



**Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**

**Przedmiot umowy pt.:
Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu**

**Tytuł przedmiotu umowy:
Instrukcja projektowania i wbudowania mieszanek
mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)**

Akronim Projektu: OT1-1A/IBDiM-PG-PW-PWr-PŚk-IOŚ-PIB-INSCH-ITB MORATEX
Numer umowy: Nr DZP/RID-I-06/1/NCBR/2016
Lider i Współwykonawcy: Instytut Badawczy Dróg i Mostów (Lider)
Politechnika Gdańska
Politechnika Warszawska
Politechnika Wroclawska
Politechnika Świętokrzyska
Instytut Ochrony Środowiska – PIB
Instytut Nowych Syntez Chemicznych
Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"
Kierownik Projektu: prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski
Data rozpoczęcia: 01.02.2016
Data zakończenia: 30.04.2018



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

**Katedra Inżynierii Drogowej
i Transportowej**

Opracowano w:
Katedrze Inżynierii Drogowej i Transportowej Politechniki Gdańskiej

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11
tel.: 58 3471347, fax: 58 3471097
sekretariat.kid@wilis.pg.gda.pl

Opracował:

dr inż. Bohdan Dożycki

Konsultacje:

dr inż. Wojciech Bańkowski, IBDiM
mgr inż. Renata Horodecka, IBDiM
Krzysztof Mirski, IBDiM

Wersja z 12 maja 2019

SPIS TREŚCI

1. Przedmiot i zakres stosowania.....	4
2. Podstawowe definicje	5
3. Informacje ogólne	7
4. Materiały	8
5. Sprzęt do wykonywania podbudowy z mieszanki mce	11
6. Transport	12
7. Projektowanie mieszanki mce.....	12
8. Wykonywanie warstwy podbudowy z mieszanki mce	22
9. Badania kontrolne	24
10. Uwagi końcowe.....	29
11. Normy i opracowania związane:.....	30

1. PRZEDMIOT I ZAKRES STOSOWANIA

- 1.1. Niniejsza aktualizacja opracowania „Instrukcja projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)” z 2014 roku powstała w ramach projektu RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 4 „Mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne” na zlecenie NCBiR oraz GDDKiA.
- 1.2. Niniejsze opracowanie jest aktualizacją dotychczasowych zasad projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (nazywanych dalej mieszankami MCE) wytwarzanych w ramach recyklingu głębokiego na zimno opracowanych przez Politechnikę Gdańską w 2014 roku i wydanych jako „Instrukcja projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)”. Aktualizacja została przeprowadzona w celu:
- Uwzględnienia dotychczasowych doświadczeń wynikających ze stosowania mieszanek MCE w Polsce projektowanych i wbudowywanych według Instrukcji z 2014 roku.
 - Doprecyzowania zapisów z dotychczasowej instrukcji.
 - Skorygowania zapisów instrukcji, aby ułatwić i zwiększyć możliwość stosowanie mieszanek MCE.
- Wymienione czynniki były brane pod uwagę przy aktualizacji niniejszej instrukcji projektowania i wbudowania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych.
- 1.3. Przedmiotem instrukcji są wymagania dotyczące materiałów, procedury projektowania oraz zasady wbudowywania i kontroli mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych wytworzonych w ramach recyklingu głębokiego na zimno.
- 1.4. Celem instrukcji jest przedstawienie:
- recyklingu głębokiego na zimno w technologii mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych,
 - zasad oceny istniejącej nawierzchni pod kątem zastosowania recyklingu głębokiego na zimno w technologii mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych,
 - kryteriów wyboru technologii recyklingu głębokiego na zimno z zastosowaniem mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych,
 - zasad projektowania konstrukcji nawierzchni z zastosowaniem recyklingu głębokiego na zimno.

- 1.5. Instrukcja opisuje postępowanie podczas doboru materiałów wyjściowych, projektowania oraz wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych wytwarzanych na miejscu wbudowania jak i w wytwórni stacjonarnej.
- 1.6. Celem instrukcji jest przedstawienie procedury projektowania mieszanek MCE umożliwiającej maksymalne wykorzystanie materiałów pochodzących z rozbiórki istniejących dróg, poprzez wymieszanie ich z materiałami doziarniającymi oraz z dodatkiem środków wiążących w technologii recyklingu na zimno oraz wbudowanie w konstrukcję nawierzchni. Skład mieszanki MCE musi być tak dobrany, aby do minimum ograniczyć transport materiałów i zużycie nowych materiałów, a jednocześnie umożliwić wykonanie mieszanki MCE charakteryzującej się parametrami pozwalającymi na długotrwałe funkcjonowanie warstwy w nawierzchni. W instrukcji podano również wymagania dotyczące wbudowania materiałów oraz kontroli i odbioru wykonanej warstwy z mieszanki MCE.
- 1.7. Recykling głęboki na zimno w technologii mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych z zastosowaniem emulsji asfaltowej i cementu przedstawiono w następujących dokumentach, opracowanych lub znowelizowanych w ramach projektu RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 4 „Mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne”:
- „Wytyczne stosowania technologii recyklingu głębokiego na zimno z wykorzystaniem emulsji i cementu wraz z zasadami projektowania nawierzchni z wykorzystaniem warstw z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnymi (MCE)”,
 - „Instrukcja projektowania i wbudowania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)” – aktualizacja instrukcji z 2014 roku.
 - „Zalecenia bezpiecznego stosowania destruktu asfaltowego ze smołą w warstwach wykonanych w technologii mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)”.

Niniejszy dokument oraz pozostałe wymienione dokumenty zaleca się rozpatrywać łącznie.

2. PODSTAWOWE DEFINICJE

- 2.1. **Destrukt** – materiał mineralno-bitumiczny (tzn. mineralno-asfaltowy, mineralno-smołowy lub mieszany), mineralno-cementowy lub mineralny powstały w wyniku frezowania lub pokruszenia jednej lub kilku warstw konstrukcyjnych nawierzchni.

- 2.2. **Kruszywo doziarniające** – kruszywo, którego celem jest korekta krzywej uziarnienia destruktu, tak aby wynikowa mieszanka mineralna mieściła się w krzywe graniczne dla mieszanki MCE.
- 2.3. **Emulsja asfaltowa do mieszanki MCE** – emulsja asfaltowa, tak dobrana, aby jej czas rozpadu umożliwił równomierne połączenie wytrąconym asfaltem wszystkich ziaren mieszanki mineralnej oraz ułożenie i zagęszczenie mieszanki w warstwie podbudowy.
- 2.4. **Cement** – spoiwo hydrauliczne, którego dodatek ma regulować czas rozpadu emulsji oraz poprawić parametry wytrzymałościowe mieszanki MCE.
- 2.5. **Mieszanka MCE** – mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna o ciągłym uziarnieniu składająca się z destruktu, kruszywa doziarniającego, emulsji asfaltowej, cementu oraz wody wytworzona w miejscu wbudowania w procesie nazywanym recyklingiem głębokim na zimno lub w wytwórni stacjonarnej przystosowanej do wytwarzania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych.
- 2.6. **Podbudowa z MCE** – podbudowa zasadnicza wykonana z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE).
- 2.7. **Wzajemna tolerancja środków wiążących** – tolerancja emulsji asfaltowej z cementem ze względu na rozpad emulsji oraz wiązanie spoiw hydraulicznych.
- 2.8. **Próbka destruktu** – próbka materiału uzyskana przez frezowanie z reprezentatywnej powierzchni i głębokości warstwy lub pobrana z hałdy w sposób reprezentatywny dla całej hałdy.
- 2.9. **Wbudowanie na zimno** – proces mieszania i zagęszczania mieszanki MCE, która poprzez rodzaj zastosowanych materiałów wiążących zawierających bitum lub spoiwo hydrauliczne może być wbudowywana w temperaturze otoczenia.
- 2.10. **Optymalna zawartość płynów** – zawartość wody i asfaltu pozwalająca na osiągnięcie maksymalnej gęstości objętościowej w przyjętej metodzie zagęszczania próbek (odpowiednik wilgotności optymalnej gruntów).
- 2.11. **Spoiwo hydrauliczne** – Spoiwa które po zmieszaniu z wodą wiążą i twardnieją w wyniku reakcji i procesów hydratacji a po stwardnieniu pozostają wytrzymałe i trwałe także pod wodą.

