



**Wydział
Inżynierii Lądowej**
POLITECHNIKA WARSZAWSKA



Projektowanie i właściwości mieszanek stabilizowanych emulsją asfaltową do podbudów drogowych

mgr inż. Katarzyna Konieczna, Politechnika Warszawska

dr hab. inż. Jan Król, prof. uczelni, Politechnika Warszawska

dr inż. Wojciech Sorociak, Eurovia Polska S.A.; Politechnika Śląska

mgr inż. Dawid Żymełka, Eurovia Polska S.A.

Kraków, 14 listopada 2019 r.



**Fundusze
Europejskie**
Program Regionalny



**Rzeczpospolita
Polska**



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



VI KRAKOWSKIE DNI NAWIERZCHNI 2019

Kraków, 13-15 listopada 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Podbudowy drogowe w technologii recyklingu głębokiego na zimno

Mieszanki w technologii recyklingu na zimno



Mieszanki
Mineralno-Cementowo-Emulsyjne
(MCE)

Mieszanki
Mineralno-Cementowe z Asfaltem Spienionym
(MCAS)



Mieszanki
Stabilizowane Emulsją Asfaltową
o ograniczonej zawartości
cementu **(MCE+)/**
Bitumen Stabilised Materials
with Bitumen Emulsion
(BSM - emulsion)



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ - skład



MCE+ ➡

material o wiązaniach **dominująco asfaltowych**
właściwości **materialu ziarnistego i lepkosprężystego**



podatny charakter pracy podbudowy w konstrukcji drogowej -
- minimalizacja spękań odbitych w nawierzchni

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ - idea

Podbudowa o zwiększonej zawartości cementu

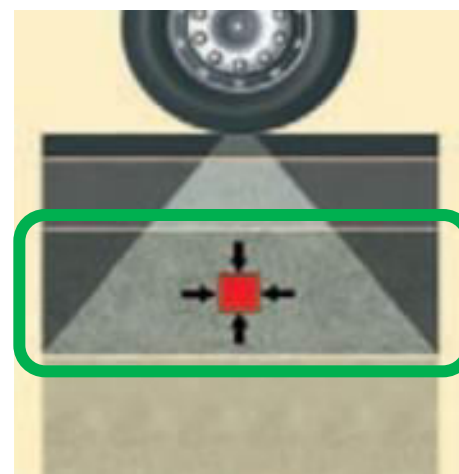


wysoka sztywność

spękania zmęczeniowe

warstwy związanej spoiwem hydraulicznym

Podbudowa z MCE+



niższa sztywność, poprawa kohezji

deformacje pod wpływem naprężeń ścinających,
ograniczone ryzyko wystąpienia spękań zmęczeniowych
(lub opóźnienie momentu ich powstawania)

Źródło: Wirtgen GmbH, Cold Recycling Technology

VI KRAKOWSKIE DNI NAWIERZCHNI 2019

Kraków, 13-15 listopada 2019 r.

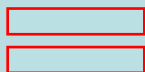
4

www.konferencjespecjalistyczne.pl

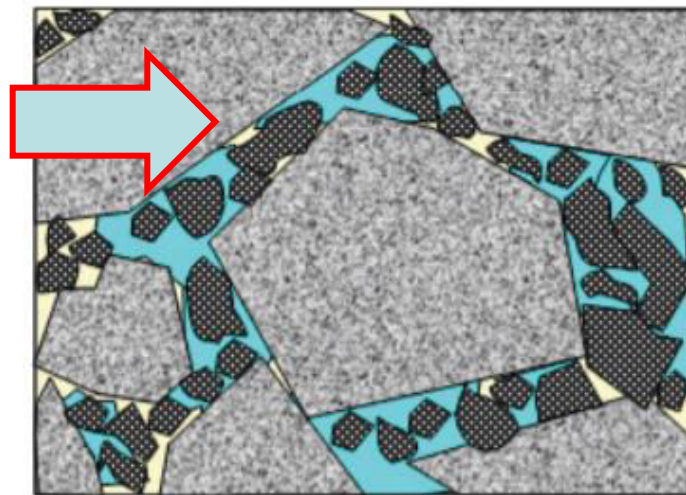
Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – współpraca środków wiążących i ich wpływ na właściwości mieszanki

