



**Wydział
Inżynierii Lądowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Projektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych z destruktem do zastosowania na odcinkach testowych

dr hab. inż. Jan Król, mgr inż. Adam Liphardt

**Politechnika
Warszawska**



**POLSKI KONGRES
DROGOWY**

KOLOKWIUM: DESTRUKT ASFALTOWY W BUDOWNICTWIE DROGOWYM
15.02.2018



Destrukt RA / granulat GRA



Destrukt asfaltowy - jest to mieszanka mineralno-asfaltowa, która jest uzyskiwana w wyniku frezowania warstw asfaltowych, rozkruszenia płyt wyciętych z nawierzchni asfaltowej, brył uzyskiwanych z płyt oraz z mieszanki mineralno-asfaltowej odrzuconej lub będącej nadwyżką produkcji.

- RA – destrukt asfaltowy (U RA d/D);

Granulat asfaltowy - jest to przetworzony destrukt asfaltowy o udokumentowanej jakości stosowany jako materiał składowy w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na gorąco.

- GRA – granulat asfaltowy (U GRA d/D)

Projektowanie mieszanek z destruktem wg PN-EN / WT

Normy i dokumenty techniczne:

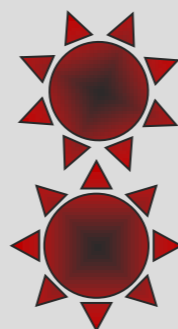
- PN-EN 13108-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania - Część 8: Destrukt asfaltowy z 2006 r z późniejszymi zmianami.
- PN-EN 13108-1 AC; 13108-5 SMA.
- WT-2 2014 – część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne.
- WT-2 2016 – część II. Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania Techniczne.

Oznaczenia:

- RA – destrukty asfaltowe (U RA d/D);
- GRA – granulaty asfaltowe (U GRA d/D).

Destrukt czy granulat

RA



GRA

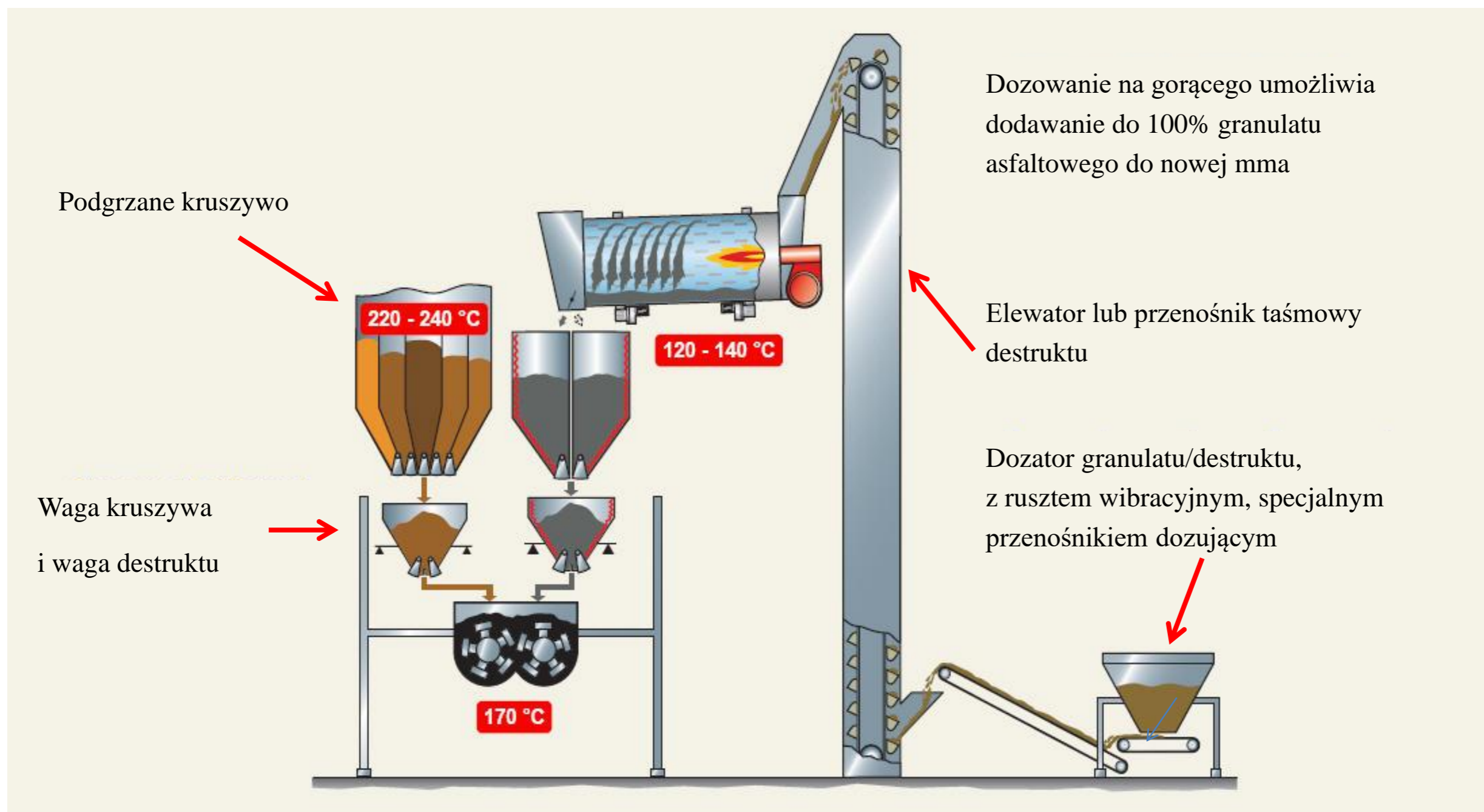


WT-2 2014

Granulat asfaltowy może być stosowany jedynie w mieszankach mineralno-asfaltowych typu AC W, AC P, AC WMS, z wyłączeniem warstw ściernalnych. Do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem granulatu nie dopuszcza się stosowania środków obniżających lepkość asfaltu.

Stosowanie granulatu asfaltowego nie może obniżać właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych.

