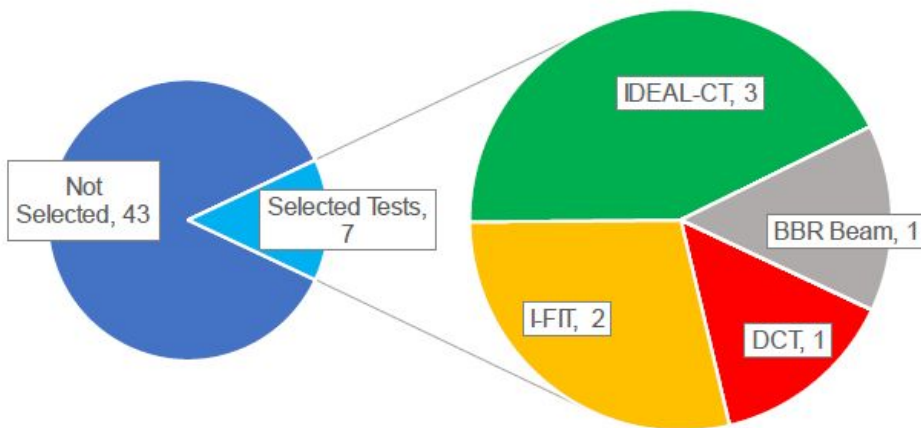


- Hamburg Wheel Tracking Test
- Asphalt Pavement Analyzer (APA)
- Hot - IDT
- IDEAL Rutting Test
- Not Selected

Wybrane metody badań spękań termicznych wg NCAT

Thermal Cracking Tests

Thermal Cracking Tests Selected
(# of states)



- IDEAL-CT
- Illinois Flexibility Index (I-FIT)
- Disk-Shaped Compact Test
- BBR Beam
- Not Selected

Program badań własnych

1. Ekstrakcja RAP i RAS, określenie składu i badania asfaltu odzyskanego,
2. Zaprojektowanie mieszanki referencyjnej i z dodatkiem RAP +RAS
3. Badania MMA: referencyjnej (AC 16 W 35/50) oraz mieszanek z dodatkiem materiałów z recyklingu (AC 16 W 50/70 +20% RAP +1%RAS),
4. Analiza wyników badań.

Badania asfaltu odzyskanego z RAP i RAS

Penetracja w 25°C



material	Pen
RAP	21
RAS	17

Temperatura mięknienia PiK



material	PiK
RAP	64.5
RAS	102.8

Badane mieszanki – AC 16 W

l.p.	składniki	Udział w mieszance [%]	
		REF	RAP+RAS
1	Mączka wapienna	3.34	1.37
2	Dolomit 0/4	34.34	25.08
3	Dolomit 2/8	20.03	15.35
4	Dolomit 8/11	16.22	12.92
5	Dolomit 8/16	21.47	21.28
6	RAP	-	20.0
7	RAS		1.0
8	Asfalt dodany	4.6	3.0
9	Środek adhezyjny	0.3 % ASF	0.3 % ASF