Emulsja asfaltowa (od 3 do ok. 6% masy mieszanki):

„Mostkowanie” drobnych frakcji
kruszywa przez emulsję asfaltową



nieciągłość wiązań asfaltowych
w strukturze mieszanki



Źródło: Asphalt Academy, Technical Guideline:
Bitumen Stabilised Materials

Cement (do 1% masy mieszanki):

- **wspomaganie rozpadu emulsji** na ziarnach kruszywa
- wytrzymałość i sztywność mieszanki
- odporność mieszanki na działanie wody

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+

Przełom próbki po badaniu ITS
punktowe związanie lepiszczem – „usieczowanie mieszanki”



3% emulsji asfaltowej



6% emulsji asfaltowej

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ - etapy projektowania

Projektowanie składu mieszanki MCE+:

1. Ustalenie krzywej uziarnienia w oparciu o obszar optymalnego uziarnienia
2. Ustalenie konieczności stosowania spoiw hydraulicznych
(cement/wapno hydratyzowane)
3. Ustalenie ilości wody zarobowej
4. Ustalenie optymalnej zawartości emulsji asfaltowej
5. Sprawdzenie zgodności uzyskanych parametrów mieszanki z wymaganiami

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie krzywej uziarnienia

1. Ustalenie krzywej uziarnienia mieszanki w oparciu o obszar optymalnego uziarnienia

destrukt asfaltowy (RAP)/
destrukt budowlany (CDW)/
destrukt mineralny
(kruszywo z recyklingu)



kruszywo doziarniające

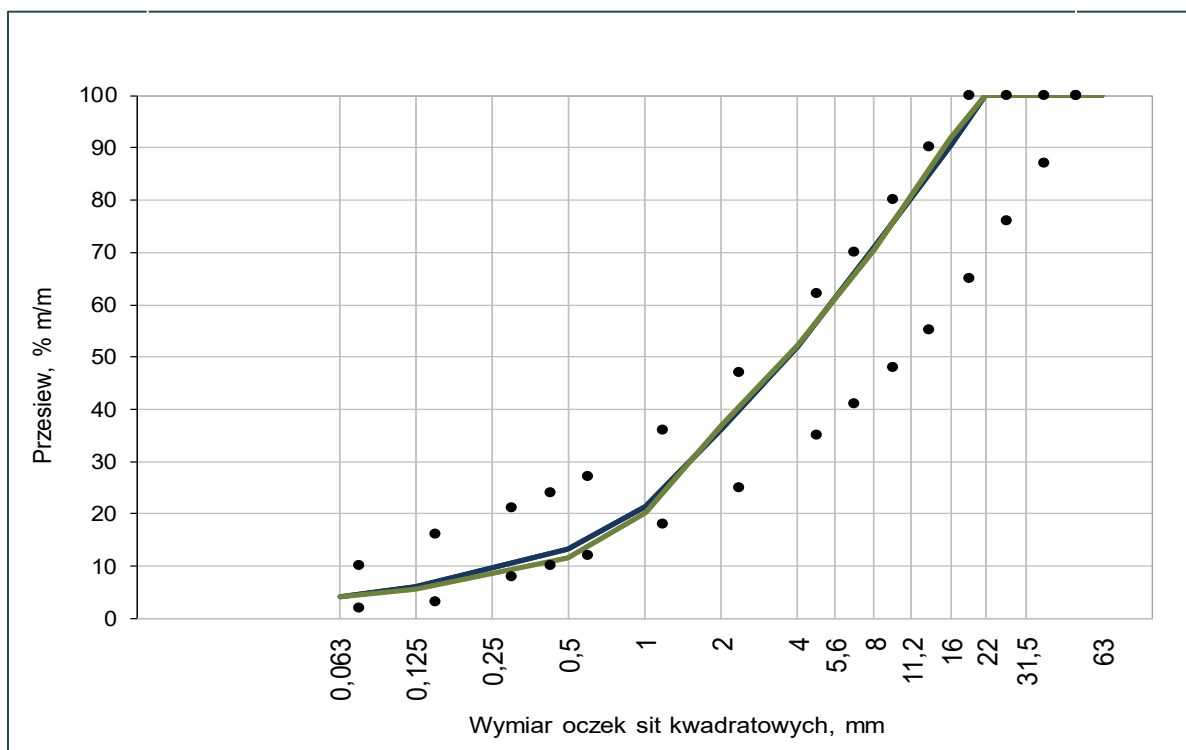


Udział w
kształtowaniu
poziomu wolnych
przestrzeni w
mieszance MCE+



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie krzywej uziarnienia

Przykładowe krzywe uziarnienia mieszanki MCE+



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie konieczności zastosowania spoiwa hydraulicznego