Recykling na gorąco w otaczarce



(źródło Ammann / A.Szyller - Budimex)

Recykling na gorąco w otaczarce



„czarny bęben”

Dozator destruktu

Kruszywo z destruktu

WT-2 2014

Właściwości kruszywa z granulatu asfaltowego powinny spełniać wymagania określone dla kruszywa w danej mieszance mineralno-asfaltowej.

Dopuszcza się deklarowanie właściwości kruszywa mineralnego w granulacie asfaltowym na podstawie udokumentowanego wcześniejszego zastosowania.

| Właściwość | Jednostka | RA-1 SMA < 20 lat | RA-2 ACW < 20 lat | RA-3 ACW > 30 lat | RA-4 ACS > 30 lat |
|---|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Zawartość lepiszcza | % (m/m) | 5,9 | 4,3 | 6,3 | 4,9 |
| Kruszywo o uziarnieniu poniżej 0,063 mm | % (m/m) | 13,7 | 10,1 | 11,8 | 13,5 |
| Kruszywo o uziarnieniu od 0,063 do 2 mm | % (m/m) | 14,9 | 22,4 | 35,7 | 41,2 |
| Kruszywo o uziarnieniu powyżej 2 mm | % (m/m) | 71,5 | 67,5 | 52,5 | 45,4 |
| Gęstość mieszanki mineralnej | [Mg/m ³] | 2,703 | 2,635 | 2,597 | 2,768 |
| Stopień przekruszenia kruszywa drobnego - wskaźnik przepływu | sekunda | 33 | 28,0 | 26 | 28 |
| Stopień przekruszenia kruszywa grubego | - | C _{100/0} | C _{100/0} | C _{100/0} | C _{100/0} |

Kruszywo drobne

Piasek z RA - SMA



kwarc, skalenie
i granity

bazalty i
biotyty

Piasek z RA – AC W



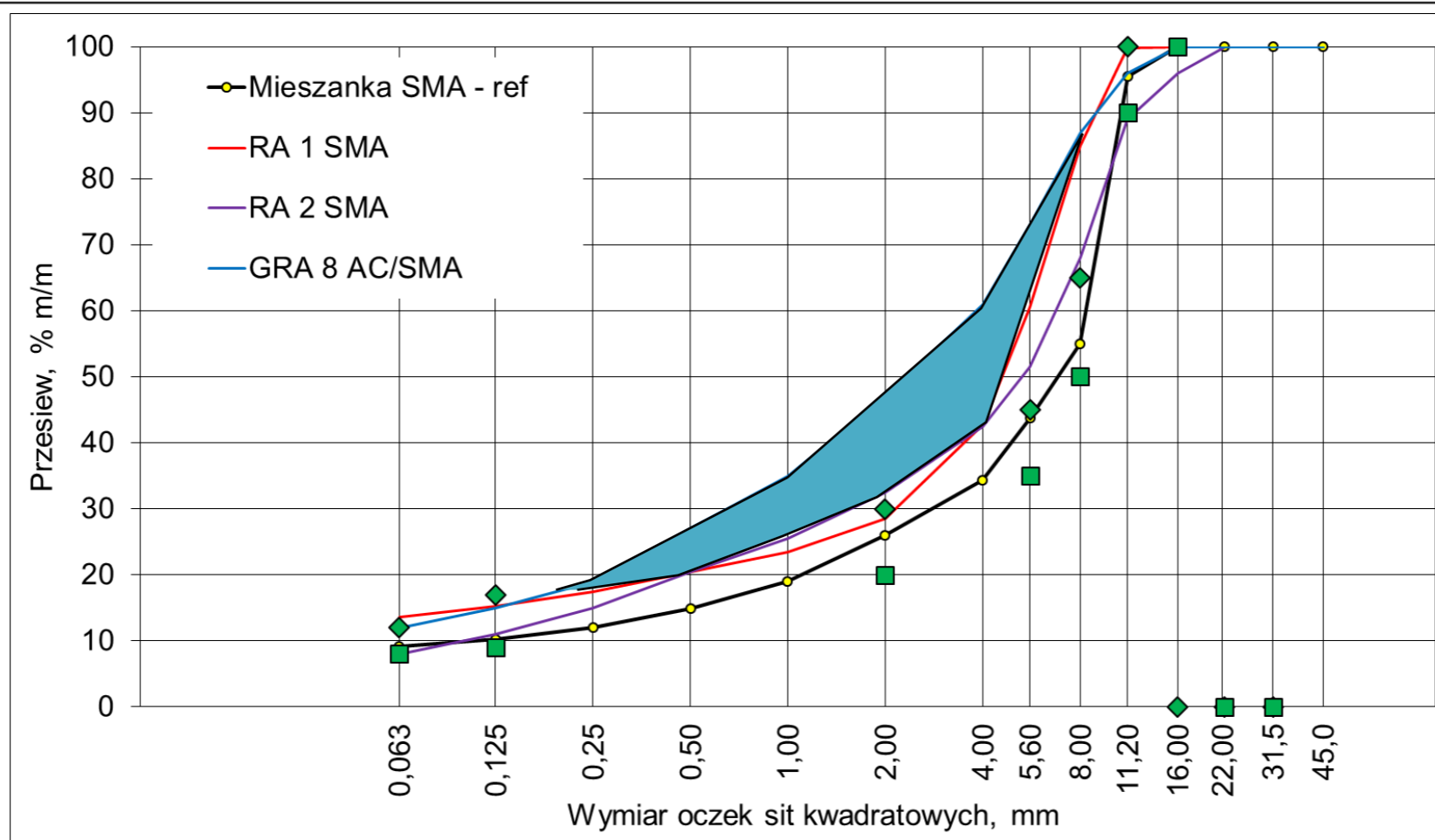
kwarc, skalenie
i granity

węglany w postaci dużych
odłupków

Zawartość węglanów 6-10 %

Właściwości i jednorodność kruszywa

| Właściwość | Jednostka | Średni wynik | Rozstęp wyników a_i | Dopuszczalny rozstęp (W ÷ P) | Dopuszczalny rozstęp (S) |
|---|-----------|--------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|
| Zawartość lepiszcza | % (m/m) | 5,9 | 0,4 | 1,0 ÷ 1,2 | - |
| Kruszywo o uziarnieniu poniżej 0,063 mm | % (m/m) | 13,7 | 1,0 | 6 ÷ 10 | - |
| Kruszywo o uziarnieniu od 0,063 do 2 mm | % (m/m) | 14,9 | 3,1 | 16 ÷ 16 | - |
| Kruszywo o uziarnieniu powyżej 2 mm | % (m/m) | 71,5 | 4,0 | 16 ÷ 18 | - |