3. INFORMACJE OGÓLNE

3.1. Charakter pracy podbudowy z MCE może być dwojaki. Mieszanki MCE można podzielić, w zależności od kombinacji środków wiążących i osiągniętych tym samym sztywności, na dwa typy:

- mieszanka o wiązaniach dominująco bitumicznych – podbudowa o charakterze podatnym,
- mieszanka o wiązaniach dominująco hydraulicznych – podbudowa o charakterze sztywnym.

Poprzez dobór rodzaju i ilości środków wiążących zawierających asfalt lub spoiwo hydrauliczne można uzyskać mieszanki MCE, których zachowanie zbliżone jest zarówno do materiałów warstw nośnych ulepszonych hydraulicznie jak i do materiałów podatnych zawierających asfalt. Wybór kombinacji środków wiążących zależy od rodzaju destruktu.

3.2. W projektowaniu mieszanek MCE należy dążyć do uzyskania wiązania dominująco bitumicznego, aby zminimalizować ryzyko powstania spękań skurczowych w podbudowie z mieszanki MCE, które przyczyniają się w późniejszym czasie do powstania spękań odbitych w wyżej leżących warstwach asfaltowych.

3.3. Podbudowa z MCE może być stosowana w następujących przypadkach:

- przebudowa istniejących nawierzchni,
- poszerzenie lub remont poboczy,
- budowa nowych nawierzchni w ramach remontów i przebudów.

3.4. Mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne opracowane według niniejszej instrukcji można stosować bez ograniczeń w przypadku przebudów i budów dróg obciążonych ruchem kategorii KR1÷KR4, według zasad określonych w odrębnych przepisach. W konstrukcjach nawierzchni o kategorii ruchu KR5÷KR7 dopuszcza się wykonanie mieszanki MCE wytworzonej w technologii recyklingu na zimno, w wytwórni stacjonarnej, na zasadach projektowania indywidualnego. W takim przypadku należy określić wymagania dla materiałów jak i dla gotowej mieszanki MCE stosowanej do dróg obciążonych ruchem KR5-KR7.

3.5. Projektowanie nowych konstrukcji nawierzchni z podbudowami wykonanymi w technologii recyklingu głębokiego na zimno z mieszankami MCE można przeprowadzić w oparciu o typowe rozwiązania zawarte w „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych”, 2014 lub zaprojektować indywidualnie według zasad określonych w „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych”, 2014.

- 3.6. W projektowaniu indywidualnym dróg obciążonych ruchem KR1÷KR7 należy stosować metody mechanistyczno-empiryczne. W przypadku nawierzchni obciążonych ruchem KR1 oraz KR2 dopuszcza się stosowanie metod empirycznych projektowania konstrukcji nawierzchni.
- 3.7. W Instrukcji przywołano normy aktualne w kwietniu 2018 roku. W przypadku nowszych wydań norm należy sprawdzić, czy zmiany są istotne w zakresie wykorzystania tych norm w niniejszej instrukcji.

4. MATERIAŁY

- 4.1. W rozdziale tym przedstawiono zalecane wymagania wobec materiałów stosowanych do wytworzenia mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej. Ostateczną przydatność stosowanych materiałów należy określić na podstawie badań gotowej mieszanki MCE. Możliwe jest, że pomimo spełnienia wymagań na etapie doboru materiałów gotowa mieszanka MCE nie osiągnie wymaganych parametrów. Wówczas należy ponownie przeprowadzić proces projektowania mieszanki MCE zmieniając jej składniki lub ich proporcje.
- 4.2. Do wytwarzania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych należy stosować następujące materiały wyjściowe:
- destruk,;
 - kruszywo doziarniające,
 - spoiwa hydrauliczne,
 - emulsję asfaltową,
 - wodę.

Destrukt

- 4.3. Destrukt, czyli materiał powstały w wyniku frezowania lub pokruszenia jednej lub kilku warstw konstrukcyjnych nawierzchni w temperaturze otoczenia powinien charakteryzować się ciągłym uziarnieniem i spełniać następujące wymagania:

- zawartość nadziarna od 31,5 do 63 mm do 20 %,
- zawartość ziaren mniejszych od 31,5mm do 100 %,
- zawartość ziaren mniejszych od 0,063 mm do 5 %.

Destrukt nie powinien zawierać zanieczyszczeń obcych ani organicznych.

Dopuszczalny poziom zanieczyszczeń jest następujący:

- zanieczyszczenia organiczne, ocena wizualna brak zanieczyszczeń,

- zanieczyszczenia obce wg PN-EN 933-11 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 11: Klasyfikacja składników kruszywa grubego z recyklingu”, $\Sigma (R_b, R_g, X) \leq 1 \text{ \% m/m}$.

Dodatkowo dla destruktu należy określić, w celach informacyjnych:

- rodzaj lepiszcza w destrukcie (smoła, asfalt). Oznaczenie rodzaju lepiszcza należy przeprowadzić przy wykorzystaniu specjalistycznego preparatu do wykrywania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w formie sprayu oraz lampy ultrafioletowej. Procedurę postępowania przedstawiono w opracowaniu „Zalecenia bezpiecznego stosowania destruktu asfaltowego ze smolą w warstwach wykonanych w technologii MCE”. W szczególnych przypadkach można to zrobić organoleptycznie lub na podstawie oceny wizualnej.
- stosunek materiału związanego do niezwiązanego, ocenę przeprowadza się wizualnie z dokładnością do 10 %.

Kruszywo doziarniające

4.4. Kruszywo doziarniające do mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej powinno spełniać wymagania normy PN-EN 13242 „Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym”.

4.5. Dopuszczone jest stosowanie kruszywa drobnego, kruszywa grubego oraz kruszywa o ciągłym uziarnieniu. Wymagania dla kruszyw podano w tabelicy 4.1.

Emulsja asfaltowa

4.6. Należy stosować emulację kationową przeznaczoną do mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych C60B10 ZM/R według PN-EN 13808 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych”. Zaleca się, aby emulsja spełniała dodatkowo następujące warunki:

- rodzaj asfaltu: 50/70 lub 70/100 wg PN-EN 12591 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych”,
- brak rozpuszczalników i topników,
- emulsja powinna charakteryzować się dobrą tolerancją ze spoiwem.

Tablica 4.1. Wymagania wobec kruszyw do mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych wg PN-EN 13242 „Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym”.

Rozdział i odniesienie w PN-EN 13242	Właściwości	Wymagania wobec kruszyw	
		KR1÷KR2	KR3÷KR4***
4.1. – 4.2. Tabl. 1	Zestaw sit #	0; 0,063; 1; 2; 4; 5,6; 8; 11,2; 16; 22,4; 31,5; 45; 56; 63; 90 (zestaw podstawowy plus zestaw 1)	
		Wszystkie frakcje dozwolone	
4.3.1.	Uziarnienie wg PN-EN 933-1	G _C 80/20 G _F 80 G _A 75	G _C 80/20 G _F 80 G _A 75
4.3.2.	Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich wg PN-EN 933-1	GT _C 25/15	GT _C 25/15
4.3.3.	Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu wg PN-EN 933-1	GT _F 10 GT _A 20	GT _F 10 GT _A 20
4.4.	Kształt kruszywa grubego wg PN-EN 933-4: <ul style="list-style-type: none"> • Maksymalne wartości wskaźnika płaskości • Maksymalne wartości wskaźnika kształtu 	FI ₅₀ SI ₅₅	FI ₃₅ SI ₄₀
4.5.	Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierzchni przekruszonej lub łamanej oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5	C _{NR}	C _{50/30}
4.6.	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	f _{Deklarowana}	f _{Deklarowana}
5.2.	Odporność na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2, kategoria nie wyższa niż	LA ₅₀	LA ₄₀
5.5.	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, rozdział 7, 8 albo 9 (w zależności od frakcji)	WA ₂₄₂ *	
6.2.	Siarczany rozpuszczalne w kwasie wg PN-EN 1477-1	AS _{NR}	AS _{NR}
6.3.	Całkowita zawartość siarki wg PN-EN 1477-1	S _{NR}	S _{NR}
6.4.2.1.	Stała objętość żużla stalowniczego wg PN-EN 1744-1:1998, rozdział 19.3	V ₅	V ₅
6.4.2.2.	Rozpad krzemianowy w żużlu wielkopieczowym kawałkowym wg PN-EN 1744-1:1998, rozdział 19.1	Brak rozpadu	
6.4.2.3.	Rozpad żelazawy w żużlu wielkopieczowym kawałkowym wg PN-EN 1744-1:1998, rozdział 19.2	Brak rozpadu	
7.2.	Zgorzel słoneczna bazaltu wg PN-EN 1367-3, wg PN-EN 1097-2	SB _{LA} Deklarowana	
7.3.3.	Mrozoodporność na frakcji 8/16 wg PN-EN 1367-1**	<ul style="list-style-type: none"> • Skąły magmowe i przeobrażone F₄, • Skąły osadowe F_{Deklarowane}, nie więcej niż 10 %. 	