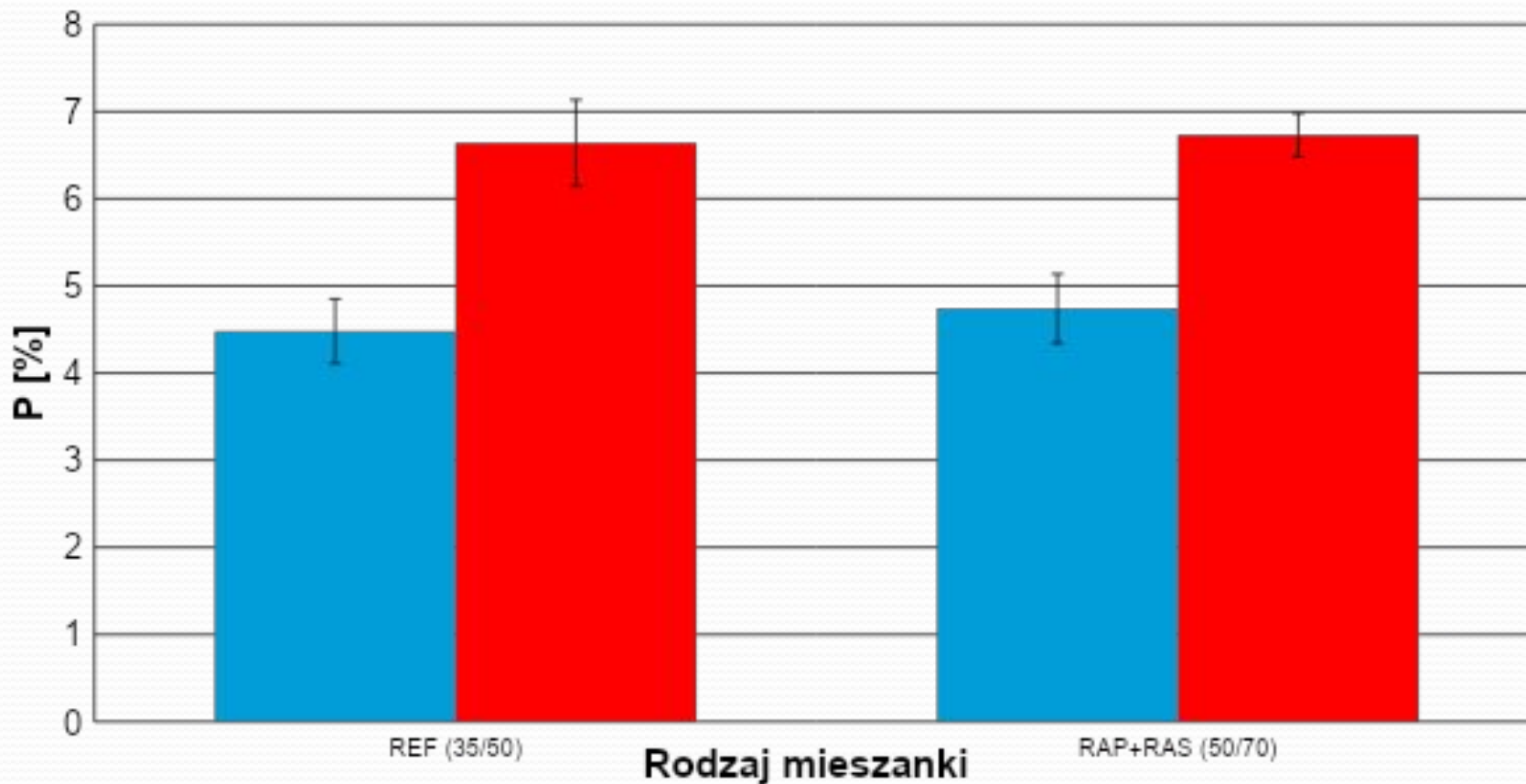
Uziarnienie badanych MMA

Sito [mm]	Krzywa uziarnienia [%]			
	RAP	RAS	AC REF	AC RAP+RAS
22.4	100	100	100	100
16.0	100	100	98.1	98.1
11.2	98	100	77.6	77.5
8.0	85	93	61.3	61.5
5.6	72.6	88.5	54.3	53.6
2.0	46.2	81.6	29.8	30.1
0.5	24.3	58.9	14.6	14.5
0.125	15.4	40.3	8.2	8.1
0.063	13.1	35.2	6.0	6.1
Zawartość asfaltu	6.0	50.2	4.6	4.7