Zagadnienie lepiszcza asfaltowego pochodzącego z destruktu wg EN 13108-1:2016

Asfalt drogowy

- Jeżeli stosujemy więcej niż 10% RA/GRA do mieszanki do warstwy ścieralnej lub 20% RA/GRA do pozostałych warstw, penetracja i temperatura mięknięcia asfaltu wynikowego musi spełniać kryteria przewidziane w danej mieszance.

Polimeroasfalt

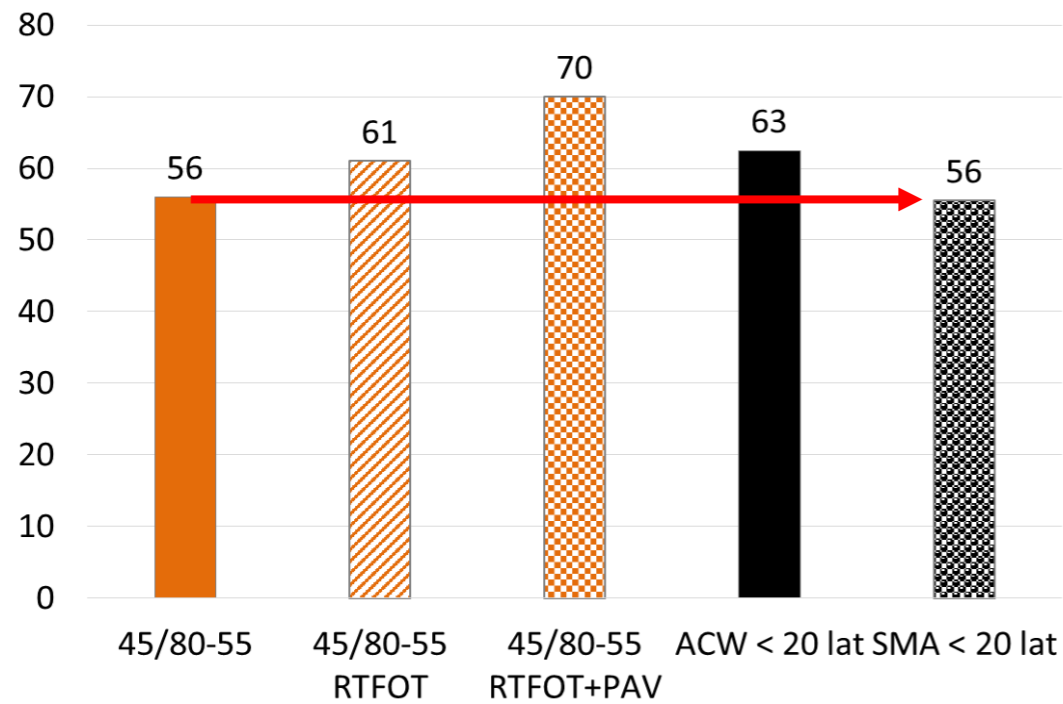
- Jeśli PMB występuje w mieszance lub w RA/GRA, można ograniczyć ilość RA/GRA do 10% w zależności od przeznaczenia mieszanki.
- Wzory na mieszalność są słuszne jedynie w przypadku asfaltu drogowego;

$$a \lg pen_1 + b \lg pen_2 = (a + b) \lg pen_{mix}$$

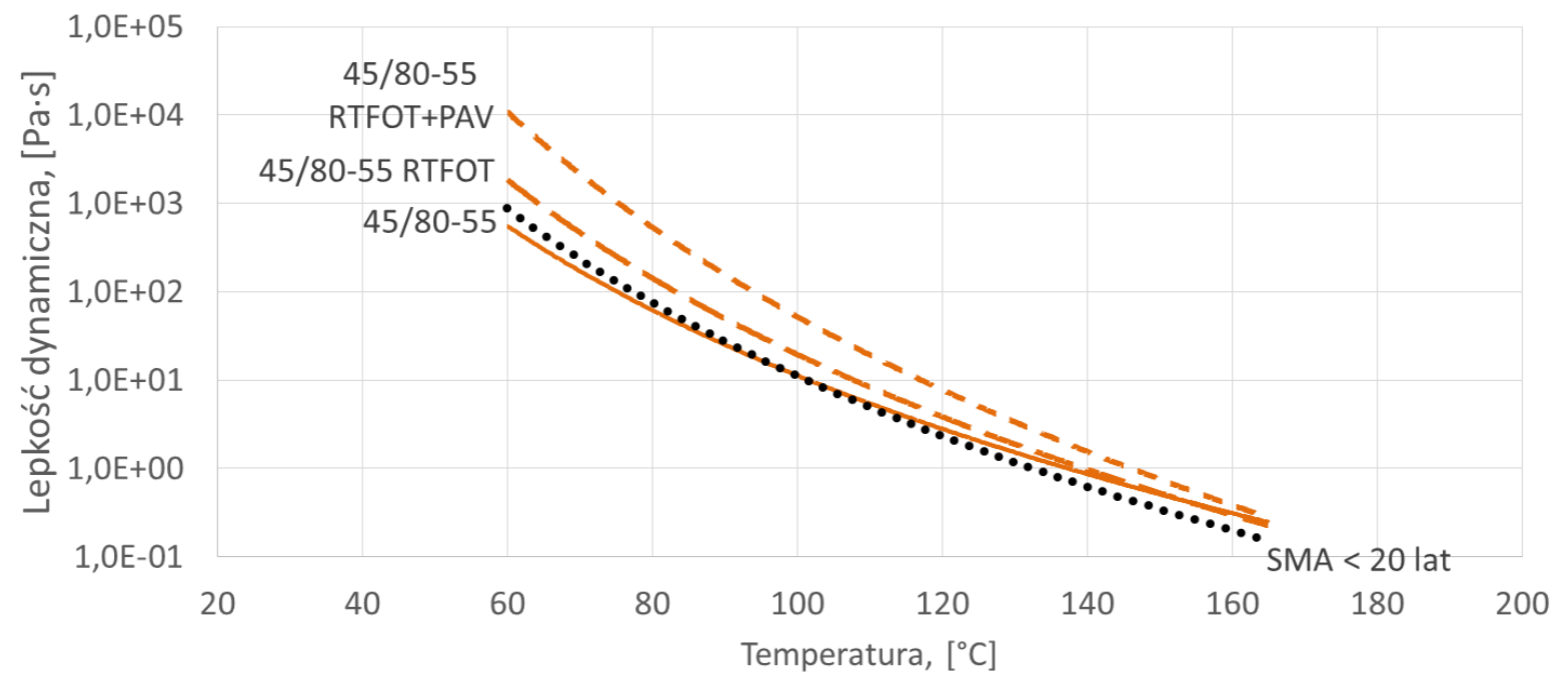
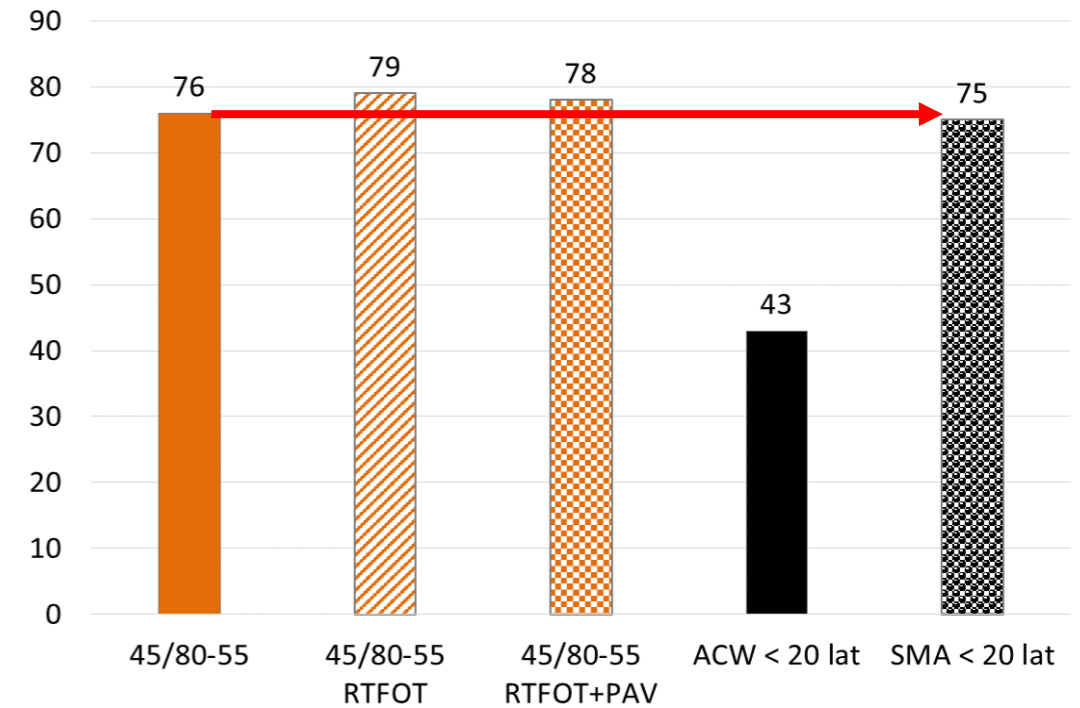
$$T_{R\&B\ mix} = a \times T_{R\&B\ 1} + b \times T_{R\&B\ 2}$$

Właściwości asfaltu

Temperatura mięknienia wg PiK, [°C]



Nawrót sprężysty w 25°C, [%]



Projektowanie mieszanek z destruktem – PN-EN / WT

W „metodzie na zimno” dopuszcza się stosowanie dodatku granulatu asfaltowego w ilości nie większej niż 20% w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej.

W „metodzie na gorąco” dopuszcza się stosowanie dodatku granulatu asfaltowego w ilości do 30% w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej.

Wymiar D kruszywa zawartego w granulacie asfaltowym nie może być większy od wymiaru D mieszanki mineralnej wchodzącej w skład mieszanki mineralno-asfaltowej.

W „metodzie na gorąco” asfalt wynikowy odzyskany z wyprodukowanej mieszanki mineralno-asfaltowej w zakresie temperatury mięknięcia T_{PIKmix} powinien spełniać oczekiwane wymagania według dokumentacji projektowej.

„Zawartość destruktu / granulatu w mma”

WT-2 2014: „...dodatek granulatu asfaltowego w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej...”

Optymalizacja mieszanki wymaga działań na kruszywie



| | 0,0% | 0,0% | 9,5% | 5,0% | 12,0% | 18,0% | 5,5% | agr. RAP-2 | SUMA | GESTOŚĆ MM | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|--|-------|
| | 0,0% | 0,0% | 9,5% | 5,0% | 12,0% | 18,0% | 5,5% | 50,0% | 100,0% | 2,687 | |
| | 0,0% | 0,0% | 9,5% | 5,0% | 12,0% | 18,0% | 5,5% | MM granulatu asfaltowego | Skład ziarnowy mieszanki | Rzędne krzywej uziarnienia, ziarna przechodzące przez sito | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | | | |
| Gęstość | 2,710 | 2,720 | 2,710 | 2,720 | 2,710 | 2,710 | 2,700 | 2,664 | | | |
| 45,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | Sito, mm | % |
| 31,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 45,0 | 100,0 |
| 22,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,5 | 100,0 |
| 16,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,5 | 22,4 | 100,0 |
| 11,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 4,0 | 6,4 | 20,4 | 16,0 | 98,5 |
| 8,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 6,7 | 0,9 | 6,4 | 14,1 | 11,2 | 78,1 |
| 5,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 4,8 | 0,7 | 0,0 | 7,4 | 13,2 | 8,0 | 64,0 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 4,2 | 0,1 | 0,0 | 5,9 | 12,5 | 5,6 | 50,8 |
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 2,2 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 7,0 | 12,9 | 4,0 | 38,3 |
| 1,0 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 4,1 | 7,6 | 2,0 | 25,3 |
| 0,5 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,9 | 5,0 | 1,0 | 17,7 |
| 0,25 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 3,9 | 0,5 | 12,7 |
| 0,125 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 2,5 | 0,25 | 8,8 |
| 0,063 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,8 | 0,125 | 6,3 |
| < 0,063 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 5,0 | 5,5 | 0,063 | 5,5 |
| I | 0,0 | 0,0 | 9,5 | 5,0 | 12,0 | 18,0 | 5,5 | 50,0 | 100 | | |