* - W przypadku, gdy wymaganie nie jest spełnione należy sprawdzić mrozoodporność.

** - Wymagane w przypadku, gdy wymaganie nasiąkliwości nie jest spełnione.

*** - w projektowaniu indywidualnym również dla KR5÷KR7

Spoiva hydrauliczne

4.7. Należy stosować cement powszechnego użytku spełniający wymagania PN-EN 197-1 „Cement. Część 1. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”.

- 4.8. Stosowanie innych spoiw hydraulicznych jest dopuszczone, o ile ich korzystne działanie zostało potwierdzone na etapie wykonywania recepty laboratoryjnej oraz potwierdzone w trakcie wykonania odcinka próbnego.

Woda

- 4.9. Należy stosować wodę spełniającą wymagania PN-EN-1008 „Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badania i ocena przydatności wody zarobowej do betonu w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu”.
- 4.10. Woda pitna, wodociągowa, może być stosowna bez dodatkowych badań do wytworzenia mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej.

5. SPRZĘT DO WYKONYWANIA POBUDOWY Z MIESZANKI MCE

- 5.1. Do wytwarzania mieszanki MCE można stosować:
- wytwórnie stacjonarne,
 - recyklery,
 - zestawy składające się z kilku niezależnych maszyn.
- 5.2. Wytwórnie stacjonarne stosowane do wytworzenia mieszanki MCE powinny mieć możliwość równoczesnego mieszania destruktu, kruszywa doziarniającego, emulsji asfaltowej, cementu i wody.
- 5.3. Recyklery, czyli urządzenia mobilne wyposażone w elementy:
- do frezowania warstw nawierzchni,
 - do pobierania destruktu,
 - do doziarniania destruktu,
 - do równoczesnego dozowania środków wiążących (emulsji i cementu) oraz wody,
 - do mieszania składników mieszanki przy użyciu mieszalnika o wymuszonym mieszanym,
 - do rozkładania i wbudowywania mieszanki MCE.
- Recyklery można stosować do wytworzenia mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej, o ile wykaże się ich skuteczność na odcinku próbnym i umożliwia to zaprojektowana technologia wykonania robót.
- 5.4. Do wykonania mieszanki MCE można również stosować zestawy składające się z kilku niezależnych maszyn wykonujących czynności wymagane do prawidłowego przeprowadzenia recyklingu na miejscu, na zimno o ile wykaże się ich skuteczność na odcinku próbnym.

- 5.5. Do zagęszczania mieszanki MCE należy stosować jako podstawowe ciężkie walce stalowe, wibracyjne o wadze minimum 14 ton. Dodatkowo można stosować inne walce (np. ogumione, stalowe) w celu nadania efektu końcowego wykonywanej warstwie. Efektywność zagęszczania powinna być sprawdzona na odcinku próbnym, przed przystąpieniem do właściwych prac.

6. TRANSPORT

- 6.1. Transport materiałów do wytworzenia mieszanki MCE powinien odbywać się środkami do tego przeznaczonymi, spełniającymi przepisy prawne.
- 6.2. Transport kruszywa i destruktu powinien odbywać się dowolnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem, wymieszaniem różnych asortymentów i frakcji oraz nadmiernym zawilgoceniem.
- 6.3. Transport emulsji powinien odbywać się w sposób chroniący ją przed zanieczyszczeniem oraz przed utratą właściwości użytkowych. Zaleca się, aby transport emulsji odbywał się w odpowiednich cysternach przystosowanych do przewozu lepiszcza.
- 6.4. Transport cementu powinien odbywać się w sposób chroniący go przed zawilgoceniem, zbryleniem i zanieczyszczeniem. Zaleca się transport cementu luzem w odpowiednich cysternach przystosowanych do przewozu materiałów sypkich.
- 6.5. Do transportu wody należy stosować cysterny samochodowe lub ciągnikowe.
- 6.6. Mieszanka MCE powinna być transportowana samochodami samowyładowczymi, przykryta plandekami w celu ograniczenia utraty wody z mieszanki MCE.
- 6.7. Czas transportu mieszanki powinien być nie dłuższy niż 2 h. Jest to związane z czasem rozpadu emulsji. Jeżeli wykonawca wykaże, że czas rozpadu emulsji jest dłuższy to można wydłużyć czas transportu mieszanki MCE.

7. PROJEKTOWANIE MIESZANKI MCE

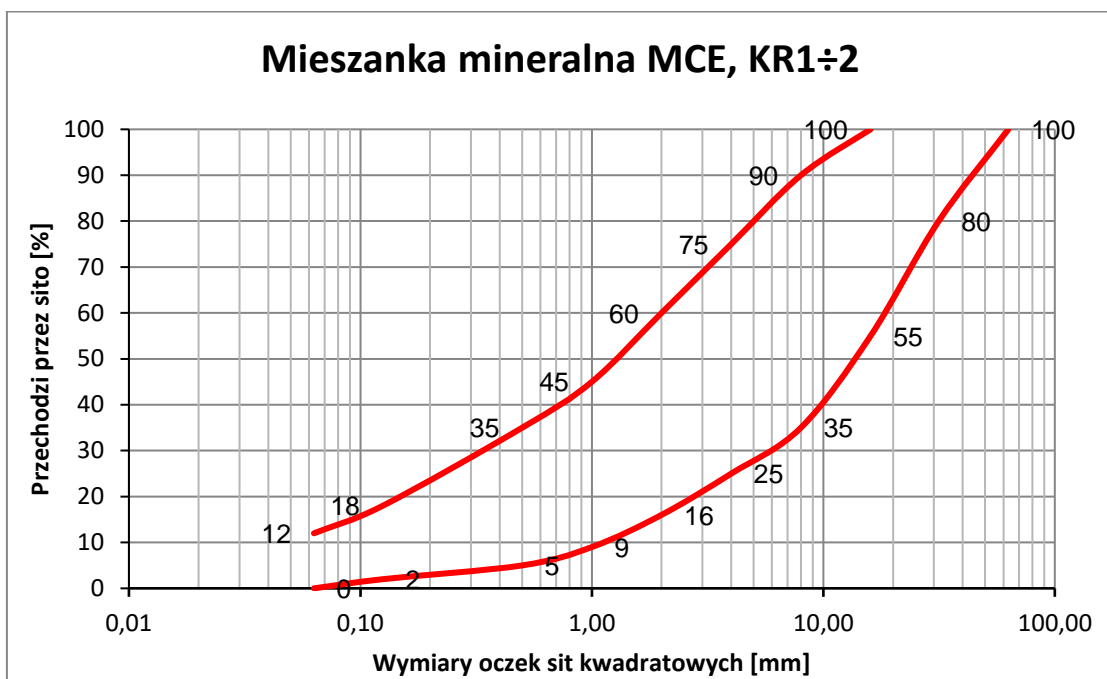
Mieszanka mineralna

- 7.1. Mieszanka mineralna MCE może składać się z destruktu lub destruktu i kruszywa doziarniającego. Uziarnienie mieszanki mineralnej powinno być tak dobrane, aby zapewnić z jednej strony nośny szkielet mineralny, a z drugiej strony odpowiednią urabialność niezbędną dla zapewnienia dobrej zagęszczalności i utrzymania wymaganego poziomu wolnej przestrzeni w zagęszczonej warstwie.
- 7.2. Materiały powinny spełniać wymagania zawarte w rozdziale 2.
- 7.3. Uziarnienie mieszanki MCE powinno być ciągłe. Maksymalny wymiar ziarna nie powinien być większy niż 31,5 mm, przy czym dopuszcza się do 20 % nadziarna. Uziarnienie mieszanki mineralnej MCE powinno mieścić się w przedziale podanym w tabelicy 7.1 oraz na rysunkach 7.1 i 7.2. Uziarnienie mieszanki mineralnej określa się bez uwzględniania cementu.
- 7.4. Dopuszczalne jest zaprojektowanie mieszanki mineralnej MCE bez kruszywa doziarniającego, o ile osiągnięte zostaną wymagania dotyczące cech fizycznych i mechanicznych.