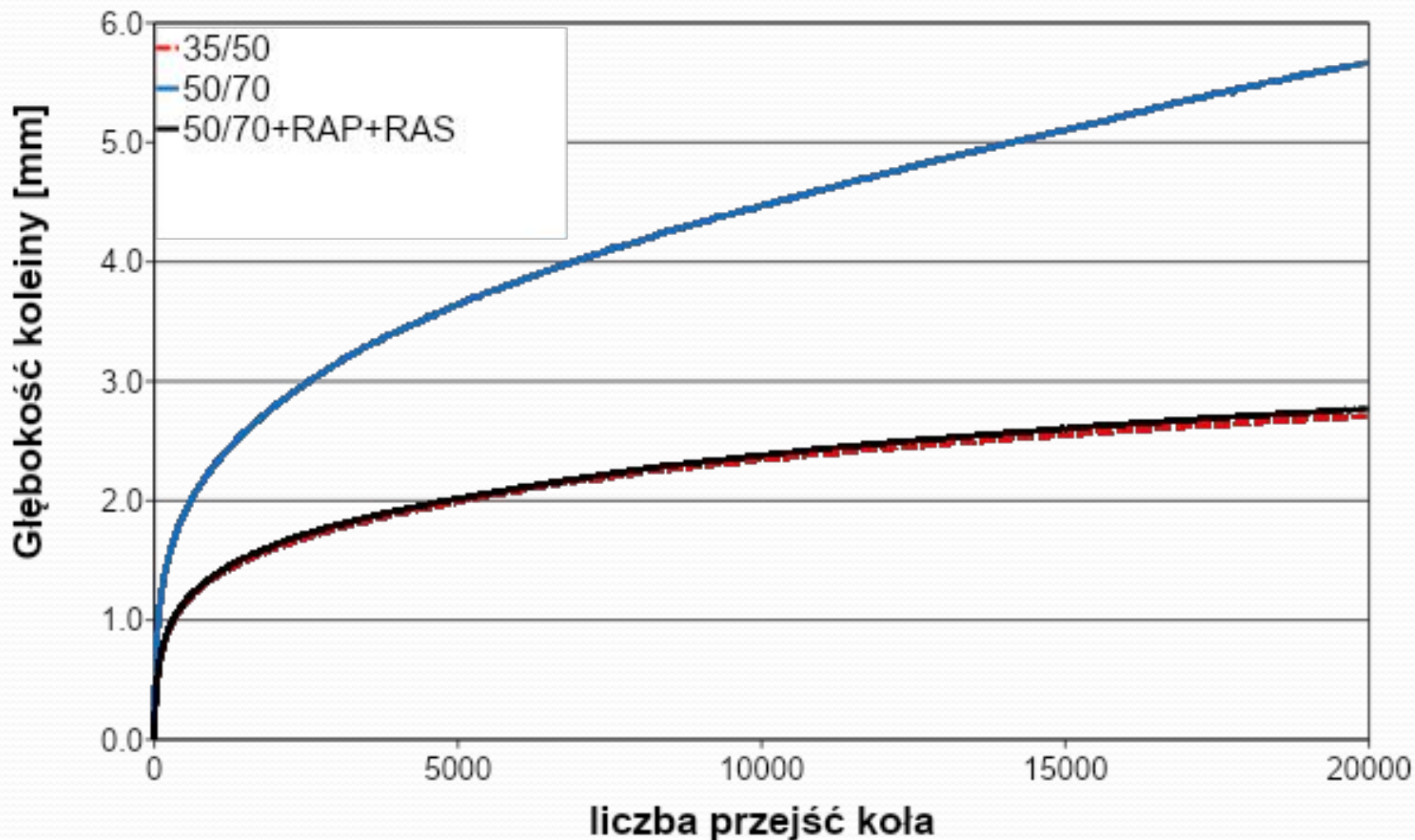
Program badań AC

l.p.	Badana cecha	Liczba próbek	
		AC REF	AC RAP+RAS
1	Gęstość	3	3
2	Gęstość objętościowa	15	15
3	Zawartość wolnej przestrzeni	15	15
4	Koleinowanie w +60°C	2	2
5	Moduł sztywności w temp.: +5°C, +15°C i +30°C	5	5
6	ITS, próbki 2 x 75, badane w +40°C	5	5
7	ITS, próbki 2 x 35 na mokro (sucho) w +25°C	5 (5)	5 (5)

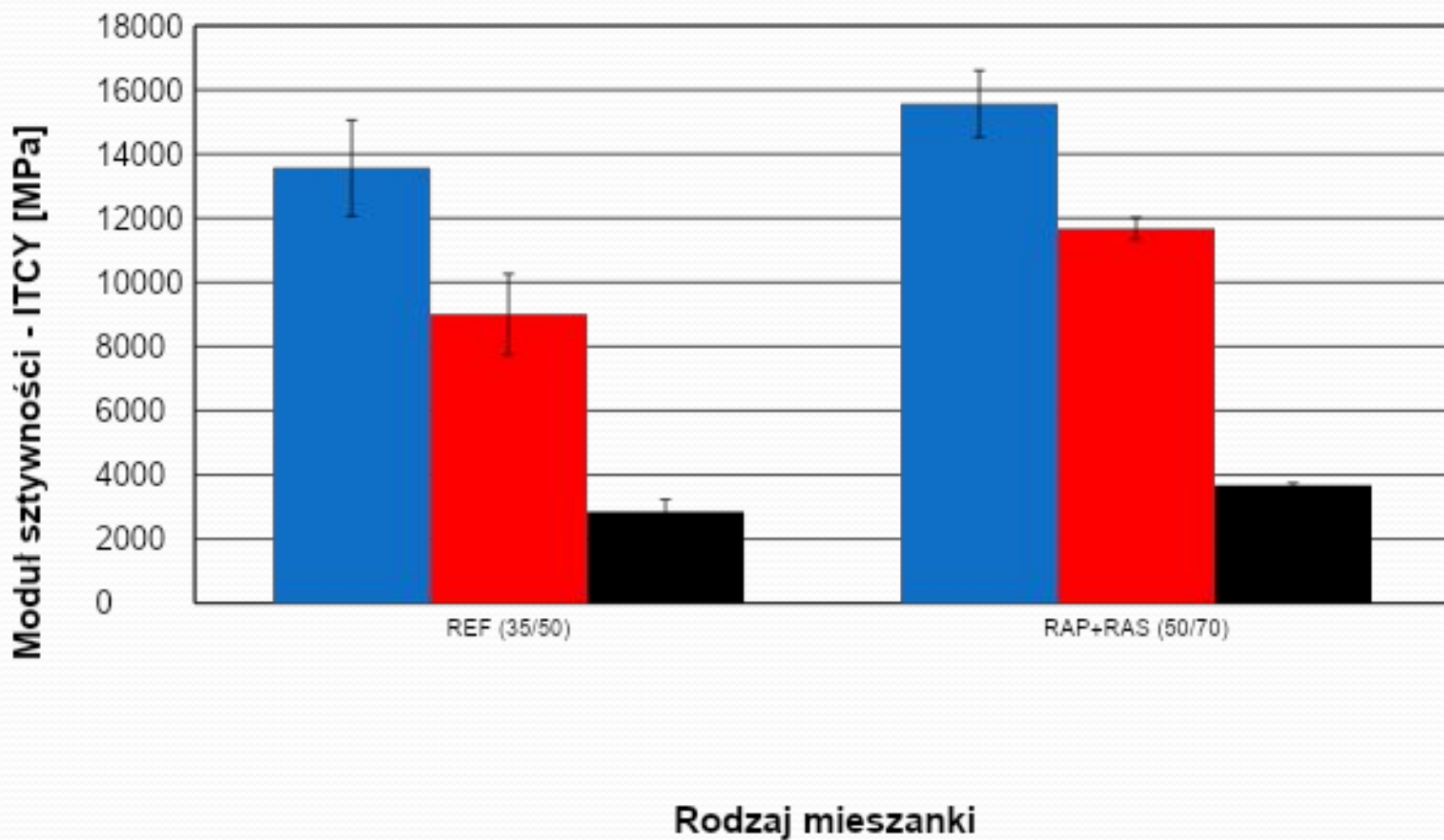
Zawartość wolnych przestrzeni w MMA



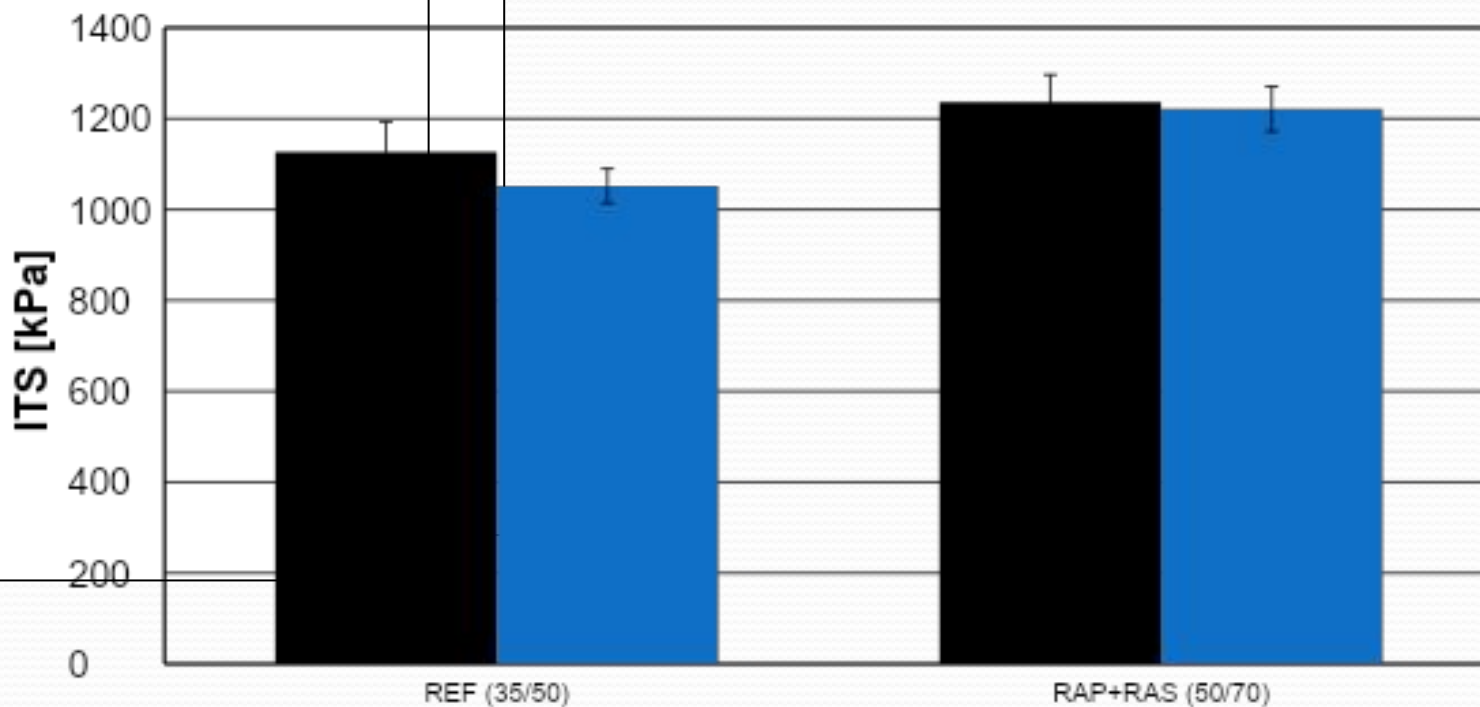
Wykresy koleinowania



Moduł sztywności



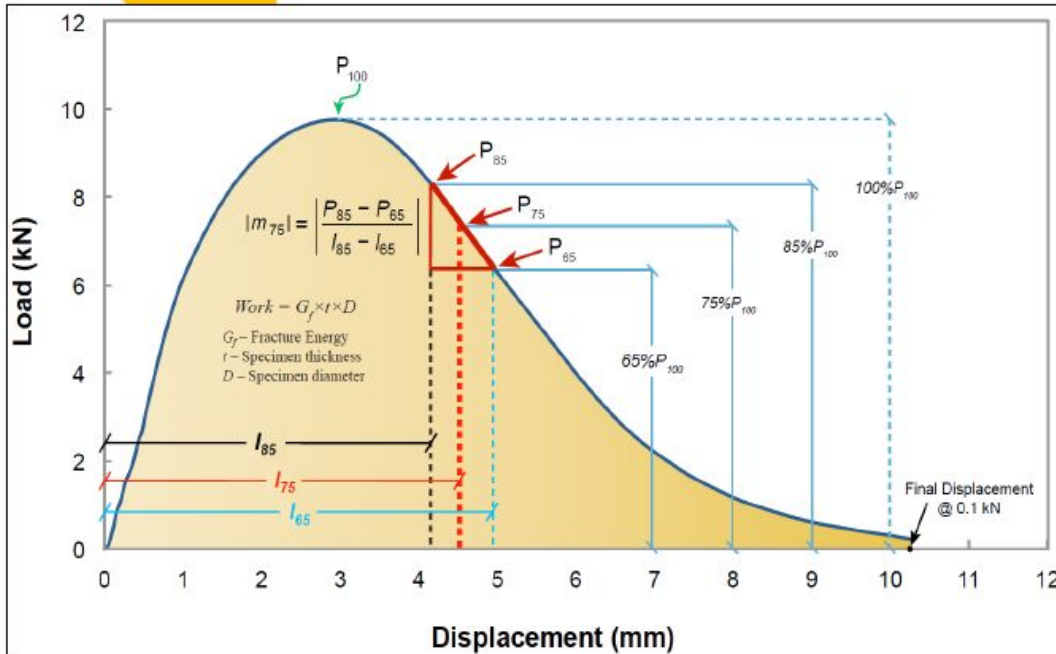
Wyniki ITS w 25°C



Rodzaj mieszanki

Wyznaczanie parametru odporności na pękanie MMA (test IDEAL-CT wg NCAT)

IDEAL-CT Overview



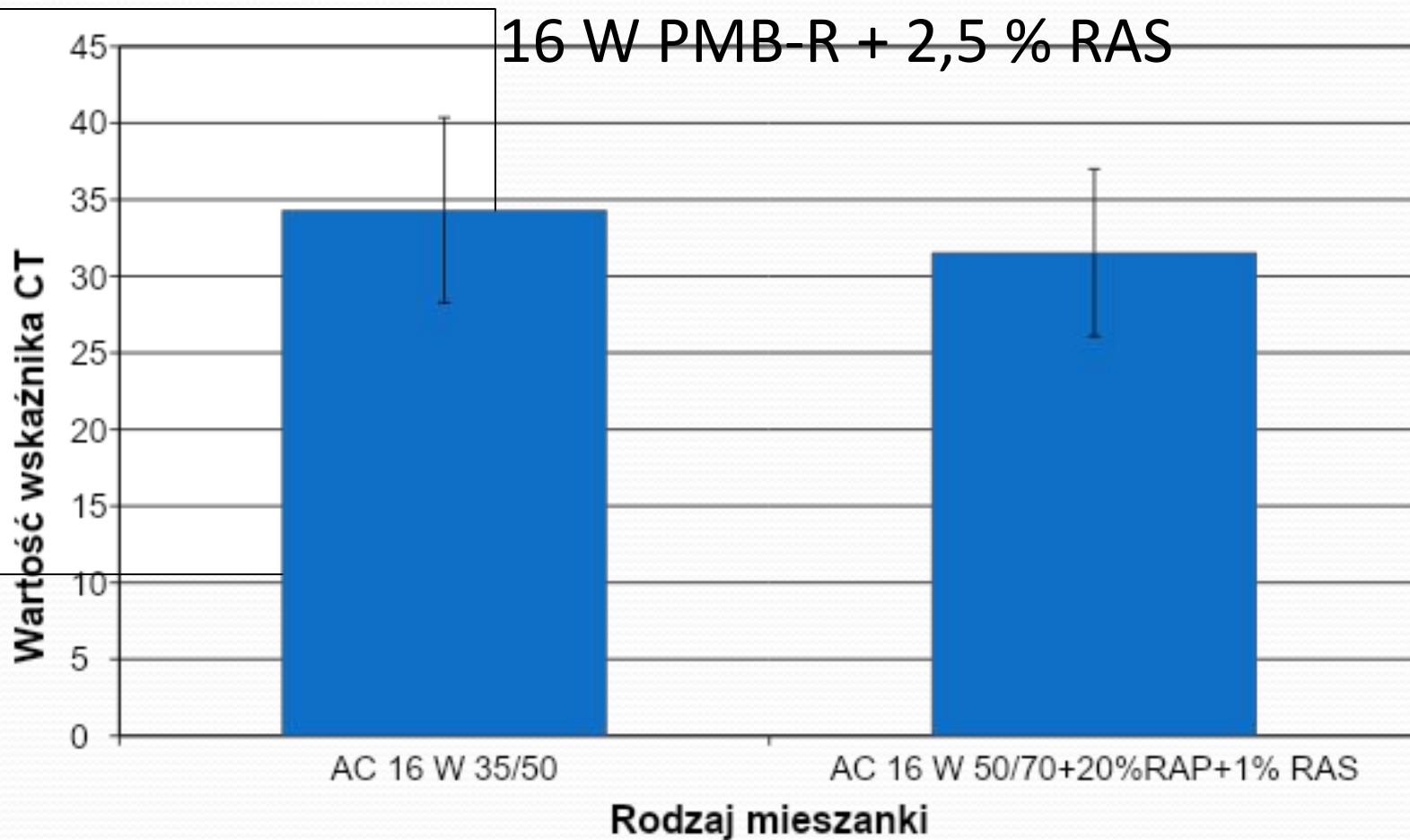
$$CT_{index} = \frac{t}{62} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \frac{l_{75}}{D} \times 10^6$$

$$G_f = \frac{W}{t \times D}$$

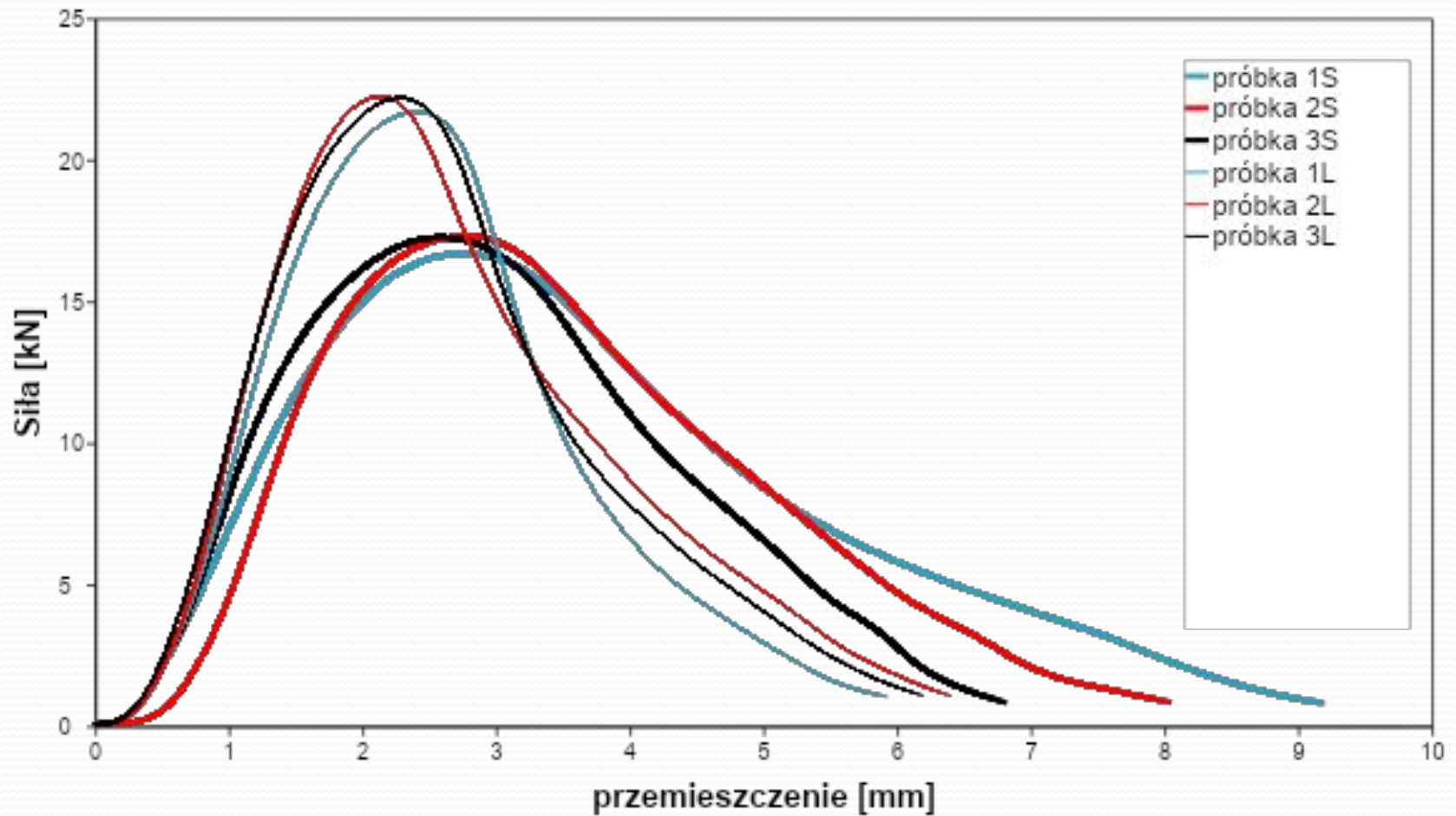
(Zhou et al., 2017)

Wskaźnik CT dla mieszanki

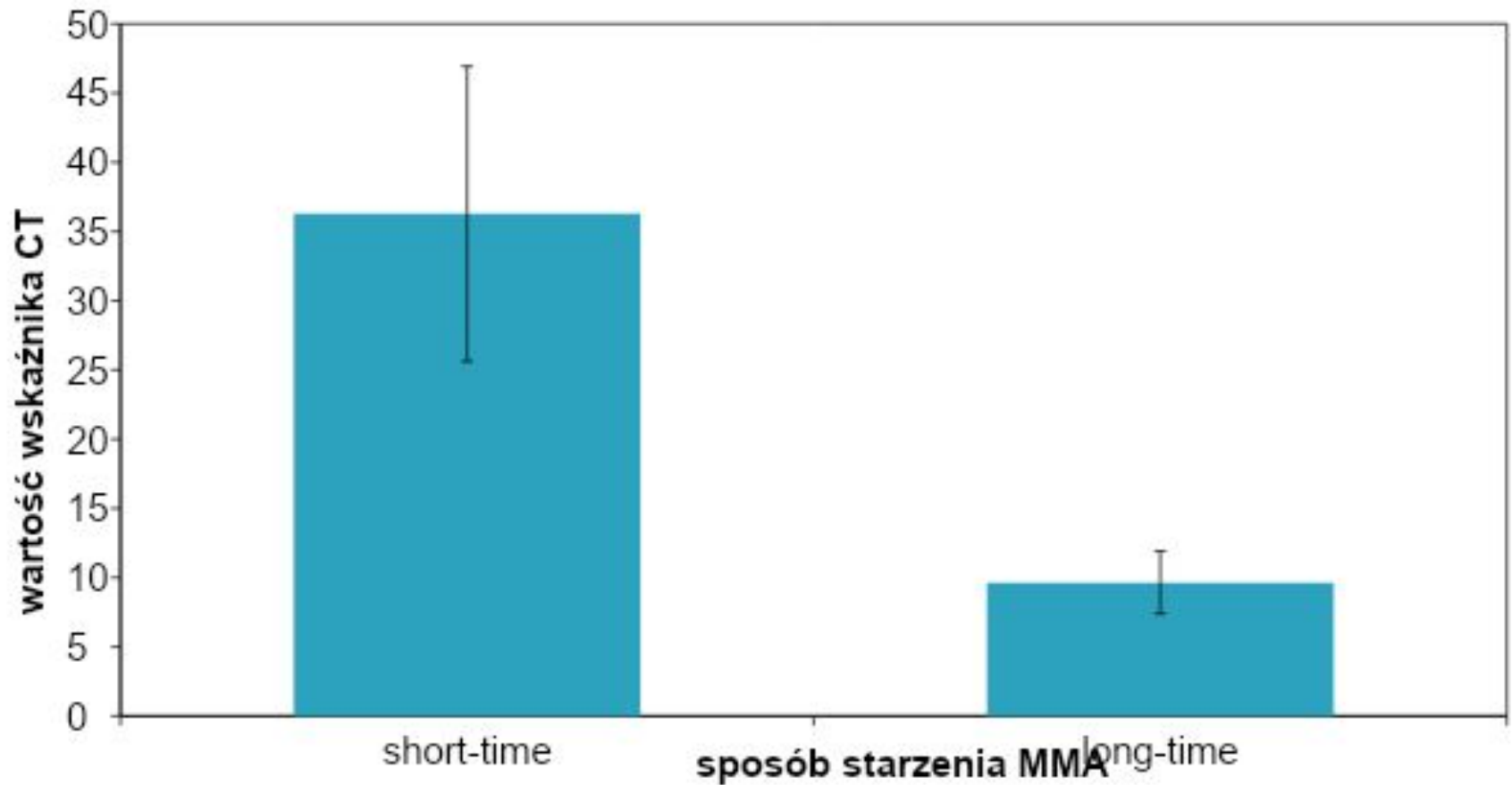
16 W PMB-R + 2,5 % RAS



Wykresy siła – przemieszczenie z badania IDEAL-CT



Wskaźnik CT dla mieszanki



Wnioski

- Zaprojektowanie mieszanek z dodatkiem materiałów zawierających asfalt z recyklingu, spełniających krajowe wymagania (WT-2) jest możliwe poprzez dobranie odpowiednio miększego asfaltu.
- Potrzebne są nowe badania dla takich mieszanek, zwłaszcza w zakresie wpływu starzenia na odporność na spękanie (w różnych warunkach obciążeń).
- Bardzo obiecujące wydaje się wprowadzenie testu Ideal CT, który jest tani, prosty i powtarzalny, a wg badań amerykańskich uzyskuje dobrą korelację z wynikami badań polowych.