50% kruszywa z destruktu/granulatu

„Zawartość destruktu / granulatu w mma”

Wskaźnik zastąpienia

$$\text{Binder Replacement, \%} = \frac{(A \times B)}{C} \times 100\%$$

gdzie:

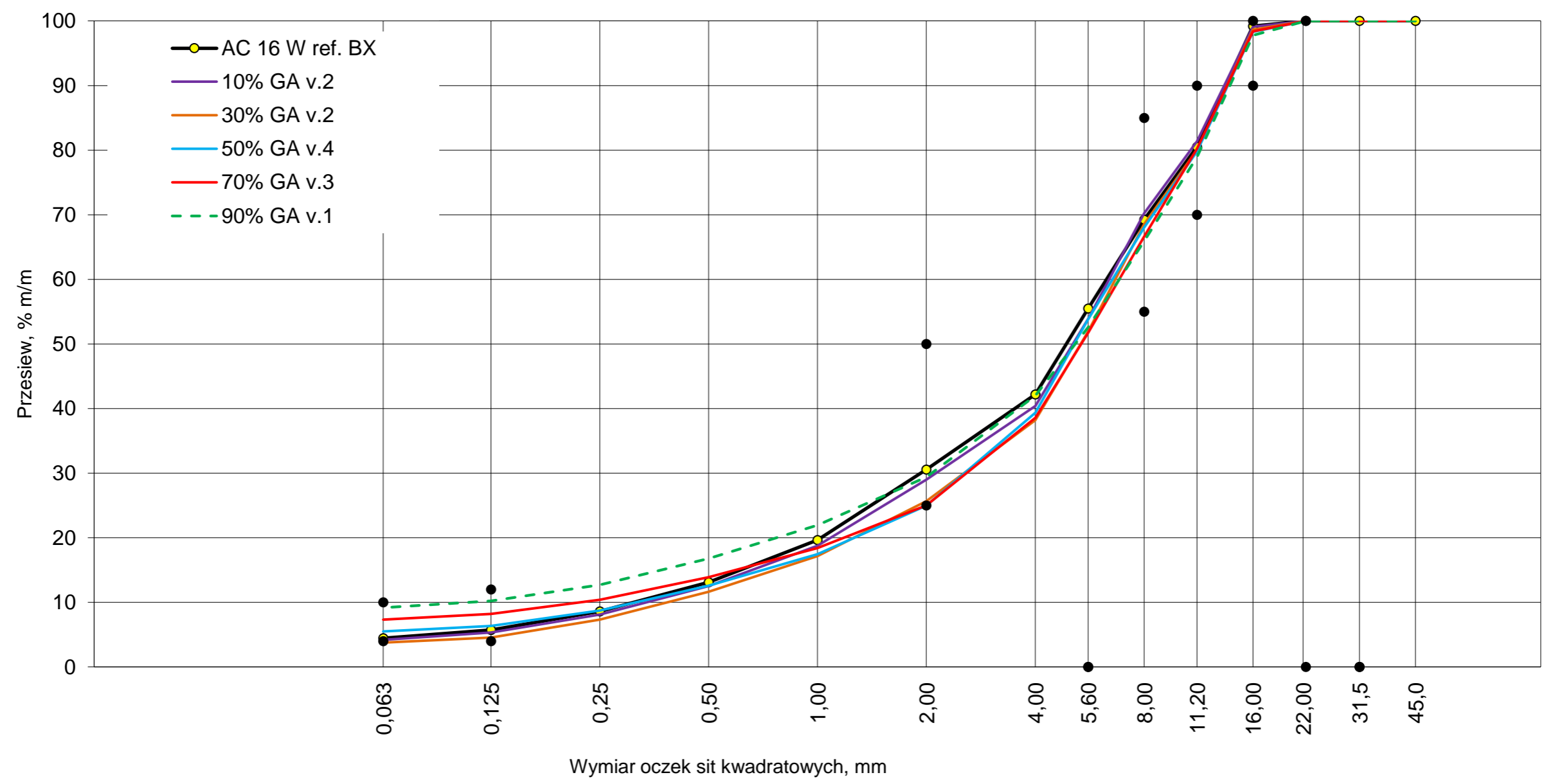
A – procentowa zawartość lepiszcza w RA/GRA

B – procentowa zakładana zawartość RA/GRA w mieszance

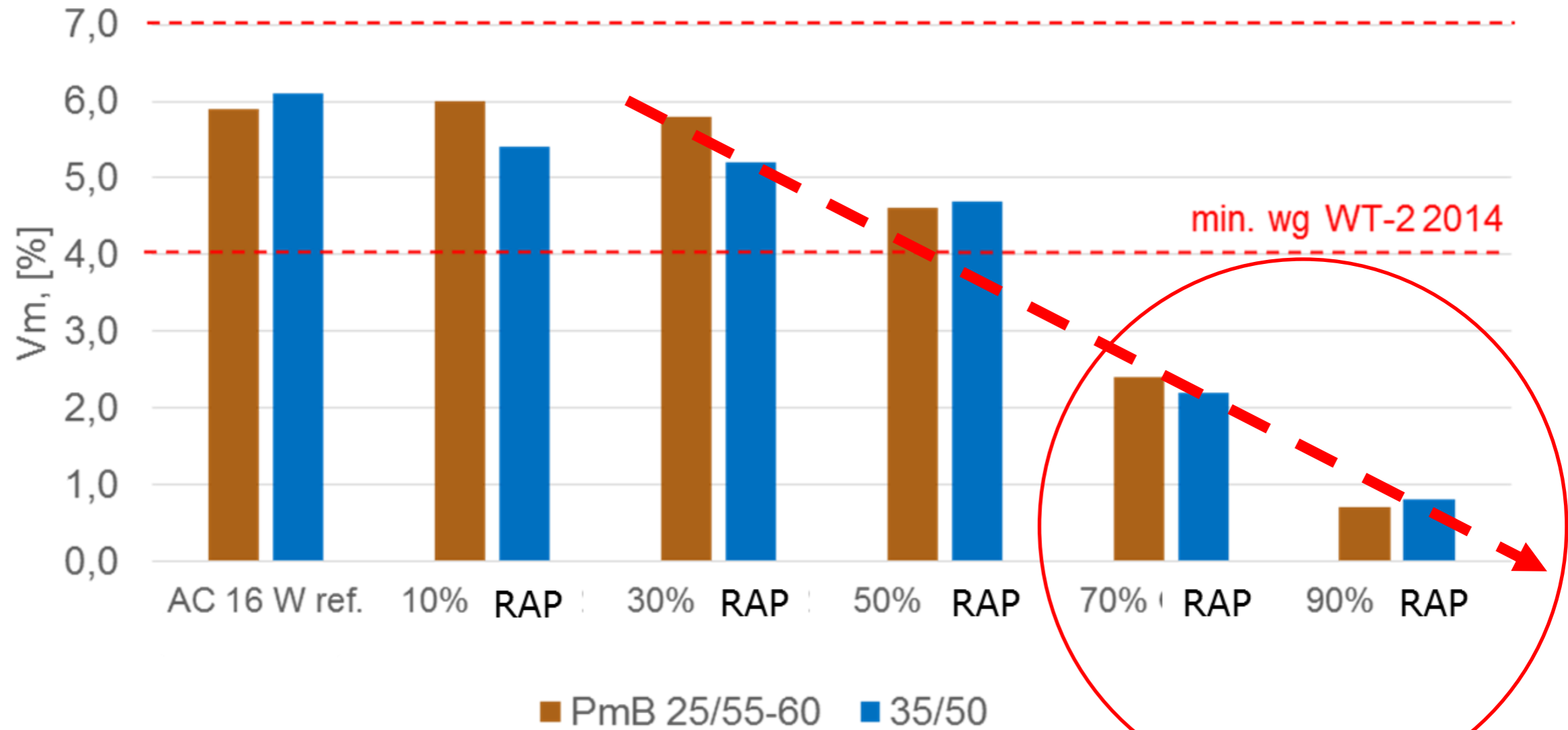
C – Całkowita zawartość lepiszcza w mieszance

Na podstawie: FHWA-HRT-11-021

Mieszanki AC-W + RAP



Mieszanki AC-W + RAP

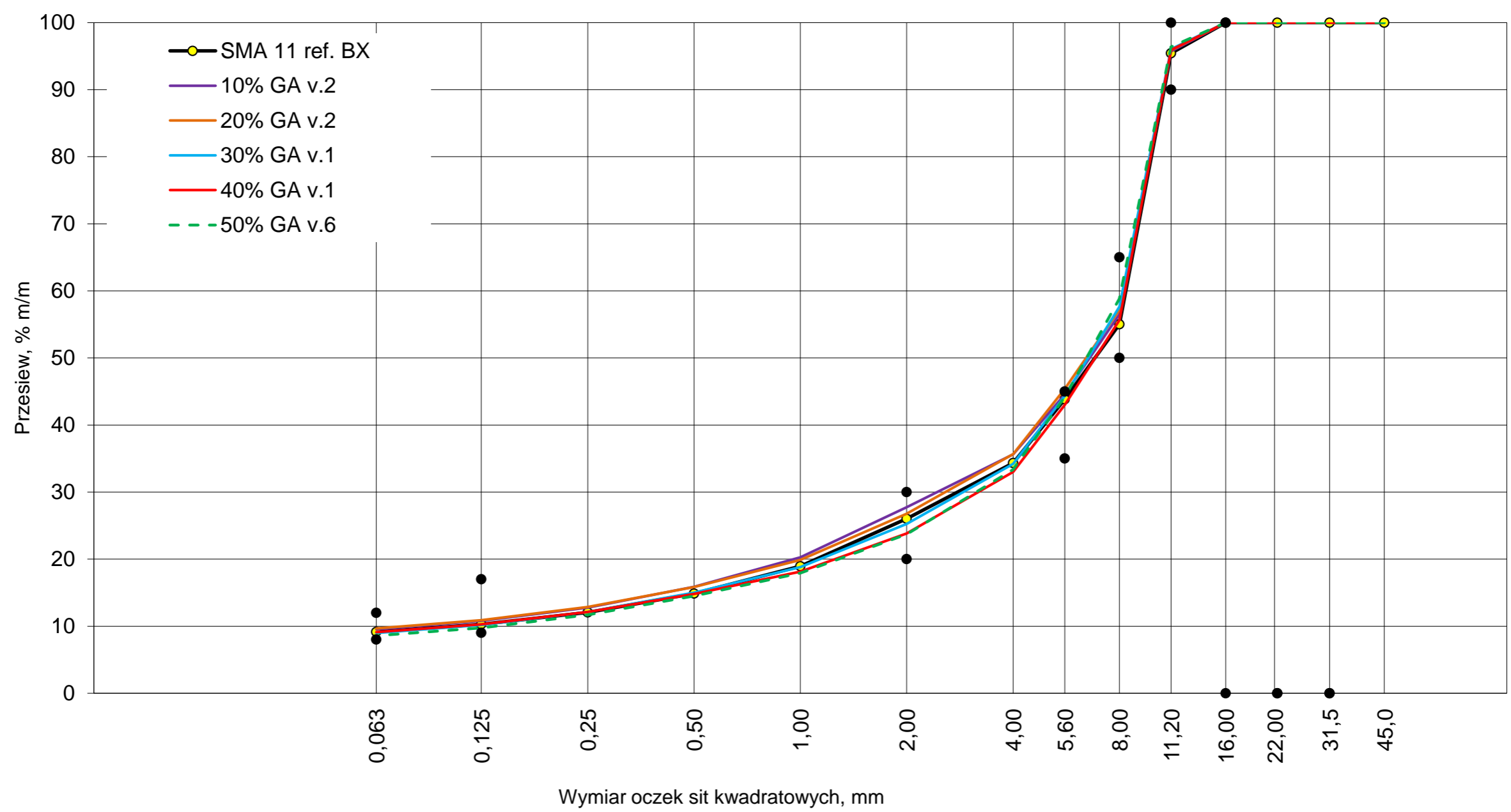


Mieszanki AC-W + RAP

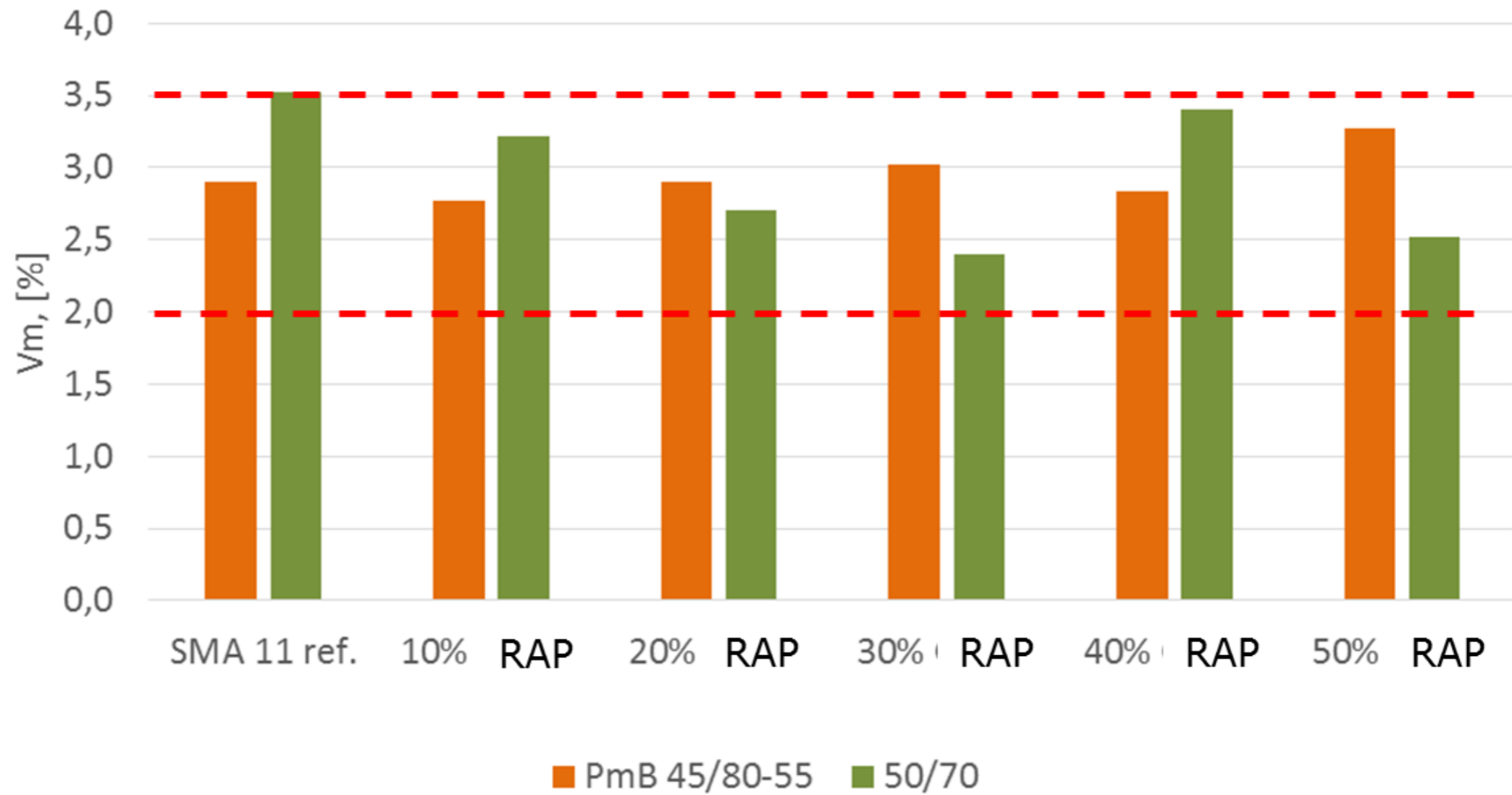
| | AC 16 W ref. | 10% RAP | 30% RAP | 50% RAP | 70% RAP | 90% RAP |
|--------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Mączka wapienna | 2 | 1 | - | - | - | - |
| Piasek 0/2 | 15 | 12 | - | - | - | - |
| Piasek płukany 0/2 | 15 | 14 | 17 | 9 | 2 | - |
| Grys 2/5 | 5 | 0 | 0 | 7 | 3 | - |
| Grys 2/8 | 31 | 35 | 29 | 15 | 10 | - |
| Grys 8/16 | 27 | 23 | 16 | 10 | 10 | - |
| Grys 11/16 | 5 | 5 | 8 | 9 | 5 | 10 |
| MM RAP AC<20lat | 0 | 10 | 30 | 50 | 70 | 90 |

| | AC 16 W ref. | 10% RAP | 30% RAP | 50% RAP | 70% RAP | 90% RAP |
|---------------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Asfalt 25/55-60 lub 35/50 | 4,7 | 4,3 | 3,4 | 2,6 | 1,7 | 0,8 |
| Lepiszczce z granulatu asfaltowego | 0,0 | 0,4 | 1,3 | 2,2 | 3,0 | 3,9 |
| Binder replacement | 0 | 9 | 27 | 46 | 64 | 82 |

Mieszanki SMA + RAP



Mieszanki SMA + RAP



Mieszanki SMA + RAP

| | SMA 11 ref. | 10% RAP | 20% RAP | 30% RAP | 40% RAP | 50% RAP |
|----------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Piasek 0/2 | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | 1 |
| Piasek płukany 0/2 | 10 | 10 | 8 | 7 | 5 | 5 |
| Piasek 0/2 | 9 | 9 | 8 | 7 | 5 | 4 |
| Grys 2/5 | 14 | 10 | 10 | 8 | 6 | 4 |
| Grys 4/8 | 12 | 10 | 6 | 5 | - | - |
| Grys 8/11 | 47 | 44 | 42 | 40 | 41 | 36 |
| MM RAP SMA<20lat | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |

| | SMA 11 ref. | 10% RAP | 20% RAP | 30% RAP | 40% RAP | 50% RAP |
|---|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Asfalt 45/80-55 lub 50/70 | 6,5 | 5,9 | 5,3 | 4,7 | 4,1 | 3,5 |
| Lepiszczce z granulatu asfaltowego | 0,0 | 0,6 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 3,0 |
| Binder replacement | 0 | 9 | 18 | 27 | 36 | 45 |

Projektowanie mieszanek na odcinki testowe

| Typ mieszanki mineralno- asfaltowej | Warstwa | Kategoria ruchu | Uziarnienie | Zawartość destruktu (nr porządkowy próby zaprojektowania mieszanki) | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|-----------------|-------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | |
| AC | S | KR 3÷4 | 0/11 | 15 (2) | 15 (1) | 20 (1) | 30 (1) | | | | | | |
| SMA | S | KR 5÷7 | 0/11 | 30 (2) | 30 (1) | | | | | | | | |
| AC | W | KR 3÷4 | 0/16 | 50 (2) | 50 (1) | 50 (3) | | | | | | | |
| AC WMS | W | KR 5÷7 | 0/16 | 50 (6) | 50 (1) | 50 (2) | 50 (3) | 50 (4) | 50 (5) | 50 (7) | 50 (8) | | |
| AC | P | KR 3÷7 | 0/22 | 50 (1) | | | | | | | | | |

W warstwie ścieralnej główne kryterium oceny przydatności mieszanek to zawartość wolnych przestrzeni i odporność na działanie wody ITSr uzupełnione o odporność na działanie niskiej temperatury (TSRST). Przyjęto graniczną (maksymalną) zawartości destruktu na poziomie:

- 30% RA w mieszankach SMA oraz zalecane zastosowanie polimeroasfaltów,
- 15% RA w mieszankach AC oraz zalecane zastosowanie polimeroasfaltów.

W warstwie wiążącej i podbudowie głównymi kryteriami oceny przydatności mieszanek do warstw konstrukcyjnych są zawartość wolnych przestrzeni, odporność na odkształcenia trwałe (koleinowanie) oraz trwałość zmęczeniowa w przypadku mieszanek do kategorii ruchu KR-5-7.

Przyjęto graniczną (maksymalną) zawartości destruktu na poziomie:

- 50% RA oraz zalecane zastosowanie polimeroasfaltów.

Konstrukcja nawierzchni drogowej

| | | | |
|-------------------------------------|------------------|----------|----------|
| <input type="checkbox"/> ścieralnej | AC 11 S KR 3-4 | +15% RAP | S |
| <input type="checkbox"/> ścieralnej | SMA 11 KR 5-7 | +30% RAP | |
| <input type="checkbox"/> wiążącej | AC 16 W KR 3-4 | +50% RAP | W |
| <input type="checkbox"/> wiążącej | AC WMS 16 KR 3-7 | +50% RAP | |
| <input type="checkbox"/> podbudowy | AC 22 P KR 5-7 | +50% RAP | P |

Odcinki testowe / próbne produkcje

| Typ mieszanki mineralno-asfaltowej | Oznaczenie zarobu | Zawartość destruktu [%] | Rodzaj lepiszcza |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|
| SMA 11 | SMA11_30G1_BX_1 | 30 | PMB 45/80-55 |
| | SMA11_30G1_BX_2 | 30 | PMB 45/80-55 |
| | SMA11_30G1_BX_3 | 30 | PMB 45/80-55 |
| AC 11 S | AC11S_15G1_BX_1 | 15 | PMB 45/80-55 |
| AC 16 W | AC16W_50G2_BX_1 | 50 | PMB 25/55-60 |
| | AC16W_50G2_BX_2 | 50 | PMB 25/55-60 |
| | AC16W_50G2_BX_3 | 50 | PMB 25/55-60 |
| | AC16W_50G2_BX_4 | 30 | PMB 25/55-60 |
| AC 16 WMS | AC16WMS_50G2_BX_1 | 50 | PMB 25/55-60 |
| | AC16WMS_50G2_BX_2 | 50 | PMB 25/55-60 |
| AC 22 P | AC22P_50G2_BX_1 | 50 | 35/50 |
| | AC22P_50G2_BX_2 | 50 | 35/50 |
| | AC22P_50G2_BX_3 | 50 | PMB 25/55-60 |



Wnioski

- Możliwe jest zaprojektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych ze zwiększoną zawartością destruktu od 20% do 50% spełniających wymagania.
- Uziarnienie destruktu jest głównym czynnikiem ograniczającym możliwość wprowadzenia do mieszanek jego większych ilości powyżej 50-70%.
- Zbyt duża zawartości frakcji drobnej 0/2 uniemożliwia zaprojektowanie mieszanek o odpowiedniej zawartości wolnych przestrzeni, co z kolei wpływa na zmianę właściwości mieszanki.
- W zakresie właściwości funkcjonalnych nie stwierdzono pogorszenia właściwości w stosunku do mieszanek referencyjnych.



**Politechnika
Warszawska**

Podziękowania

Projekt współfinansowany ze środków: Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, działanie INNOTECH, ścieżka programowa In-Tech, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Budimex S.A.



Dziękujemy za uwagę

dr hab. inż. Jan Król j.krol@il.pw.edu.pl

mgr inż. Adam Liphardt a.liphardt@il.pw.edu.pl

ul. Lecha Kaczyńskiego 16,
00-637 Warszawa