1) Oznaczenie wskaźnika plastyczności (I_p) materiału mineralnego:
(granica plastyczności w_p , granica płynności w_L -badanie Casagrande'a)

- $I_p < 10\%$ - badania ITS na mieszankach:
 - bez spoiwa
 - z cementem
 - z wapnem hydratyzowanym

(ilość stosowanej emulsji zależna od uziarnienia materiału mineralnego)

2) Określenie poziomu odporności mieszanki na działanie wody
($TSR = ITS_{wet}/ITS_{dry} > 60\%$)

1% dodatku cementu:

wspomaganie rozpadu emulsji i zmniejszenie wrażliwości mieszanki na działanie wody **przy ograniczeniu** przesztynienia materiału - możliwości powstawania spękań odbitych w nawierzchni



Źródło: insapedia.com

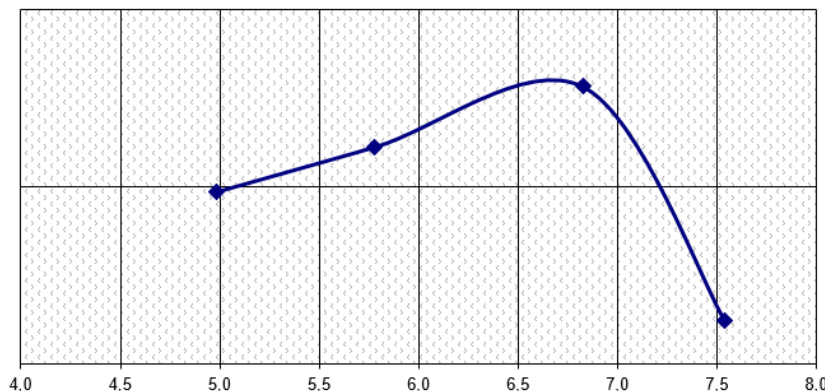
Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie ilości wody zarobowej

Określenie ilości wody zarobowej z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody Proctora wg PN-EN 13286-2.

Wyznaczenie:

- wilgotności optymalnej mieszanki (kruszywo + destruk + cement)
- odpowiadającej jej gęstości maksymalnej szkieletu kruszywowego

**Emulsja asfaltowa –
ciecz zwiększająca
efektywność procesu
zagęszczania**



- Stała ilość emulsji asfaltowej
- Zmienna ilość wody



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie ilości wody zarobowej

Ostateczną ilość wody zarobowej ustalamy uwzględniając:

- procent wody dodanej w trakcie zagęszczania metodą Proctora,
- redukcję ilości wody według wzoru:

$$M_{wody} = \frac{W_{opt}}{100} \cdot M_{d+k} - M_{emulsji}$$

Wpływ wody na:

- **zagęszczalność** mieszanki,
- parametry **wytrzymałościowe i objętościowe** (zawartość wolnych przestrzeni)

- Wzrost wytrzymałości i sztywności materiału następuje głównie w wyniku odparowania wody obecnej w mieszance



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – projektowanie: Ustalenie ilości emulsji asfaltowej

Ustalenie optymalnej zawartości emulsji asfaltowej



Badania **wytrzymałości na rozciąganie pośrednie ITS**:

- przyjęcie min. 3 poziomów zawartości emulsji asfaltowej
- uwzględnienie określonej wilgotności optymalnej mieszanki

Badanie ITS w temp. 25°C:

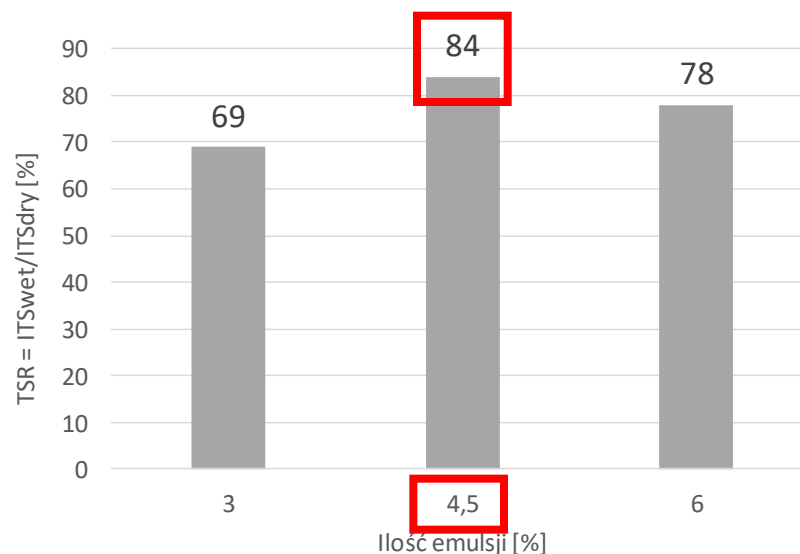
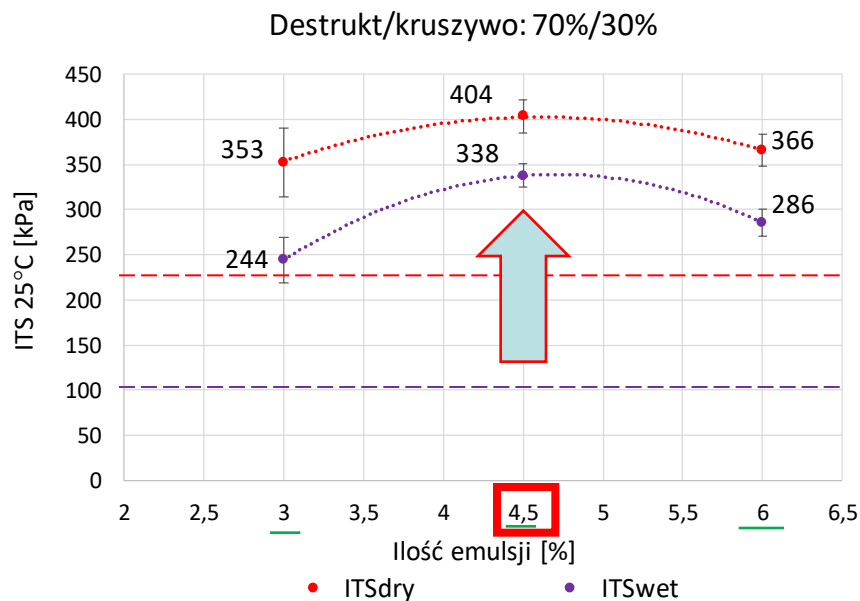
- ITSdry: próbki kondycjonowane w warunkach suchych (suszenie w temp. 40°C przez 72 godziny)
- ITSwet: próbki kondycjonowane w warunkach suchych + nasączone wodą przez 24 godziny

Próbki cylindryczne: $h = 63,5 \text{ mm}$, $d = 101,6 \text{ mm}$
Zagęszczanie w ubijaku Marshalla (2x75 uderzeń)



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – właściwości: Badania ITS przy ustalaniu optymalnej ilości emulsji asfaltowej

Wyniki badań ITS dla przykładowej mieszanki MCE+ o 70% zawartości destruktu asfaltowego w mieszance mineralnej i 1% zawartości cementu