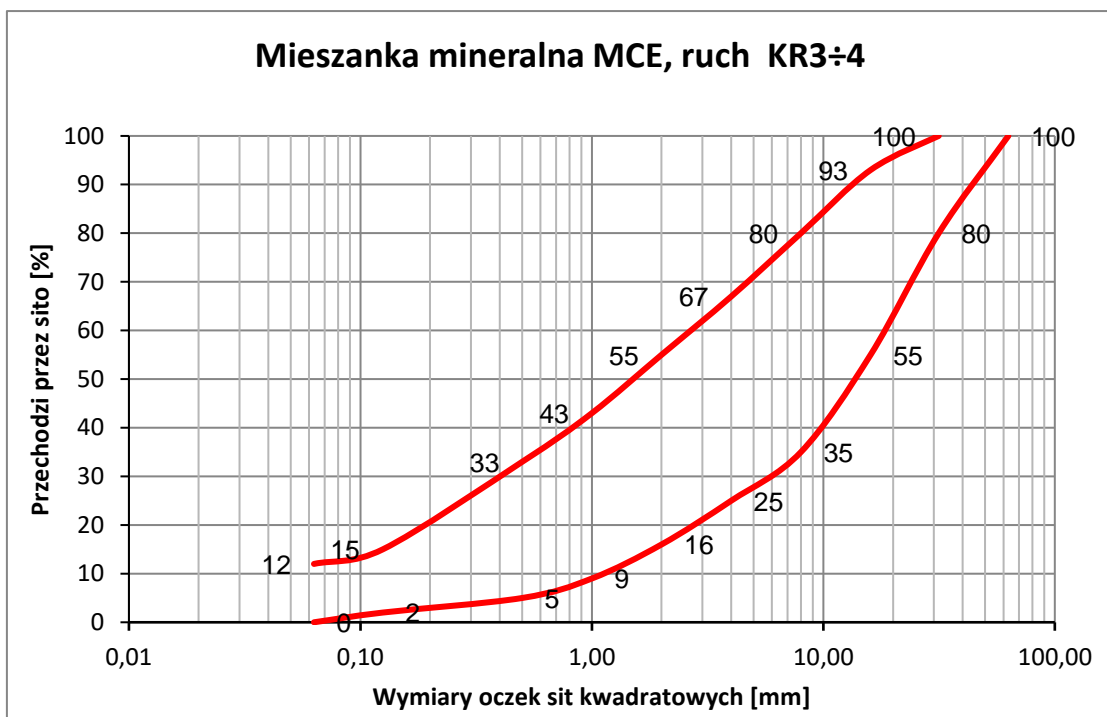
Tablica 7.1. Uziarnienie mieszanki mineralnej MCE

Sito # [mm]	Mieszanka MCE dla KR 1÷2	Mieszanka MCE dla KR 3÷4*
63,0	100	100
31,5	80 – 100	80 – 100
16,0	55 – 100	55 – 93
8,0	35 – 90	35 – 80
4,0	25 – 75	25 – 67
2,0	16 – 60	16 – 55
1,0	9 – 45	9 – 43
0,5	5 – 35	5 – 33
0,125	2 – 18	2 – 15
0,063	0 – 12	0 – 12

* - w projektowaniu indywidualnym również dla KR5÷KR7



Rysunek 7.1. Uziarnienie mieszanki mineralnej MCE, ruch KR1÷KR2



Rysunek 7.2. Uziarnienie mieszanki mineralnej MCE, ruch KR3÷KR4
(w projektowaniu indywidualnym również dla KR5÷KR7)

Środki wiążące

- 7.5. Jako środki wiążące należy stosować emulsję asfaltową i cement. Emulsja asfaltowa oraz cement powinny spełniać wymagania określone w rozdziale 4.
- 7.6. Dla wyboru kombinacji środków wiążących należy przyjąć, jako orientacyjne następujące ilości:
- emulsja asfaltowa: od 3 do 6% wagowo,
 - cement: od 1 do 4% wagowo.
- W szczególnych przypadkach może okazać się, że zawartość środków wiążących powinna być inna niż zalecana. Takie rozwiązanie jest możliwe, o ile zostaną osiągnięte wymagania podane w tabelicy 7.2 a na odcinku próbnym zostaną potwierdzone parametry wymagane dla warstwy wykonanej z mieszanki MCE.
- 7.7. Należy dążyć do takiej kombinacji środków wiążących, aby ilość cementu była jak najmniejsza, aby tym samym zminimalizować ryzyko powstania spękań odbitych.

Projektowanie mieszanki MCE

- 7.8. Projektowanie mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej powinno odbywać się według następującej procedury:
1. Dobranie materiałów wyjściowe do opracowania mieszanki mineralnej MCE.
 2. Dobranie środków wiążących do przygotowania mieszanki MCE.
 3. Wyznaczenie optymalnej zawartości płynów.
 4. Wyznaczenie ilości wody potrzebnej do dodania w celu uzyskania optymalnej zawartości płynów.
 5. Uformowanie próbek z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej w celu określenia cech fizycznych i mechanicznych wykonywanej mieszanki.
 6. Przechowywanie próbek przez okres dojrzewania.
 7. Przeprowadzenie wymaganych badań w celu określenia cech fizycznych i mechanicznych.
 8. Opracowanie recepty mieszanki MCE.
- 7.9. Dobór materiałów do opracowania mieszanki mineralnej MCE polega na sprawdzeniu ich przydatności na podstawie porównania ich właściwości z wymaganiami określonymi w rozdziale 4. Dobór składu mieszanki mineralnej polega na takim skomponowaniu mieszanki mineralnej, aby uziarnienie spełniało wymagania podane w tabelicy 7.1 oraz odpowiednio na rysunkach 7.1 lub 7.2. Kompozycja powinna zawierać maksymalną ilość materiału z rozbiórki oraz tak dobrane materiały doziarniające, aby uzyskać jak najlepsze parametry

gotowej mieszanki MCE przy jak najmniejszym doziarnieniu oraz jak najmniejszym dodatku środków wiążących.

- 7.10. Destrukt do badań należy pobrać frezarką z nawierzchni tak, aby uzyskać materiał jak najbardziej zbliżony do tego, jaki wystąpi podczas przetwarzania nawierzchni. Przy próbnym frezowaniu należy zachować porównywalne warunki (np. głębokość frezowania) do tych, jakie wystąpią w procesie wytwarzania i wbudowania MCE. Od jednorodności materiałów na etapie opracowywania recepty oraz wykonywania warstwy zależy jakość wykonanej podbudowy z mieszanki MCE. W przypadku pobierania materiału z hałdy należy pobrać materiał reprezentatywny dla danej hałdy. Minimalna waga próbki z jednego odcinka lub z jednorodnego materiału powinna wynosić około 150 kg.
- 7.11. Dobór środków wiążących powinien zależeć od celów jakie stawia się wykonywanej podbudowie. O ile rodzaj emulsji, ze względu na rozwiązania normowe, nie ulegnie zmianie to pewne efekty można uzyskać stosując odpowiednie rodzaje cementu. W przypadku konieczności szybkiego wykorzystania wykonanej podbudowy należy stosować cementy szybkowiążące, w pozostałych przypadkach cementy wolnowiążące. Aby szybciej uzyskać wczesną wytrzymałość można też stosować cementy klasy 42,5. W obu przypadkach należy pamiętać, aby nie wykonać zbyt sztywnej mieszanki MCE, ponieważ może to skutkować szybkim skurczem, a co się z tym wiąże ze spękaniem podbudowy i w konsekwencji z powstawaniem spękań odbitych w nawierzchni asfaltowej.
- 7.12. Przy wyborze składu mieszanki materiałów budowlanych należy uwzględnić informacje pochodzące od Zamawiającego, takie jak obciążenie ruchem, rodzaj warstw górnych nad warstwą z mieszanki MCE, jak również uwarunkowania lokalne, klimatyczne i topograficzne. Ponadto należy wziąć pod uwagę informacje o spodziewanej ilości destruktu, potencjalnych środkach wiążących i materiałach doziarniających.
- 7.13. Próbki do badań mieszanki MCE należy zagęszczać przy optymalnej zawartości płynów.
- 7.14. Na optymalną zawartość płynów składa się woda pochodząca z emulsji, woda zawarta w materiałach i stanowiąca o ich wilgotności oraz woda dodana do mieszanki. Dodatkowo pewien wpływ na urabialność mieszanki ma asfalt zawarty w emulsji. Aby określić ilość dodawanej wody w celu uzyskania optymalnej zawartości płynów, należy uwzględnić wszystkie te składniki. Określenie ilości dodawanej wody do gotowej mieszanki MCE przeprowadza się na podstawie następującej zależności:

$$W_{dod} = W_{opt} - W_{nat} - W_{em} - 0,5 \times B$$

gdzie:

W_{dod} - ilość dodawanej wody do mieszanki [%],

W_{opt} - optymalna zawartość płynów [%],

W_{nat} - wilgotność naturalna mieszanki mineralnej (destruktu i kruszyw) [%],

W_{em} - zawartość wody pochodzącej z emulsji asfaltowej [%],

B - zawartość asfaltu pochodzącego z emulsji asfaltowej [%].

- 7.15. Optymalną zawartość płynów określa się w oparciu o metodę Proctora, zgodnie z normą PN-EN 13286-2 „Mieszanki niezwiązane i związane hydraulicznie. Część 2: Metody badań laboratoryjnych gęstości na sucho i zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proktora”¹. Optymalną zawartość płynów w mieszance mineralnej określa się według metody zmodyfikowanej, w dużym cylindrze (cylinder B), przy następujących założeniach:
1. Należy przygotować mieszankę mineralną z destruktu, kruszywa doziarniającego oraz 2 % cementu.
 2. Do każdej porcji mieszanki dodać wodę tak, aby każda kolejna próbka miała wilgotność większą o 1,0 – 1,5 %.
 3. Norma ta dopuszcza materiał o uziarnieniu do 31,5 mm, dlatego też należy odsiać nadziarno i zastąpić je materiałem drobniejszym o uziarnieniu od 22,4 do 31,5 mm.
- 7.16. Przed wykonaniem próbek należy sprawdzić stabilność emulsji asfaltowej w kontakcie z cementem. Badanie należy przeprowadzić zgodnie z PN-EN 12848 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie stabilności emulsji asfaltowych podczas mieszania z cementem”.
- 7.17. Do dalszych badań należy przygotować próbki różniące się zawartością emulsji asfaltowej lub zawartością cementu. Badania mieszanki MCE należy przeprowadzać na mieszankach różniących się zawartościami pierwszego środka wiążącego, przy stałej zawartości drugiego środka wiążącego. W przypadku stałej ilości cementu ilość emulsji powinna w kolejnych mieszankach różnić się o 1%. W przypadku stałej zawartości emulsji ilość cementu w kolejnych mieszankach powinna różnić się o 1%. W razie potrzeby, gdy nie można uzyskać wymaganych parametrów, należy zmienić środek wiążący lub skorygować mieszankę mineralną.

¹ W tytule normy i w samej normie jest metoda Proktora. Jest to błąd, ponieważ inżynier, który opracował metodę nosił nazwisko Proctor.

- 7.18. Próbkę do dalszych badań przygotowuje się w następujący sposób:
1. Do przygotowanej mieszanki destruktu i kruszywa należy dodać cement i wodę. Można dodawać cement i wodę w postaci zaczynu, ułatwi to proces mieszania. Stosunek w/c zaczynu powinien być zbliżony do 1, jednak w żadnym przypadku nie może być mniejszy od 0,5.
 2. Do wymieszanego destruktu z kruszywem, wodą i cementem należy dodać emulsję asfaltową i wymieszać wszystko w celu uzyskania jednorodnej mieszanki MCE.
 3. Wskazane jest aby mieszanie odbywało się w mieszarkach mechanicznych. Całkowity czas mieszania nie powinien być dłuższy niż 2 minuty. W przypadku mieszania ręcznego czas mieszania powinien być tak dobrany, aby umożliwić uzyskanie jednorodnej mieszanki.
 4. Przygotowanie próbných mieszanek MCE musi tak przebiegać, aby osiągnięte zostało jednorodne rozprowadzenie środków wiążących w mieszance mineralnej.
 5. Zagęszczenie próbek powinno odbywać się w ubijakach Marshalla, w perforowanych formach (co najmniej 24 otwory o średnicy 2 mm rozmieszczone równomiernie na pobocznicę formy). Należy wykonać próbki o średnicy 101 ± 2 mm oraz wysokości $63,5 \pm 3,5$ mm. Próbkę należy zagęszczać stosując 75 uderzeń na każdą stronę próbki. Zagęszczanie należy wykonać zgodnie z procedurą opisaną w normie PN-EN 12697-30 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie”.
 6. Dla każdej kombinacji zawartości środków wiążących należy wykonać po 18 próbek dla pojedynczego składu.
 7. Próbkę po zagęszczeniu należy przechowywać w formach przez 20÷24 h. Podczas wyjmowania próbek należy zachować szczególną ostrożność, aby ich nie uszkodzić. Do wyjmowania próbek należy zastosować wyciskarkę hydrauliczną lub wyciskarkę ręczną. Próbek nie należy wybijać z formy przy użyciu młotka.
 8. Po wyjęciu próbek 3 najbardziej uszkodzone należy odrzucić pozostawiając 15 najlepiej uformowanych do dalszych badań.
- 7.19. Próbkę po wykonaniu i wyjęciu z form powinny być odpowiednio kondycjonowane, w następujących warunkach:
1. Pierwszy dzień po zagęszczeniu próbki powinny być przechowywane w temperaturze $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (temperatura pokojowa), w formach, w których zostały zagęszczone.
 2. Od 1 do 7 dnia następuje przechowywanie suche przy względnej wilgotności od 40% do 70%, przy temperaturze powietrza $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3. W siódmym dniu 6 próbek przeznaczonych do badania wytrzymałości na pośrednie rozciąganie oraz modułu sztywności po 7 dniach przygotowuje się do badania.
 4. Przed wykonaniem badań wytrzymałości 7-dniowej oraz modułów sztywności po 7 dniach należy oznaczyć gęstość objętościową dla każdej próbki, a po badaniu gęstość dla całej mieszanki MCE w celu określenia zawartości wolnych przestrzeni w próbkach wykonanych z mieszanki MCE.
 5. Na podstawie badań po 7 dniach należy ocenić mieszankę MCE. Jeżeli wyniki rokują osiągnięcie wymagań określonych w tablicy 7.2 to można wstępnie zaakceptować receptę i kontynuować badania. W przeciwnym wypadku należy projektowanie mieszanki MCE zacząć od początku.
 6. Pozostałe próbki przechowuje się w warunkach suchych przy względnej wilgotności od 40% do 70%, przy temperaturze powietrza $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 7. W 14-tym dniu próbki dzieli się na dwie grupy.
 8. Jedną grupę próbek przechowuje się w powietrzu w $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ przez kolejne 14 dni.
 9. Drugą grupę próbek umieszcza się w kąpeli wodnej o temperaturze $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, przy całkowitym ich przykryciu na kolejne 14 dni.
 10. 28 dnia próbki przechowywane w warunkach suchych jak również próbki przechowywane w warunkach sucho/mokrych przygotowuje się do badania wytrzymałości na pośrednie rozciąganie oraz do badania modułu sztywności.
 11. Badania wytrzymałości na pośrednie rozciąganie oraz modułu sztywności przeprowadza się w temperaturze $+5^{\circ}\text{C}$. Próbki przed badaniem należy co najmniej przez 4 h przechowywać w temperaturze badania, a samo badanie należy przeprowadzić w jak najkrótszym czasie po wyjęciu próbek z komory chłodniczej.
- 7.20. Mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna powinna charakteryzować się odpowiednimi parametrami fizycznymi oraz mechanicznymi. Do oceny mieszanki MCE służą:
- zawartość wolnych przestrzeni,
 - wytrzymałość na pośrednie rozciąganie,
 - moduł sztywności,
 - odporność na działanie wody, czyli pozostała wytrzymałość na pośrednie rozciąganie po przechowywaniu próbek w wodzie.
- 7.21. Zawartość wolnych przestrzeni w uformowanych próbkach MCE określa się na próbkach po siedmiu dniach przechowywania według procedury opisanej w punkcie 5.19. Zawartość wolnych przestrzeni należy wyznaczyć zgodnie z normą PN-EN 12697-8 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości

wolnej przestrzeni”, gęstość objętościową każdej próbki należy oznaczyć zgodnie z normą PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej” metodą D, gęstość każdej mieszanki należy oznaczyć (materiał uśredniony z kilku próbek) zgodnie z normą PN-EN 12697-5 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości”. Badanie należy wykonać metodą A, w wodzie.

7.22. Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie ITS należy wyznaczyć zgodnie z normą PN-EN 12697-23 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Oznaczanie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej na rozciąganie pośrednie”. Badania należy przeprowadzić w następujących warunkach:

- temperatura badania +5°C,
- prędkość przesuwu tłoka 50 mm/min.

7.23. Moduł sztywności należy oznaczyć metodą IT-CY zgodnie z normą PN-EN 12697-26 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 26: Sztywność”. Badania należy przeprowadzić w następujących warunkach:

- temperatura badania +5°C,
- czas przyrostu odkształcenia 124±4 ms,
- docelowy poziom deformacji 5 µm,
- czas pomiędzy cyklami obciążenia 3 s,
- ilość impulsów próbnych 10,
- ilość impulsów pomiarowych 5,
- współczynnik Poissona 0,3.

7.24. Wymagane parametry mieszanki MCE podano w tablicy 7.2. Decydującym kryterium przydatności mieszanki MCE są parametry uzyskane po 28 dniach od zagęszczenia. Parametry mechaniczne uzyskane po 7 dniach należy traktować jako wymagania pomocnicze i mogą one służyć do wstępnej akceptacji składu mieszanki MCE. Ostateczna akceptacja powinna nastąpić na podstawie wyników badań po 28 dniach od zagęszczania próbek.

7.25. Mieszanki MCE przeznaczona do wykonania podbudowy zasadniczej dróg obciążonych ruchem KR5÷KR7 powinna spełniać wymagania określone przez Projektanta lub parametry wymagane dla mieszanki MCE przeznaczonej dla ruchu KR3÷KR4.

7.26. Moduł sztywności należy badać tylko na etapie opracowywania recepty, na próbkach przygotowanych i zagęszczonych w laboratorium, aby sprawdzić, czy

mieszanka MCE nie jest zbyt sztywna. Wyniki uzyskane dla próbek wykonanych z materiału wytworzonego na budowie lub wyniki oznaczone na próbkach wyciętych z zagęszczonej warstwy mogą być traktowane tylko i wyłącznie jako orientacyjne.

7.27. Na podstawie przeprowadzonych prac należy opracować receptę mieszanki MCE. Recepta powinna zawierać:

- Rodzaj i pochodzenie składników mineralnych wykorzystanych do skomponowania mieszanki MCE.
- Rodzaj i pochodzenie poszczególnych środków wiążących.
- Ilość poszczególnych składników mineralnych, spoiw oraz wody niezbędnych do wytworzenia mieszanki MCE.
- Uziarnienie mieszanki mineralnej.
- Parametry mieszanki MCE uzyskane w trakcie badań laboratoryjnych.
- Inne informacje niezbędne do prawidłowego wykorzystania recepty.

7.28. Niezbędny czas na wykonanie pełnych badań związanych z wykonaniem recepty wynosi 6÷8 tygodni. Należy to uwzględnić przy projektowaniu prac związanych z wykonywaniem recyklingu na zimno z wykorzystaniem mieszanek MCE.

Tablica 7.2. Wymagania w odniesieniu do próbek z mieszanki MCE

Cecha:	Wymagane wartości:	
	Ruch KR1÷KR2	Ruch KR3÷KR4
Zawartość wolnych przestrzeni [%]	od 8 do 18 maksymalnie 14 ¹⁾	od 8 do 15 maksymalnie 12 ¹⁾
Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie, T = + 5°C, po 7 dniach, [MPa]	od 0,40 do 0,80	od 0,50 do 1,00
Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie, T = +5°C po 28 dniach, [MPa]	od 0,60 do 1,40	od 0,70 do 1,60
Moduł sztywności IT-CY, T = +5°C po 7 dniach, [MPa]	od 1000 do 3500	od 1500 do 4500
Moduł sztywności IT-CY, T = +5°C po 28 dniach, [MPa]	od 1500 do 5000	od 2000 do 7000
Odporność na działanie wody (pozostała wytrzymałość na pośrednie rozciąganie po przechowywaniu próbek w wodzie), T = +5°C po 28 dniach, [%]	nie mniej niż 70	nie mniej niż 80

¹⁾ - Materiały rozbiórkowe zawierające smołę.

8. WYKONYWANIE WARSTWY PODBUDOWY Z MIESZANKI MCE

- 8.1. Podbudowa z mieszanki MCE powinna być wykonana z zachowaniem wszelkich zasad gwarantujących uzyskanie jednorodnej, zagęszczonej warstwy bez widocznych miejsc słabszych, uszkodzonych lub rozsegregowanych.
- 8.2. Podbudowa z mieszanki MCE powinna być wbudowywana na nośnym podłożu spełniającym wymagania określone w Dokumentacji Technicznej. W przypadku wbudowania podbudowy z mieszanki MCE na podłożu o niewystarczającej nośności nie uzyska się wystarczającej trwałości podbudowy, co w konsekwencji może doprowadzić do przedwczesnych uszkodzeń nawierzchni.
- 8.3. Wbudowywanie mieszanki MCE powinno odbywać się z zastosowaniem sprzętu opisanego w rozdziale 5. Ostateczną przydatność sprzętu do wykonania warstwy z mieszanki MCE należy potwierdzić na odcinku próbnym.
- 8.4. Transport materiałów wyjściowych lub gotowej mieszanki MCE powinien odbywać się w sposób opisany w rozdziale 6.
- 8.5. Przed przystąpieniem do robót, o ile zachodzi taka potrzeba, należy wykonać odcinek próbny. W trakcie wykonywania odcinka próbnego należy sprawdzić:
 - Przydatność zaproponowanej recepty do wykonania warstwy podbudowy z mieszanki MCE.
 - Przydatność sprzętu oraz dobór środków transportu mieszanki MCE.
 - Jednorodność wykonania warstwy z mieszanki MCE oraz efektywność sprzętu zagęszczającego.
 - Parametry warstwy wykonanej z mieszanki MCE.Odcinek próbny należy wykonać zawsze przy przeznaczeniu na drogi kategorii KR3÷KR4. W przypadku dróg obciążonych ruchem KR1÷KR2 odcinek próbny wykonujemy, gdy Wykonawca w ciągu ostatnich 6 miesięcy nie wykonywał podbudowy z mieszanki MCE. Jeżeli Wykonawca w ciągu ostatnich 6 miesięcy wykonał co najmniej jedno porównywalne zadanie z zastosowaniem mieszanki MCE z wykonywania odcinka próbnego można zrezygnować. W takim przypadku należy w ciągu pierwszych dni produkcji szczególnie starannie sprawdzać, czy jakość wykonywania prac jest zadowalająca.
- 8.6. W trakcie wbudowywania mieszanki MCE należy kontrolować jej urabialność. Może okazać się, że wyznaczona w laboratorium ilość dodawanej wody wymaga niewielkiej korekty (zwiększenia) ze względu na zbyt małą urabialność mieszanki. Korekta nie powinna być większa od 1%.
- 8.7. Grubość minimalna projektowanej warstwy po zagęszczeniu nie powinna, ze względów technologicznych, być mniejsza od 15 cm, natomiast grubość

maksymalna projektowanej warstwy po zagęszczeniu, ze względu na konieczność uzyskania dobrego zagęszczenia w całym przekroju nie powinna przekraczać 25 cm.

- 8.8. Do zagęszczania warstwy wykonanej z mieszanki MCE należy stosować przede wszystkim ciężkie walce stalowe, wibracyjne o ciężarze roboczym minimum 14 ton. Dodatkowo można stosować walce ogumione lub lekkie stalowe do zamknięcia powierzchni warstwy. Przydatność walców do zagęszczania powinna być sprawdzona na odcinku próbnym. Prawidłowe zagęszczenie warstwy w całym jej przekroju decyduje o jej trwałości.
- 8.9. Mieszanka MCE powinna być wbudowywana przy temperaturach otoczenia wyższych od +5°C. Niedopuszczalne jest wbudowywanie mieszanki MCE w temperaturach poniżej 0°C. Wbudowywanie mieszanki MCE w temperaturach pomiędzy 0 a +5°C spowalnia wiązanie spoiw oraz rozpad emulsji asfaltowej. W takich sytuacjach należy wydłużyć czas przewidziany na wstępne związanie warstwy.
- 8.10. Przy wbudowywaniu mieszanki MCE kilkoma pasami ze spoiną podłużną należy minimum 10 cm gotowego pasma wcześniej wbudowanej mieszanki MCE rozdrobnić i na nowo przerobić tak, aby uzyskać dobre połączenie sąsiednich pasm.
- 8.11. Wykonywanie szwa poprzecznego powinno polegać na pionowym obcięciu krawędzi, usunięciu odciętego fragmentu podbudowy oraz rozpoczęciu wbudowywania warstwy od pionowej krawędzi. Obcięcie można wykonać piłą lub frezarką. Przed rozpoczęciem wbudowywania warstwy obcięty fragment należy uszczelnić gorącym asfaltem lub emulsją asfaltową.
- 8.12. Ruch i wbudowanie następnej warstwy może rozpocząć się po osiągnięciu przez warstwę MCE nośności 7 dniowej określonej w tabelicy 8.1. Wymaganą nośność można uzyskać, przy normalnej pogodzie, po 2 do 3 dniach od wbudowania warstwy.
- 8.13. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się wbudowywanie kolejnych warstw po osiągnięciu minimum 70 % nośności wymaganej w tabelicy 8.1 po 7 dniach. W takich przypadkach przez minimum 7 dni należy możliwie ograniczyć ruch budowlany. W przypadku przykrycia warstwy przed upływem 7 dni od jej wbudowania ocena warstwy powinna odbyć się na podstawie pomiarów przeprowadzonych przed przykryciem. Warstwa powinna osiągnąć minimum 70% wartości wymaganych po 7 dniach od jej wbudowania.
- 8.14. Jako zabieg pielęgnacyjny, ze względu na przejazdy pojazdów budowy oraz aby uzyskać związanie z kolejnymi warstwami można zastosować skropienie

emulsją asfaltową i posypanie kruszywem grubym o uziarnieniu do 11,2 mm. W pozostałych przypadkach należy wykonać warstwę szepną według ogólnych zasad.

- 8.15. W trakcie wykonywania mieszanki MCE w czasie wysokich temperatur może okazać się konieczna pielęgnacja warstwy poprzez zraszanie jej wodą. Decyzję o takim zabiegu powinien podjąć Wykonawca na podstawie własnych doświadczeń w porozumieniu z Zamawiającym z uwzględnieniem tempa wiązania wykonanej warstwy.

Tablica 8.1. Wymagania oraz tolerancje wykonania w odniesieniu do warstwy z mieszanki MCE

Parametr	Wymagania	
	Ruch KR1÷KR2	Ruch KR3÷KR4
Grubość warstwy	±10%	±10%
Szerokość warstwy	≤ +10 cm, ≤ -5 cm	≤ +10 cm, ≤ -5 cm
Spadki poprzeczne	± 0,5%	± 0,5%
Równość podłużna i poprzeczna	15 mm/4m	12 mm/4m
Rzędne wysokościowe	± 2 cm	± 2 cm
Wskaźnik zagęszczenia	≥ 98%	≥ 98%
Zawartość wolnych przestrzeni	≤ 15% obj.	≤ 12% obj.
Nośność warstwy podbudowy po 7 dniach: • Wtórny moduł odkształcenia E_2 • Dynamiczny moduł odkształcenia E_{vd}	$E_2 \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 50 \text{ MN/m}^2$	$E_2 \geq 130 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 65 \text{ MN/m}^2$
Nośność warstwy podbudowy po 28 dniach: • Wtórny moduł odkształcenia E_2 • Dynamiczny moduł odkształcenia E_{vd}	$E_2 \geq 140 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 70 \text{ MN/m}^2$	$E_2 \geq 180 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 90 \text{ MN/m}^2$

9. BADANIA KONTROLNE

Badania przed przystąpieniem do robót

- 9.1. Dla każdego odcinka należy potwierdzić przydatność materiałów lub mieszanek materiałów do wykonania mieszanki MCE poprzez porównanie posiadanych materiałów z materiałami wykorzystanymi do wytworzenia mieszanki MCE na etapie opracowania recepty.

- 9.2. Badania kontrolne przed przystąpieniem do prac, w trakcie ich wykonywania oraz badania wykonanej warstwy przeprowadza Wykonawca. Zamawiający ma prawo zweryfikować jakość prowadzonych prac poprzez przeprowadzenie swoich badań na każdym z etapów prowadzonych robót.

Badania w trakcie wykonywania warstwy

- 9.3. W czasie wbudowywania mieszanki MCE należy sprawdzać następujące parametry:
- jakość mieszanki mineralnej - ocena wizualna,
 - orientacyjną zawartość materiałów doziarniających,
 - głębokość i szerokość frezowania,
 - dozowanie środków wiążących (cement i emulsja asfaltowa),
 - jednorodność i otoczenie - ocena wizualna,
 - grubość wbudowania po zagęszczeniu,
 - szerokość wykonanej warstwy i pochylenia poprzeczne.
- 9.4. Badania cech geometrycznych gotowej warstwy należy wykonać w odstępach nie mniejszych niż co 50 metrów. Należy zbadać:
- spadek poprzeczny,
 - równość poprzeczna i podłużna,
 - szerokość,
 - rzędne wysokościowe.

Badania kontrolne wykonanej warstwy

- 9.5. Dla każdych 3000 m² wykonywanej warstwy, ale minimum raz dziennie względnie dla każdego odcinka należy określić następujące parametry na trzech próbkach zagęszczonych podczas wbudowywania warstwy z mieszanki MCE:
- zawartość wolnych przestrzeni,
 - wytrzymałość na pośrednie rozciąganie po 7 lub po 28 dniach.
- 9.6. Dla warstwy wykonanej z mieszanki MCE należy zbadać:
- moduł odkształcenia E₂ lub moduł dynamiczny E_{VD} po 7 dniach lub po 28 dniach, o ile jest to możliwe,
 - grubość warstwy,
 - zawartość wolnych przestrzeni,
 - wskaźnik zagęszczenia.

9.7. Badania kontrolne należy wykonać według następujących zasad:

1. **Zawartość wolnych przestrzeni w wytwarzanej mieszance MCE** określa się według normy PN-EN 12697-8 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni” w oparciu o gęstość objętościową oznaczoną według normy PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej”, metodą D na próbkach walcowych przygotowanych do badań wytrzymałości na pośrednie rozciąganie oraz gęstość oznaczoną według normy PN-EN 12697-5. „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości”. Mieszanka MCE do wyznaczania gęstości powinna być pobrana w trakcie wykonywania warstwy, po jej wymieszaniu, przed jej zagęszczeniem lub pochodzić z materiału po zakończeniu badań wytrzymałościowych.
2. **Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie ITS wytwarzanej mieszanki MCE** powinna być wyznaczona zgodnie z normą PN-EN 12697-23 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Oznaczanie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej na rozciąganie pośrednie”, po 7 lub po 28 dniach od uformowania próbek.
3. **Moduł odkształcenia E_2** wykonanej warstwy z mieszanki MCE powinien być wyznaczony aparatem VSS, natomiast moduł dynamiczny E_{VD} aparatem VSD do wyznaczenia modułu dynamicznego z ciężarem o masie 15 kg (zakres badań do co najmniej 100 MPa). Badanie nośności należy wykonać zgodnie z procedurą opisaną w załączniku B normy PN-S-02205:1998, stosując warunki jak do badania podbudowy z kruszyw łamanych stabilizowanych mechanicznie. Obciążenie należy przykładać do osiągnięcia poziomu 0,45 MPa, a odczyt przemieszczeń dokonywać pomiędzy obciążeniem 0,15 a 0,25 MPa. Badanie nośności aparatem VSD należy wykonać zgodnie z ASTM E2835-11 „Standard Test Method for Measuring Deflections using a Portable Impulse Plate Load Test Device” oraz oceniać na podstawie “Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 94”.

4. **Grubość warstwy wykonanej z mieszanki MCE** określa się poprzez zmierzenie grubości warstwy w odwiercie. Pomiar należy wykonać zgodnie z PN-EN 12697-36 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 36: Oznaczenie grubości nawierzchni asfaltowych”. Dopuszcza się pomiar geodezyjny grubości warstwy.

5. **Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie wykonanej z mieszanki MCE** określa się według normy PN-EN 12697-8 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczenie zawartości wolnej przestrzeni” w oparciu o gęstość objętościową oznaczoną według normy PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczenie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej”, metodą D na próbkach walcowych (odwiertach) pobranych z nawierzchni oraz gęstość oznaczoną według normy PN-EN 12697-5 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczenie gęstości”. Jeżeli okaże się, że nie można wyznaczyć gęstości objętościowej na próbkach walcowych (nie uda się pobrać próbek) to gęstość objętościową można wyznaczyć inną równoważną metodą.

6. **Wskaźnik zagęszczenia warstwy wykonanej z mieszanki MCE** określa się poprzez stosunek, wyrażony w procentach, gęstości objętościowej oznaczonej według normy PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczenie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej”, metodą D na próbkach walcowych (odwiertach) pobranych z nawierzchni po jej zagęszczeniu do gęstości objętościowej oznaczonej według normy PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczenie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej”, metodą D na próbkach walcowych przygotowanych w trakcie wykonywania warstwy do badań wytrzymałości na pośrednie rozciąganie. Bardzo ważne jest, aby próbki do badań pobierać w tym samym miejscu, ponieważ nawet niewielkie przesunięcie miejsca wykonywania badań może prowadzić do uzyskania nieprawdziwych wskazań. Do badań zagęszczenia warstw można wykorzystać inne metody po ich wcześniejszym skalibrowaniu i zaakceptowaniu przez Zamawiającego. Jeżeli okaże się, że nie można wyznaczyć gęstości objętościowej na próbkach walcowych, ponieważ nie uda się pobrać próbek lub się one rozpadną w trakcie pobierania to można gęstość objętościową wyznaczyć inną równoważną metodą.

7. **Spadek poprzeczny, równość, szerokość oraz rzędne wysokościowe wykonanej warstwy z mieszanki MCE** należy sprawdzać w trakcie pomiarów geodezyjnych, według ogólnych zasad, nie rzadziej niż co 50 m.
- 9.8. W przypadku wykonywania warstwy z mieszanki MCE może zdarzyć się, że wyniki uzyskane w trakcie badań kontrolnych mogą wykraczać poza wymagany zakres. W takich przypadkach, gdy występują:

Niewłaściwe cechy geometryczne:

1. Jeżeli po wykonaniu badań na związanej warstwie stwierdzi się, że odchylenia cech geometrycznych przekraczają wielkości określone w tabelicy 8.1 i wpłynie to na niezadowalającą jakość elementu budowli, to warstwa powinna zostać zerwana na całą grubość i ponownie wykonana na koszt Wykonawcy.
2. Dopuszcza się inny rodzaj naprawy, o ile zostanie on zaakceptowany przez Zamawiającego.
3. Jeżeli szerokość wykonanej warstwy jest mniejsza od szerokości projektowanej o więcej niż 5 cm i nie zapewnia podparcia warstwom wyżej leżącym, to Wykonawca powinien poszerzyć warstwę poprzez zerwanie warstwy na pełną grubość do połowy szerokości pasa ruchu i wbudowanie nowej mieszanki.

Niewłaściwa grubość wykonanej warstwy

1. W miejscach, gdzie grubość jest niewystarczająca Wykonawca powinien uzupełnić ją materiałem z warstwy wyżej leżącej.
2. W miejscach, gdzie warstwa jest za gruba należy usunąć część warstwy, o ile będzie to możliwe technicznie. Można odstąpić od tego zabiegu w przypadku możliwej korekty niwelety umożliwiającej wbudowanie pełnej grubości warstw wyżej leżących.

Niewłaściwa wytrzymałość na pośrednie rozciąganie wykonanej warstwy

1. W przypadku oceny wytrzymałości należy do oceny wyników wykorzystać średnią wartość wytrzymałości z całego odcinka. Wyniki należy uznać za akceptowalne, gdy jednocześnie:
 - Wartość średnia mieści się w dopuszczalnym przedziale podanym w tabelicy 7.2.
 - Minimum 75 % wyników mieści się w dopuszczalnym przedziale podanym w tabelicy 7.2.
 - Maksimum 20 % wyników przekracza dopuszczalny przedział o nie więcej niż 30 % dopuszczalnej wartości podany w tabelicy 7.2.
 - Maksimum 5 % wyników przekracza dopuszczalny przedział o więcej niż 30 % dopuszczalnej wartości podany w tabelicy 7.2.

2. Na odcinkach nie spełniających wymagań i uznanych za niezgodne z wymaganiami Wykonawca przedstawi program naprawczy, który musi być zaakceptowany przez Projektanta i Zamawiającego.

Niewłaściwa nośność wykonanej warstwy

1. W przypadku oceny nośności wykonanej warstwy należy do oceny wyników wykorzystać średnią wartość uzyskaną z całego odcinka. Wyniki należy uznać za akceptowalne, gdy jednocześnie:
 - Wartość średnia jest większa od minimalnej wymaganej wartości podanej w tabelicy 8.1
 - Minimum 80 % wyników jest większych od wymaganej wartości minimalnej podanej w tabelicy 8.1.
 - Maksimum 20 % wyników jest mniejsza od wymaganych minimalnych wartości o nie więcej niż 15 MPa podanych w tabelicy 8.1.
2. Na odcinkach nie spełniających wymagań i uznanych za niezgodne z wymaganiami, Wykonawca przedstawi program naprawczy, który musi być zaakceptowany przez Projektanta i Zamawiającego.

10. UWAGI KOŃCOWE

- 8.1 Wykonując podbudowę z mieszanki MCE należy dążyć do wykonania jak najbardziej podatnej podbudowy, aby zminimalizować ryzyko powstania spękań odbitych, które mogą pojawić się na takiej nawierzchni.
- 8.2 Mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna jest mieszanką dość wrażliwą na zmiany składu i parametrów ze względu na wykonywanie jej w technologii mieszania na miejscu oraz zastosowanie materiałów z recyklingu. W trakcie jej wykonywania należy bezwzględnie przestrzegać reżimów technologicznych i zasad dobrej praktyki inżynierskiej.
- 8.3 Nawierzchnie z podbudowami z mieszanki MCE są narażone na powstawanie spękań. O trwałości takiej nawierzchni w dużym stopniu decyduje odpowiednie utrzymanie bieżące. W przypadku pojawienia się spękań należy je jak najszybciej uszczelnić.
- 8.4 W związku z wprowadzeniem nowych zasad projektowania i wbudowania mieszanek MCE po pewnym okresie użytkowania instrukcja powinna zostać zaktualizowana w oparciu o zebrane doświadczenia z realizowanych budów.

11. NORMY I OPRACOWANIA ZWIĄZANE:

- [1]. PN-EN 197-1 „Cement. Część 1. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”.
- [2]. PN-EN 933-11 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw -- Część 11: Klasyfikacja składników kruszywa grubego z recyklingu”.
- [3]. PN-EN-1008 „Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badania i ocena przydatności wody zarobowej do betonu w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu”.
- [4]. PN-EN 12591 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych”.
- [5]. PN-EN 12697-5 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości”.
- [6]. PN-EN 12697-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej”.
- [7]. PN-EN 12697-8 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni”.
- [8]. PN-EN 12697-23 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Oznaczanie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej na rozciąganie pośrednie”.
- [9]. PN-EN 12697-26 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 26: Sztywność”.
- [10]. PN-EN 12697-30 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie”.
- [11]. PN-EN 12697-36 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 36: Oznaczanie grubości nawierzchni asfaltowych”.
- [12]. PN-EN 13242 „Kruszywa do niezwiązanych i hydraulicznie związanych materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym”.
- [13]. PN-EN 13282-2 „Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 2: Metody określania gęstości w odniesieniu do zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proktora”.
- [14]. PN-EN 13808 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych”.
- [15]. PN-EN 12848 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie stabilności emulsji asfaltowych podczas mieszania z cementem”.
- [16]. PN-S-02205:1998 „Drogi samochodowe. Roboty ziemne”.
- [17]. ASTM E2835-11 „Standard Test Method for Measuring Deflections using a Portable Impulse Plate Load Test Device”.

- [18]. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 94.
- [19]. „Instrukcja projektowania i wbudowania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)” – aktualizacja instrukcji z 2014 roku. RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 4 „Mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne”, 2018
- [20]. „Zalecenia bezpiecznego stosowania destruktu asfaltowego ze smołą w warstwach wykonanych w technologii mineralno-cementowo-emulsyjnych MCE”, RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 4 „Mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne”, 2018