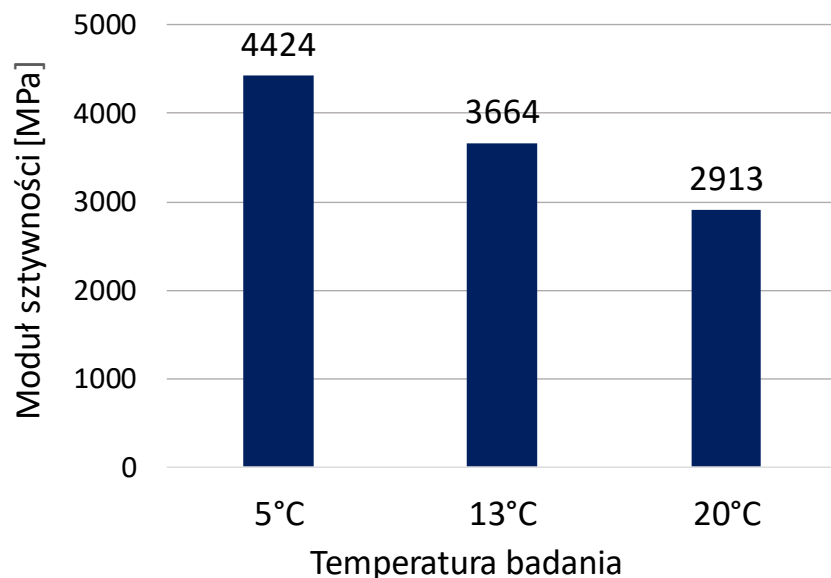
- Ustalenie optymalnej ilości emulsji asfaltowej: ITSdry > 225 kPa, ITSwet > 100 kPa

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – właściwości: Badanie modułu sztywności metodą IT-CY

Badania w temperaturach: 5°C, 13°C, 20°C.

Wyniki badania IT-CY dla mieszanki MCE+:

1% cementu, **4,5%** emulsji asfaltowej, **70%** destruktu asfaltowego



Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – wymagania stawiane mieszankom MCE+

Wymaganie	Wartość
<u>Właściwości wytrzymałościowe:</u>	
Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie w stanie suchym (ITSdry) w 25°C	> 225 kPa
Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie w stanie mokrym (ITSwet) w 25°C	> 100 kPa
<u>Właściwości objętościowe:</u>	
Zawartość wolnych przestrzeni	10-15%

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – podsumowanie

- **Mieszanki MCE+** traktowane są jako materiał częściowo niezwiązany (ziarnisty) z lokalnymi wiązaniami asfaltowymi w obrębie najdrobniejszych ziarn kruszywa.
- Główną ideą projektowania MCE+ jest **ograniczenie zawartości spoiwa hydraulicznego** w składzie mieszanki. Rolą cementu jest wspomaganie rozpadu emulsji asfaltowej.
- Kształtowanie lepkością właściwości mieszanek MCE+ związane jest z doбором optymalnej ilości emulsji asfaltowej w składzie mieszanki (zawartość asfaltu: 1,8 – 3,6% m.m.).
- Nieciągłość wiązań asfaltowych w mieszankach MCE+ przyczynia się do ograniczenia ryzyka wystąpienia spękań odbitych w nawierzchni/wydłużenia czasu do powstania pierwszych spękań.

Mieszanki Stabilizowane Emulsją Asfaltową MCE+ – podsumowanie

- Istnieje prosta i skuteczna metoda projektowania Mieszanek Stabilizowanych Emulsją Asfaltową MCE+ wykorzystująca powszechnie znane procedury badawcze oraz wyposażenie ogólnodostępne w laboratoriach drogowych.
- Właściwości określone w procesie projektowania obejmują:
 - wskaźnik plastyczności (I_p) materiału mineralnego (badanie Casagrande'a),
 - wilgotność optymalną i gęstość maksymalną szkieletu określone zmodyfikowaną metodą Proctora,
 - wytrzymałość na rozciąganie pośrednie oraz odporność na działanie wody mieszanek w badaniu ITS.

Podziękowania

Dziękuję za uwagę

mgr inż. Katarzyna Konieczna
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
e-mail: k.konieczna@il.pw.edu.pl

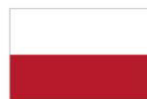
**Politechnika
Warszawska**

Prezentacja powstała w ramach projektu badawczo-rozwojowego:

„Opracowanie innowacyjnej technologii mieszanek MCE+ o zwiększonym module sztywności z wykorzystaniem materiałów z recyklingu do warstwy podbudowy o podatnym charakterze pracy w konstrukcji drogowej” w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Dolnośląskiego 2014-2020, finansowanego ze środków Unii Europejskiej oraz Eurovia Polska S.A.



Fundusze
Europejskie
Program Regionalny



Rzeczpospolita
Polska



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



VI KRAKOWSKIE DNI NAWIERZCHNI 2019

Kraków, 13-15 listopada 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl