Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa

SMA 16 JENA

Poradnik dla zarządców i wykonawców dróg samorządowych

RETTENMAIER Polska Sp. z o. o.

Warszawa 2014

Publikacja rekomendowana przez
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

ISBN 978-83-924784-1-6

Copyright by Rettenmaier Polska sp. z o.o. 2014

Autorzy:
dr inż. Krzysztof Błażejowski (red.)
mgr inż. Konrad Jabłoński
mgr inż. Andrzej Sadkowski
inż. Ireneusz Strugała

Konsultanci:
dr inż. Bohdan Dołżycki
dr inż. Igor Ruttmar
mgr inż. Hanna K. Walęcka
mgr Ewa Wilk

RETTENMAIER Polska Sp. z o. o.
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa

Zarówno Autorzy, jak i Rettenmaier Polska sp. z o.o. dołożyli wszelkiej staranności, aby podane informacje były dokładne i wiarygodne. Jednak nie ponoszą jakiejkolwiek odpowiedzialności za skutki zastosowania informacji zawartych w tej publikacji, a w szczególności za straty w jakiejkolwiek postaci i formie. Wykorzystując dane zawarte w publikacji czytelnik czyni to na własną odpowiedzialność.

Spis treści:

Wprowadzenie 7

Rozdział 1. Kilka słów o powstaniu SMA 16 JENA i jej zaletach 9

Rozdział 2. Idea i projektowanie mieszanki SMA 16 JENA 12
2.1. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu 12
2.2. Szkielet mineralny 13
2.3. Mastyks i lepiszcze 15
2.4. Stabilizator mastyksu 15
2.5. Korzyści technologiczne 18
2.6. Projektowanie SMA 16 JENA 19
2.6.1. Materiały 19
2.6.2. Mieszanka i wymagania 20
2.7. Projektowanie SMA 16 JENA z udziałem granulatu asfaltowego ... 24

Rozdział 3. Zastosowanie granulatu asfaltowego do SMA 16 JENA 25
3.1. Definicje, symbole i skróty 26
3.2. Zakres stosowania granulatu asfaltowego do SMA 16 JENA 27
3.3. Pochodzenie, właściwości granulatu i składników w nim zawartych 28
3.3.1. Pochodzenie granulatu asfaltowego 28
3.3.2. Pobór próbek granulatu 28
3.3.3. Lepiszcze zawarte w granulacie asfaltowym oraz jego właściwości 29
3.3.4. Gęstość granulatu asfaltowego 30
3.3.5. Gęstość kruszywa z granulatu 30
3.3.6. Rodzaj i właściwości kruszywa w granulacie asfaltowym 30

3.4. Jednorodność granulatu asfaltowego ... 30
3.5. Składowanie granulatu ... 31
3.6. Opis granulatu asfaltowego ... 31
3.7. Identyfikacja dostaw zewnętrznych ... 31
3.8. Ustalenie rodzaju asfaltu do zadozowania ... 32
3.8.1. Przykład obliczenia ... 32
3.9. Dodatkowe wymagania wobec granulatu (ruch KR3) ... 34
3.10. Granulat asfaltowy a projektowanie składu SMA 16 JENA ... 35

Rozdział 4. Produkcja i wbudowanie mieszanki SMA 16 JENA ... 37
4.1. Produkcja mieszanki ... 37
4.2. Transport mieszanki na miejsce wbudowania ... 39
4.3. Przygotowanie podłoża ... 40
4.4. Przygotowanie urządzeń w jezdni ... 40
4.5. Przygotowanie krawędzi warstw ... 41
4.6. Warstwa sczepna (związanie międzywarstwowe) ... 42
4.7. Warunki wbudowywania ... 43
4.8. Rozkładanie i wałowanie ... 43
4.9. Posypka na powierzchni ... 45
4.10. Badania gotowej warstwy ... 46
4.11. Przekazanie do ruchu ... 47

Rozdział 5. Przykłady z Polski ... 48
5.1. Wprowadzenie ... 48
5.2. Odcinki wykonane w północnej Polsce ... 48
5.2.1. Odcinek Pasłęk – Morąg ... 49
5.2.2. Odcinek Orneta – Dobre Miasto ... 50
5.2.3. Odcinek w Pasłęku ... 51
5.2.4. Odcinek Zalewo – Miłomłyn ... 52
5.2.5. Odcinek w Helenowie ... 53

5.3. Odcinki wykonane w środkowej Polsce ... 54
5.3.1. Odcinek w Falęcinie ... 55
5.3.2. Odcinek na ul. Krakowiany w Młochowie ... 55
5.3.3. Odcinek na ul. Brzozowej w Pruszkowie ... 56
5.4. Podsumowanie ... 57

Rozdział 6. Przykłady z Niemiec ... 58
6.1. Opracowanie koncepcji DTS ... 58
6.2. Pierwszy zrealizowany projekt pilotażowy w Niemczech ... 59
6.3. Kolejne odcinki jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej w Niemczech ... 64
6.4. Podsumowanie doświadczeń niemieckich ... 65

Zakończenie ... 66

Bibliografia ... 67

Załączniki ... 68
Załącznik 1. Instrukcja badania ITSR (odporności na wodę i mróz) ... 68
Załącznik 2. Instrukcja oznaczania zawartości słabych ziaren węglanowych w kruszywie grubym ... 75
Załącznik 3. Procedura kondycjonowania krótkoterminowego próbek mieszanek mineralno-asfaltowych ... 78
Załącznik 4. Wzorcowa specyfikacja techniczna mieszanki SMA 16 JENA (plik pdf na dołączonym dysku CD) ... 79
Załącznik 5. Lista kontrolna, do sprawdzania systemu dozowania stabilizatora mastyksu w postaci granulatu, na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych (WMA) ... 80

Wprowadzenie

Wśród milionów kierowców jeżdżących po polskich drogach większość na co dzień korzysta z dróg powiatowych i gminnych. W ostatnich latach nasze państwo zaangażowane było przede wszystkim w rozwój sieci głównych dróg krajowych i międzynarodowych, a więc na ułatwieniu podróży długodystansowych i tranzytu. Z tego powodu na główne drogi przeznaczane są środki większe niż na drogi lokalne służące codziennym podróżom większości obywateli. Rezultatem opisanej sytuacji jest zły stan techniczny dróg samorządowych.

Od wielu lat narasta potrzeba wskazania optymalnej technologii budowy, utrzymania i remontów dróg dla ruchu lokalnego, o małym lub średnim obciążeniu ciężkimi pojazdami. Technologii, która oferować będzie korzystny stosunek efektów do kosztów, a więc odpowiedniej trwałości za rozsądne pieniądze.

Poszukiwana jest technologia budowy, utrzymania i remontów dróg dla ruchu lokalnego o odpowiedniej trwałości za rozsądne pieniądze

Jedną z propozycji takiej technologii jest opracowana w Niemczech mieszanka mineralno-asfaltowa opierająca się na znanej koncepcji mieszanki mastyksowo-grysowej SMA. Jest to mieszanka, którą można wbudować w jednej warstwie o grubości do 10 cm, stąd polska nazwa SMA 16 JENA (**JE**dnowarstwowa **N**awierzchnia **A**sfaltowa). Niniejszy Poradnik ma na celu przybliżenie Czytelnikowi informacji o SMA 16 JENA wraz z praktycznym przewodnikiem projektowania i stosowania.

Autorzy Poradnika mają nadzieję, że oddawana do rąk Czytelników publikacja przyczyni się do upowszechnienia mieszanki SMA 16 JENA i co za tym idzie, poprawy stanu dróg samorządowych w Polsce.

Publikację podzielono na 6 części, w których omówiono cechy i metodę projektowania SMA 16 JENA oraz ewentualne wykorzystanie w niej destruktu asfaltowego (granulatu). Podano także przykłady zastosowań w Polsce i w Niemczech. W załącznikach znajdują się dwie procedury pomocnicze; do oznaczania wskaźnika ITSR oraz zawartości słabych ziaren węglanowych w mieszance mineralnej. W celu ułatwienia wdrożenia technologii jednowarstwowych nawierzchni asfaltowych, została przygotowana w formacie PDF i dołączona do poradnika na dysku CD Wzorcowa Specyfikacja Techniczna (WST) SMA 16 JENA.

Podsumowując, pamiętajmy, że inżynieria drogowa jest działaniem empirycznym, opartym na doświadczeniach i rzeczywistych budowach. Nie ma postępu w budownictwie drogowym bez nowych odcinków i testowania nowych koncepcji. Dlatego wdrożenie SMA 16 JENA na naszych drogach samorządowych jest dla nas wszystkich źródłem inżynierskiej satysfakcji.

Poradnik nie mógłby powstać bez wsparcia wielu osób. Autorzy i konsultanci dziękują firmie Rettenmaier Polska, w osobach Krystyny Szymaniak i Piotra Kuracha, za inicjatywę wdrożenia SMA 16 JENA w naszym kraju, a także za wsparcie prac redakcyjnych i finalny druk Poradnika.

Wdrożenie technologii w Polsce nie byłoby także możliwe bez odważnych inwestorów i firm drogowych. Należy wyraźnie podkreślić, że decyzje Starosty Powiatu Pruszkowskiego Pani Elżbiety Smolińskiej i Zarządu Powiatu Pruszkowskiego, Dyrekcji Zarządu Dróg Wojewódzkich w Olsztynie, Burmistrzów miast Pasłęk i Krynica Morska oraz Zarządu Powiatu Malborskiego, otworzyły możliwość pierwszych zastosowań SMA 16 JENA w Polsce.

W tym samym kontekście warto wymienić firmy PPU TUGA z Nowego Dworu Gdańskiego i PPUH EFEKT z Warszawy, które opracowały własne mieszanki SMA 16 JENA i z sukcesem wbudowały je na szeregu odcinków drogowych. Do nich należy zatem kierować kolejne wyrazy uznania.

Rozdział 1.
Kilka słów o powstaniu SMA 16 JENA i jej zaletach

Jednowarstwowe nawierzchnie asfaltowe wykonywane są w Niemczech od wielu dziesięcioleci, a w niemieckich przepisach technicznych funkcjonują pod pojęciem: *Decktragschichten (DTS)*, które niektórzy polscy tłumacze próbują nazywać warstwami ścieralno-nośnymi, lub ścieralno-wiążącymi. Drogi samorządowe o długości prawie 540 tys. km stanowią w Niemczech 78,4% wszystkich dróg publicznych. Podobnie jak w Polsce, obciążone są one mniejszym ruchem niż drogi krajowe i drogi federalne; obciążenie ruchem nie przekracza naszej kategorii KR4. Z kolei drogi samorządowe w Polsce to aż 95% wszystkich dróg publicznych, a ich długość przekracza 350 tys. km. W zależności od kategorii występuje na nich ruch od KR1 do nawet KR6.

Zwyczajowo, do utrzymania i remontu tego typu dróg niezbędne są nakładki z mieszanek mineralno-asfaltowych (mma) na gorąco lub na ciepło, których zadaniem jest przywrócenie bądź zwiększenie nośności istniejącej nawierzchni (odpowiadającej zwiększonemu obciążeniu ruchem), a jednocześnie zabezpieczenie remontowanej nawierzchni przed szkodliwym oddziaływaniem warunków atmosferycznych. Nakładka powinna być odpowiednio sztywna, aby korzystnie wpływać na nośność, dodatkowo musi także charakteryzować się mniejszą zawartością wolnych przestrzeni, niż warstwa wiążąca lub podbudowa, aby jej nasiąkliwość była na poziomie zbliżonym do wymagań wobec warstwy ścieralnej. W nakładce dwuwarstwowej dolna warstwa zapewnia nośność, a warstwa górna (ścieralna) zapewnia wymagane właściwości przeciwpoślizgowe oraz ochronę przed

Nakładka powinna być odpowiednio sztywna, aby korzystnie wpływać na nośność

negatywnym oddziaływaniem warunków atmosferycznych. Trzeba przyznać, że to klasyczne nakładki jednowarstwowe z betonu asfaltowego najczęściej ulegały przedwczesnym uszkodzeniom.

Od dłuższego czasu poszukiwano nowych rozwiązań technologicznych korzystniejszych pod względem technicznym i ekonomicznym, to znaczy mniej pracochłonnych, tańszych i trwalszych od typowych nakładek jednowarstwowych z betonu asfaltowego.

W latach 2008-2012 wykonano w Niemczech serię odcinków doświadczalnych, na których ułożono jednowarstwowe nakładki nowego typu, według koncepcji mieszanek o nieciągłym uziarnieniu i dużej zawartości lepiszcza asfaltowego. Warstwy te, o grubości od 4 do 8 cm (maksymalnie 10 cm), wykonano z mieszanki mastyksowo-grysowej (typu SMA wg PN-EN 13108-5) o uziarnieniu do 16 mm, najczęściej z asfaltem drogowym rodzaju 50/70. Mieszanki nowego typu oznaczono jako **SMA 16 DTS**, a w Polsce przyjęto dla nich oznaczenie **SMA 16 JENA**. Więcej informacji o powstaniu koncepcji SMA DTS znajdzie Czytelnik w rozdziale 6.

Uzyskane wyniki badań wbudowanych mieszanek mastyksowo-grysowych SMA 16 DTS/JENA oraz wykonanych nakładek potwierdziły zalety i korzyści ze stosowania nowego rozwiązania:

- ➔ mieszanka mineralna w mieszance mastyksowo-grysowej zawiera dużo ziaren grubych i charakteryzuje się wysoką stabilnością i odpornością na odkształcenia oraz zużywanie się pod działaniem ruchu,
- ➔ w takiej mieszance może być zastosowany standardowy asfalt drogowy (najczęściej 50/70) oraz standardowy wypełniacz wapienny,
- ➔ istnieje możliwość zastosowania w takiej mieszance granulatu z destruktu asfaltowego odpowiadającego wymaganiom PN-EN 13108-8,
- ➔ możliwe jest wbudowywanie takiej mieszanki przy zmiennej grubości warstwy od 4 do 10 cm,
- ➔ warstwa z mieszanki mastyksowo-grysowej charakteryzuje się większą trwałością z powodu grubszej warstewki asfaltu na ziarnach kruszywa

w mieszance (niż w mieszance betonu asfaltowego), co minimalizuje koszty utrzymania w cyklu życia nawierzchni,

- ze względu na bardzo dobrą stabilność warstwy SMA 16 JENA może być ona przykryta kolejną warstwą (nakładką) i wtedy staje się bardzo dobrą warstwą wiążącą, jest to więc rozwiązanie otwarte na rozbudowę drogi w przyszłości,
- po założonym okresie eksploatacji takiej nawierzchni można ułożyć na niej cienką warstwę z mma na gorąco, lub na zimno albo wykonać powierzchniowe utrwalenie, co przywróci właściwości przeciwpoślizgowe,
- oszczędność spowodowana rezygnacją ze skropienia między warstwą wiążącą a ścieralną oraz ułożeniem warstwy asfaltowej w jednym przejściu rozkładarki, a więc przy znaczącym skróceniu czasu wykonania remontu.

SMA 16 JENA okazała się bardzo dobrą mieszanką mineralno-asfaltową na nawierzchnie dróg samorządowych

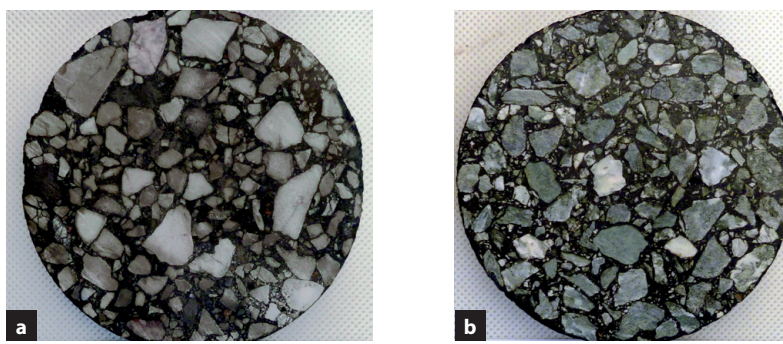
SMA 16 JENA okazała się bardzo dobrą mieszanką mineralno-asfaltową na nawierzchnie dróg samorządowych.

Odcinki jednowarstwowych nakładek z mieszanek mastyksowo-grysowych SMA 16 JENA wykonane w latach 2010–2013 w Polsce na istniejących drogach samorządowych potwierdziły opisane powyżej zalety tej technologii.

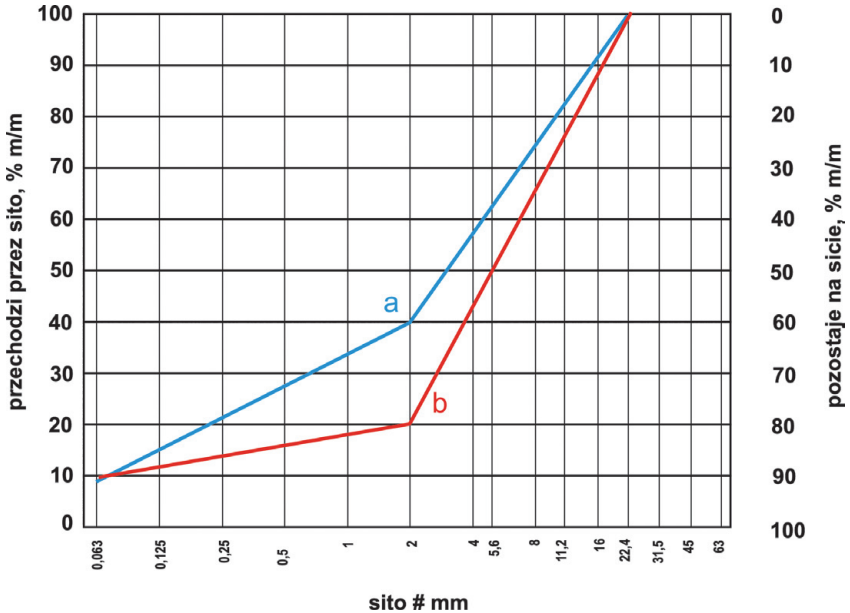
Rozdział 2.
Idea i projektowanie mieszanki SMA 16 JENA

2.1. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu

W poprzednim rozdziale do opisu SMA 16 JENA przywołano pojęcie *mieszanka o nieciągłym uziarnieniu*, warto zatem poświęcić temu zagadnieniu kilka akapitów. Wśród mieszanek mineralno-asfaltowych, ze względu na rozkład wielkości ziaren kruszywa, możemy dokonać głównego podziału na mieszanki o ciągłym i nieciągłym uziarnieniu mieszanki mineralnej. Mieszanki o ciągłym uziarnieniu, najczęściej typu betonowego, charakteryzują się równomiernym udziałem ziaren każdej frakcji w mieszance mineralnej. Z kolei mieszanka o nieciągłym uziarnieniu jest to mieszanka mineralna, w której brakuje jednej ze środkowych frakcji – występują w niej bardzo drobne i drobne ziarna oraz te grube i bardzo grube, natomiast ziaren o średniej wielkości brak lub są w minimalnej ilości. Na fot. 2.1. przedstawiono przekroje przez warstwę z mieszanek o ciągłym uziarnieniu (beton asfaltowy AC 16) i nieciągłym uziarnieniu (SMA 16), a na rys. 2.1. przykładowe przesiewy takich mieszanek przez zestaw sit.



Fot. 2.1. Przekroje warstw nawierzchni z mieszanek a) o ciągłym uziarnieniu – AC 16 i b) o nieciągłym uziarnieniu SMA 16 (fot. TPA sp. z o.o.)

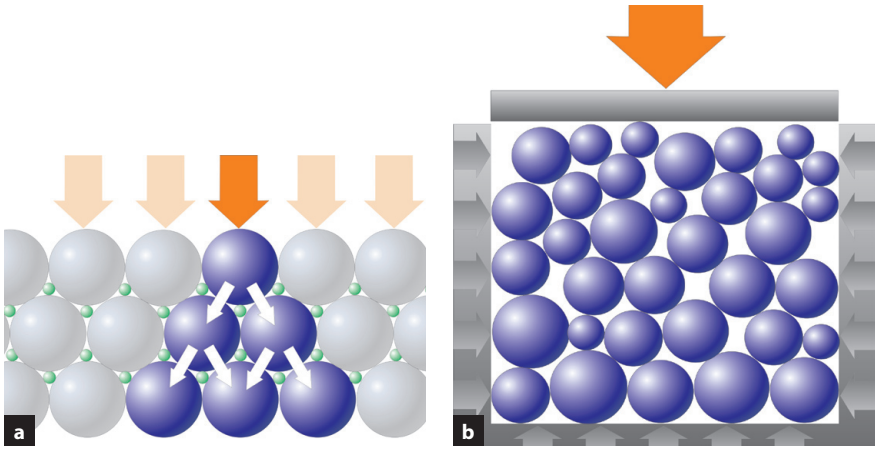


Rys. 2.1. Przykładowe, uproszczone przesiewy mieszanek o ciągłym (a) i nieciągłym (b) uziarnieniu

Jak widać na fotografii 2.1.b mieszanka mastyksowo-grysowa SMA charakteryzuje się wyraźną nieciągłością uziarnienia, co pozwala stworzyć silny tzw. *szkielet mineralny*.

2.2. Szkielet mineralny

Pojęcie szkieletu mineralnego stosowane jest w żargonie technologów drogowych do określenia dobrze zaklinowanego zbioru ziaren kruszywa, stabilnego i potrafiącego przenieść duże obciążenie. W mieszance SMA taki szkielet uzyskuje się poprzez duży udział grubych ziaren, które mogą oprzeć się jedno na drugim w bezpośrednim kontakcie – zjawisko to nazywane jest w USA *stone-to-stone contact* (rys. 2.2.a), co wynika wprost z opisanej wcześniej nieciągłości uziarnienia.



Rys. 2.2. a) schemat przenoszenia obciążenia w SMA przez bezpośredni kontakt ziaren kruszywa; b) schemat – nośność zaklinowanych ziaren w mieszance jednofrakcyjnej grubych kruszyw [K. Błażejowski, 2007]

Na rys. 2.2.b. przedstawiono schemat ilustrujący bezpośredni kontakt między grubymi ziarnami mieszanki mineralnej i sposób stworzenia nośności szkieletu mineralnego. W przykładzie widzimy zaklinowane w naczyniu jednofrakcyjne, grube kruszywo, którego nośność równa jest odporności ziaren na rozkruszanie.

Fot. 2.2. Struktura powierzchni warstwy z SMA 16 JENA, na fotografii moneta 5-złotowa (fot. A. Sadkowski) – patrz też fot. 4.2.

2.3. Mastyks i lepiszcze

Mieszanka mineralna składająca się wyłącznie z grubych ziaren ma dużą nośność po zaklinowaniu, ale w rzeczywistej nawierzchni taka mieszanka nie okazałaby się odpowiednio trwała w warunkach zimowego nasycenia wodą. Dlatego mieszanka SMA składa się, oprócz silnego szkieletu z grubych ziaren, z szeregu mniejszych ziaren, wypełniacza (mączki wapiennej) oraz oczywiście lepiszcza asfaltowego. Asfalt wraz z drobniejszym kruszywem tworzy mastyks, którego zadaniem jest sklejenie ziaren i wypełnienie przestrzeni między ziarnami szkieletu oraz uszczelnienie mieszanki, czyniąc ją odporną na wodę i mróz.

Mieszanka SMA składa się, oprócz silnego szkieletu z grubych ziaren, z szeregu mniejszych ziaren, wypełniacza oraz lepiszcza asfaltowego i stabilizatora

Najczęściej stosowanym lepiszczem w mieszankach jednowarstwowych SMA 16 JENA na drogi samorządowe jest asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591. Można także zastosować jeszcze bardziej miękki asfalt drogowy rodzaju 70/100 (w przypadku stosowania granulatu asfaltowego, patrz p. 3.8.). W przypadku większych obciążeń lub powolnego ruchu warto rozważyć zastosowanie asfaltu wielorodzajowego MG 50/70-54/64 wg PN-EN 13924-2 lub asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 45/80-55 wg PN-EN 14023.

2.4. Stabilizator mastyksu

Specyficzną cechą mieszanek o nieciągłym uziarnieniu jest większa niż w betonie asfaltowym grubość otoczki lepiszcza asfaltowego na ziarnach kruszywa. Ma to swoje konsekwencje pozytywne, ponieważ oznacza większą trwałość warstwy, nie jest ona po prostu tak „sucha" jak beton asfaltowy. Zwiększona grubość warstewki asfaltu na kruszywie wymaga zastosowania dodatkowego składnika do mieszanki, który zapobiegnie spływaniu lepiszcza z kruszywa. Zwyczajowo, w krajowej nomenklaturze technologicznej, ten dodatkowy składnik SMA nazywany jest stabilizatorem. Warto pamiętać,

że brak stabilizatora w SMA powoduje powstawanie plam lepiszcza i mastyksu na powierzchni warstwy. Przykłady takiego zjawiska przedstawiają fot. 2.3., na której przedstawiono spływanie lepiszcza z mieszanki i fot. 2.4. z obrazem plam na powierzchni warstwy SMA po zawałowaniu.

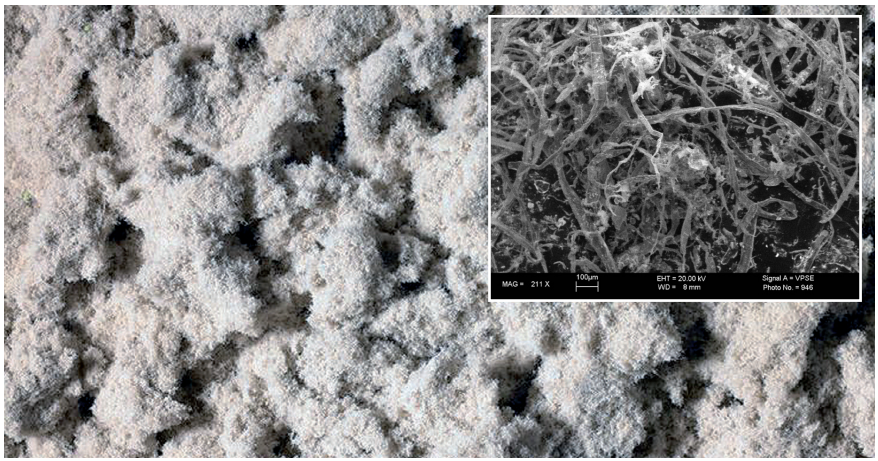
W roli stabilizatora mogą być stosowane różne materiały wchłaniające asfalt. Jednak najskuteczniejsze są włókna celulozowe w różnych postaciach, przede wszystkim z powodu swojej sprawdzonej przydatności. Na fot. 2.5 i 2.6 przedstawiono stabilizator mastyksu – włókna celulozowe luzem oraz w formie granulatu (peletek), które dozowane są do mieszanki SMA podczas jej produkcji na otaczarni. Szczególnie korzystnym technologicznie rozwiązaniem jest stosowanie stabilizatora, w którym włókna celulozowe otoczone są asfaltem, a następnie granulowane. Taki sposób przygotowania stabilizatora, nie tylko zabezpiecza go w trakcie przechowywania

Szczególnie korzystnym technologicznie rozwiązaniem jest stosowanie stabilizatora, w którym włókna celulozowe otoczone są asfaltem, a następnie granulowane.

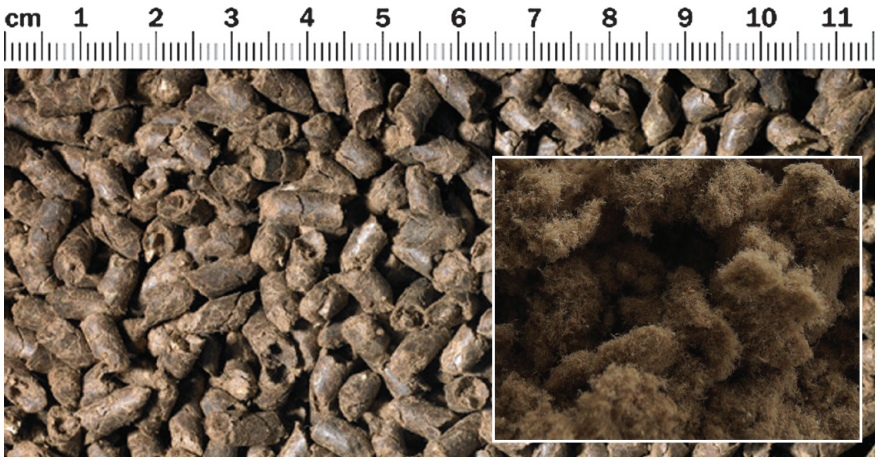
Fot. 2.3. Spływanie lepiszcza z mieszanki SMA bez stabilizatora (fot. Rettenmaier Polska sp. z o.o.)

(odporność na wilgoć), ale także ułatwia jego dozowanie do mieszalnika na otaczarni. Zwiększa także skuteczność, szybkość i jednorodność wymieszania z pozostałym składnikami mieszanki, co w konsekwencji podnosi jakość SMA.

Fot. 2.4. Plamy na powierzchni warstwy z SMA powstałe w wyniku braku stabilizatora (fot. K. Błażejowski)



Fot. 2.5. Stabilizator mastyksu *ARBOCEL ZZ 8/1* w formie włókien luzem. W ramce zdjęcie mikroskopowe, przedstawiające pojedyncze włókna *ARBOCEL ZZ 8/1*. (fot. Rettenmaier Polska sp. z o.o.)



Fot. 2.6. Stabilizator mastyksu *VIATOP Premium* w formie granulatu. W ramce zdjęcie mikroskopowe, przedstawiające pojedyncze włókna (*ARBOCEL ZZ 8/1*) otoczone asfaltem, z których wytwarzany jest *VIATOP Premium*. (fot. Rettenmaier Polska sp. z o.o.)

2.5. Korzyści technologiczne

W efekcie opisanej powyżej metody komponowania mieszanki SMA – dużej ilości grubych ziaren, dużej zawartości mastyksu (lepiszcza z wypeł-

niaczem) oraz stabilizatora z włókien, otrzymujemy warstwę o dużej trwałości i odporności na koleinowanie. Jeśli SMA będzie zawierało ziarna o wymiarze D=16 mm uzyskamy mieszankę **SMA 16** możliwą do wbudowania w dość zróżnicowanej grubości warstwy, przeciętnie od 4–5 do 8–10 cm w jednym przejściu rozkładarki. W ten sposób otrzymamy także SMA do ułożenia jako nawierzchnia asfaltowa jednowarstwowa: **SMA 16 JENA**.

2.6. Projektowanie SMA 16 JENA

2.6.1. Materiały

Do SMA 16 JENA należy stosować materiały odpowiednio do obciążenia ruchem wg tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Wymagania wobec materiałów do mieszanki SMA 16 JENA

Lp.	Składnik mieszanki	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-4
1	Kruszywo mineralne	wymagania do kruszyw wg WT-1 2010 lub nowszej wersji, dla ruchu KR1-2 jak dla mieszanki SMA, przy dodatkowych wymaganiach: – $C_{90/1}$ oraz należy tak dobrać kruszywa grube, aby zawartość ziaren łamanych i przekruszonych w mieszance kruszywa grubego nie była mniejsza niż 90% m/m – kanciastość kruszywa drobnego, kategoria ECS_{30} – w przypadku wątpliwości wobec mrozoodporności kruszywa polodowcowego, można zastosować procedurę badania wg Załącznika 2 z wymaganiem ubytku masy nie więcej niż 10,0% m/m	wymagania do kruszyw wg WT-1 2010 lub nowszej wersji, dla ruchu KR3-4 jak dla mieszanki SMA, przy dodatkowych wymaganiach: – w przypadku wątpliwości wobec mrozoodporności kruszywa polodowcowego, można zastosować procedurę badania wg Załącznika 2 z wymaganiem ubytku masy nie więcej niż 4,0% m/m

2	Granulat asfaltowy z destruktu asfaltowego	Do 20% m/m mieszanki mineralnej pod warunkiem spełnienia wymagań podanych w rozdziale 3. (bez p. 3.9).	Dopuszczony do KR3, w ilości do 20% m/m mieszanki mineralnej, pod warunkiem spełnienia podanych w rozdziale 3. oraz dodatkowych wymagań wg p. 3.9. Nie dopuszczony do KR4.
3	Lepiszcza asfaltowe	Asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591 Asfalt drogowy 70/100 wg PN-EN 12591 Asfalt wielorodzajowy MG 50/70-54/64 wg PN-EN 13924-2	Asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591 Asfalt wielorodzajowy MG 50/70-54/64 wg PN-EN 13924-2 Asfalt modyfikowany polimerami PMB 45/80-55 wg PN-EN 14023
4	Stabilizator mastyksu	Stosowany na podstawie dokumentu - deklaracji wcześniejszego pozytywnego zastosowania dostarczonej przez producenta lub dostawcę (p. 4.1. normy PN-EN 13108-5). Wymagane wykonanie badania spływności wg p. 6 tabeli 2.3.	
5	Środek polepszający adhezję asfaltu do kruszywa	Stosowany na podstawie dokumentu - deklaracji wcześniejszego pozytywnego zastosowania dostarczonej przez producenta lub dostawcę (p. 4.1. normy PN-EN 13108-5). Wymagane wykonanie badania przyczepności asfaltu do kruszywa frakcji 8/11,2 mm odsianego z zaprojektowanej mieszanki mineralnej SMA 16 JENA, badanie wg PN-EN 12697-11, metoda A, 6 godzin obracania. Pokrycie powierzchni ziaren kruszywa powinno być nie mniejsze niż 80%.	
6	Inne dodatki – wapno hydratyzowane	W przypadku problemów z osiągnięciem wymaganego wskaźnika odporności na wodę i mróz (ITSR) można stosować dodatek wapna hydratyzowanego w ilości ok. 1.5% m/m mma. Dozowaną ilość wapna hydratyzowanego należy odjąć od ilości wypełniacza dodanego. Stosowany na podstawie dokumentu - deklaracji wcześniejszego pozytywnego zastosowania dostarczonej przez producenta lub dostawcę (p. 4.1. normy PN-EN 13108-5).	

2.6.2. Mieszanka i wymagania

Mieszankę SMA 16 JENA projektuje się w laboratorium drogowym w taki sam sposób, jak typową mieszankę mineralno-asfaltową SMA.

W tabeli 2.2. przedstawiono rzędne punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej (kruszywa). Na rysunku 2.3 pokazano rzędne punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej, a w tabeli 2.3. znajdują się wymagania wobec cech objętościowych i wytrzymałościowych zaprojektowanej mieszanki w laboratorium (p. 1-6) oraz wykonanej warstwy (p. 7-8).

Tabela 2.2. Rzędne punktów granicznych uziarnienia mieszanki mineralnej oraz zawartości asfaltu i stabilizatora (% m/m) w mieszance SMA 16 JENA

Składniki podstawowe mma	**Wymagane wartości przy obciążeniu nawierzchni ruchem kategorii KR1 – KR4**
Mieszanka mineralna, przechodzi przez sito # (mm):	
22,4	100
16,0	90–100
11,2	65–80
8,0	45–58
4,0	25–35
2,0	20–30
0,125	7–1 3
0,063	6,0–11,0
Stabilizator:	
orientacyjna zawartość stabilizatora	0,2–1,0
Asfalt:	
zawartość asfaltu całkowitego B_{min} przed korektą współczynnikiem α, zgodnie z p. 5.2.3. normy PN-EN 13108-5	5,3

Warunki przygotowania próbek w procesie projektowania składu SMA 16 JENA:

– temperatura ubijania próbek:
- z asfaltem drogowym 50/70 135–140°C,
- z asfaltem wielorodzajowym MG 50/70-54/64 140–145°C,
- z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80-55 140–145°C,

– energia ubijania próbek:
- 50 uderzeń na każdą stronę próbki walcowej.

Tabela 2.3. Wymagania wobec projektowanej mieszanki SMA 16 JENA oraz wykonanej warstwy

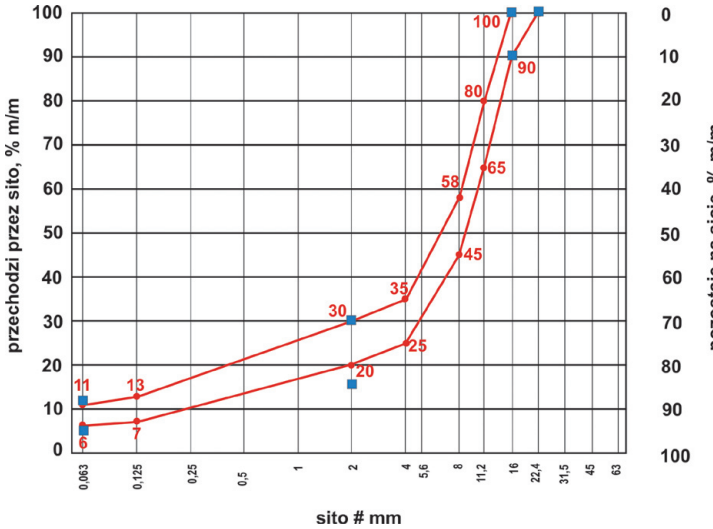
Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-4
Wymagania do projektowania mieszanki					
1	Zawartość wolnej przestrzeni V_m	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	V_{min} 2,5 V_{max} 4,0 Uwaga: mieszanka, która będzie układana w warstwie o grubości powyżej 5 cm ma tendencję do przegęszczania, – w takim przypadku V_{max} 4,5	
2	Zawartość wolnej przestrzeni wypełnionej asfaltem	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	$VFB_{\text{podać wynik}}$	
3	Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	$VMA_{\text{podać wynik}}$	
4	Odporność na działanie wody*)	Ubijanie 2x35 uderzeń,	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temperaturze 25°C*) **)	$ITSR_{80}$	

Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-4
5	Odporność na deformacje trwałe*)	Wałowanie $P_{98} - P_{100}$	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, temperatura 60°C, 10 000 cykli; grubość płyty: – 60 mm (do warstwy o grubości do 6 cm), – 100 mm (do warstwy o grubości od 6 do 10 cm) **)	nie bada się	WTS_{AIR} 0,15 PRD_{AIR} podać wynik
6	Spływność	–	PN-EN 12697-18, p. 5	$D_{0,3}$	
Wymagania wobec gotowej warstwy					
7	Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	–	PN-EN 13108-20, załącznik C.4	≥98	
8	Wolna przestrzeń w warstwie, % v/v	–	PN-EN 13108-20, załącznik C.5	V_{min} 2,0 V_{max} 6,0	

UWAGA: gęstość mma należy oznaczyć zgodnie z PN-EN 12697-5, metoda A w wodzie

*) Procedura badawcza zgodna z Załącznikiem 1

**) Próbki z mieszanki kondycjonowanej wg procedury z Załącznika 3



Rys. 2.3. Prezentacja rzędnych punktów kontrolnych uziarnienia na tle granic kontrolnych wg PN-EN 13108-5 (punkty niebieskie)

2.7. Projektowanie SMA 16 JENA z udziałem granulatu asfaltowego

W przypadku stosowania granulatu asfaltowego z przetworzonego destruktu ze starych nawierzchni asfaltowych (uwaga – nie smołowych!), należy stosować metodę projektowania opisaną w rozdziale 3.

Rozdział 3. Zastosowanie granulatu asfaltowego do SMA 16 JENA

Zastosowanie granulatu asfaltowego jako jednego ze składników mieszanki mineralno-asfaltowej typu SMA 16 JENA jest możliwe i dopuszczalne. Warunkiem jest użycie odpowiednio przygotowanego i przetworzonego destruktu asfaltowego (zwanego dalej granulatem asfaltowym) – zawierającego albo asfalt drogowy, albo asfalt modyfikowany polimerami. Granulat asfaltowy uzyskany z destruktu powinien być oceniony i sklasyfikowany zgodnie z postanowieniami zawartymi w PN-EN 13108-8 *Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 8: Destrukt asfaltowy*.

Granulat asfaltowy uzyskany z destruktu powinien być oceniony i sklasyfikowany zgodnie z postanowieniami zawartymi w PN-EN 13108-8

Do mieszanek SMA 16 JENA nie dopuszcza się stosowania granulatu z przetworzonych mieszanek mineralno-asfaltowych typu asfalt lany lub asfalt piaskowy.

Uwaga – **nie dopuszcza się zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych wytwarzanych i wbudowywanych na gorąco, w tym SMA 16 JENA, dodatku granulatu bitumicznego zawierającego lepiszcze smołowe**. Przetwarzanie granulatu z dodatkiem smoły węglowej jest bardzo niebezpieczne dla osób znajdujących się w zasięgu oddziaływania emisji WWA ze smoły, które mają silne właściwości rakotwórcze!

Destrukt asfaltowy powinien być pozyskiwany w sposób selektywny, tzn. umożliwiający następnie uzyskanie dobrej jakości, jednorodnego granulatu. W związku z tym, pozyskanie destruktu, przez frezowanie kolejnych warstw nawierzchni asfaltowej, powinno odbywać się w sposób zaplanowany, każda warstwa oddzielnie, z uwzględnieniem obszaru występowania różnych rodzajów mma. Składowanie destruktu przed jego przetworzeniem w granulat

asfaltowy, a także uzyskanego granulatu po przesianiu powinno zapobiegać mieszaniu się granulatów o różnym uziarnieniu i z różnych mma. Warto także pomyśleć o zadaszeniu miejsca składowania granulatów, aby ograniczyć ich wilgotność. Tak przygotowany granulat będzie gotowy do użycia.

3.1. Definicje, symbole i skróty

Poniżej lista przydatnych definicji, symboli i skrótów zgodnych z klasyfikacją zawartą w PN-EN 13108-8:

destrukt asfaltowy – mieszanka mineralno-asfaltowa, która jest uzyskiwana w wyniku frezowania warstw asfaltowych lub w wyniku rozkruszenia płyt wyciętych z nawierzchni asfaltowej, lub/i brył uzyskiwanych z płyt albo z mieszanki mineralno-asfaltowej odrzuconej lub będącej nadwyżką produkcji,

granulat asfaltowy – jest to destrukt asfaltowy po dokonaniu selekcji, pokruszeniu i przesianiu przez sito o rozmiarze *U*, przeznaczony do użycia jako materiał składowy mieszanek mineralno-asfaltowych produkowanych w technologii na gorąco,

wymiar kruszywa – oznaczenie wielkości ziarna kruszywa w granulacie asfaltowym z zastosowaniem dolnego (*d*) i górnego (*D*) rozmiaru sita, wyrażone jako *d*/*D*. W przypadku granulatu asfaltowego *d* zazwyczaj równe jest 0,

wielkość kawałków granulatu asfaltowego U – maksymalna wielkość kawałków mieszanki mineralno-asfaltowej w granulacie asfaltowym, wyrażona jako wymiar oczka sita (*U*) przez które przechodzi 100% (m/m) granulatu,

sito o rozmiarze D – rozmiar oczek górnego sita do oznaczenia wymiaru kruszywa znajdującego się w granulacie asfaltowym, w milimetrach, przy czym *D* jest większą wartością z:

– rozmiaru sita *M*/1,4, w którym *M* jest najmniejszym rozmiarem sita, przez które przechodzi 100% (m/m) kruszywa wyekstrahowanego z granulatu asfaltowego,

i

– najmniejszego rozmiaru sita przez które przechodzi 85% (m/m) kruszywa wyekstrahowanego z granulatu.

U RA d/D – oznaczenie destruktu asfaltowego – destrukt asfaltowy oznaczony jest skrótem *RA (ang. Reclaimed Asphalt)*, w którym *U* jest wielkością kawałków destruktu a *d/D* określeniem wymiaru kruszywa znajdującego się w destrukcie;

Przykład: *22 RA 0/16 mm* – destrukt asfaltowy, w którym maksymalna wielkość kawałków destruktu wynosi 22,4 mm, a maksymalna wielkość ziarna kruszywa w destrukcie wynosi 16,0 mm,

zawartość zanieczyszczeń (materiałów obcych) powinna być oznaczona i udokumentowana zgodnie z PN-EN 12697-42,

stan powietrzno-suchy granulatu – granulat o wilgotności nie więcej niż 3% m/m,

FM – kategoria zawartości materiałów obcych w granulacie asfaltowym,

$\boldsymbol{FM_{1/0,1}}$ przykład kategorii zawartości materiałów obcych w granulacie asfaltowym (zawartość materiałów z grupy 1 nie więcej niż 1%, zawartość materiałów z grupy 2 nie więcej niż 0,1% wg klasyfikacji z PN-EN 13108-8 i metody badania zgodnej z PN-EN 12697-42).

Krajowe oznaczenie dodatkowe do określenia granulatu asfaltowego:

GRA	granulat asfaltowy,
U GRA d/D	*U* – wielkość kawałków granulatu, GRA – granulat asfaltowy, *d/D* – wymiar kruszywa.

3.2. Zakres stosowania granulatu asfaltowego do SMA 16 JENA

Granulat asfaltowy można stosować do SMA 16 JENA na drogach obciążonych ruchem KR1-2. Na drogach o ruchu KR3 możliwe jest zastosowanie granulatu pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań. Nie dopuszcza się zastosowania granulatu asfaltowego w przypadku, gdy SMA 16 JENA będzie układana na drodze obciążonej ruchem KR4.

Do mieszanki SMA 16 JENA zaleca się zastosowanie granulatu asfaltowego pochodzącego z mma przeznaczonych do wykonania warstwy ścieralnej, albo

pochodzącego z frezowania warstw ścieralnych wykonanych z różnych typów mieszanek (z wyjątkiem asfaltu piaskowego i asfaltu lanego). Zaleca się, aby *D* takiej mieszanki było nie mniejsze niż 11,2 mm.

Dopuszczalna **maksymalna zawartość granulatu asfaltowego w SMA 16 JENA wynosi 20% masy mieszanki mineralnej**. Zaleca się, aby granulat znajdował się w hałdach zabezpieczonych przez zawilgoceniem i był w stanie powietrzno-suchym.

Dopuszczony rodzaj granulatu to 22 *GRA* 0/16.

Ilości granulatu wykorzystane w mieszance SMA 16 JENA mogą być oczywiście mniejsze od podanej wartości maksymalnej (patrz p. 3.10.).

3.3. Pochodzenie, właściwości granulatu i składników w nim zawartych

3.3.1. Pochodzenie granulatu asfaltowego

W dokumentach towarzyszących dostawie granulatu należy deklarować rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej, z której został wytworzony granulat asfaltowy przeznaczony do SMA 16 JENA.

3.3.2. Pobór próbek granulatu

Właściwości granulatu asfaltowego powinny być określone na odpowiedniej liczbie próbek pobranych zgodnie z PN-EN 932-1. Jedna próbka to stanowczo za mało, aby wiedzieć, jaki mamy granulat i „co w nim jest". Liczbę próbek do pobrania oznacza się jako ***n***, zgodnie z PN-EN 13108-8, i oblicza się na podstawie ilości posiadanego granulatu asfaltowego w tonach (t) podzielonej przez 500 t i zaokrąglonej w górę do liczby całkowitej, przy czym ***n*** musi wynosić **co najmniej 5**.

Wyjątkowo, jeżeli granulat asfaltowy ma zostać użyty w ilości do 10% (m/m), dopuszcza się częstość badania 1 raz na próbce losowej pobranej na każde 2000 ton granulatu asfaltowego, przy zachowaniu warunku pobierania co najmniej 5 próbek granulatu asfaltowego do badań (tzn. zbadana

zostanie tylko jedna losowo wybrana próbka z pięciu pobranych – z każdych 2000 ton granulatu).

Jeżeli do hałdy, z której zostanie użyty granulat, będzie dostarczany nowy materiał to wymagane będą kolejne badania dodatkowych prób, po jednej na każde dostarczone 500 t granulatu asfaltowego na hałdę.

Każda pobrana próbka granulatu powinna być przebadana.

Uzyskane wyniki badań próbek granulatu asfaltowego pozwalają ocenić jednorodność właściwości i przydatność granulatu jako ew. dodatku do zastosowania przy wytwarzaniu mma na gorąco. Jednorodność właściwości granulatu mierzona jest rozpiętością wyników ww. badań próbek.

3.3.3. Lepiszcze zawarte w granulacie asfaltowym oraz jego właściwości

Z punktu widzenia możliwości połączenia się w mieszance dwóch lepiszczy, jednego nowego zadozowanego na otaczarni i drugiego, starego, znajdującego się w granulacie, **istotne jest, aby tzw. wynikowe lepiszcze (po zmieszaniu dwóch składowych w mieszalniku otaczarki) charakteryzowało się takimi właściwościami, jak założone w projekcie lub specyfikacji**.

W świetle powyższego, jest oczywiste, że typ lepiszcza znajdujący się w granulacie powinien być udokumentowany i zamieszczony w deklaracji właściwości granulatu asfaltowego. Deklaracja taka, opracowana na podstawie badań i danych archiwalnych, powinna wskazywać czy głównym lepiszczem jest asfalt drogowy czy asfalt modyfikowany polimerami oraz czy granulat asfaltowy zawiera ewentualnie dodatek modyfikujący (np. wosk obniżający temperaturę technologiczną). Przykładem takiego zbioru danych może być tabela 3.1. zawierająca charakterystykę granulatu asfaltowego wraz z wynikami badań.

Należy wykonać ekstrakcję mma z granulatu (wg PN-EN 12697-1) i określić zawartość lepiszcza rozpuszczalnego ***S*** w granulacie. Następnie z roztworu po ekstrakcji mma odzyskać asfalt (wg PN-EN 12697-10) i na czystym lepiszczu określić przynajmniej jedną z dwóch właściwości:

- penetracja w 25°C (wg PN-EN 1426),
- temperatura mięknienia (wg PN-EN 1427).

Wynik takiego badania powinien być podany w sprawozdaniu z badania granulatu. Uwaga: z podanych dwóch właściwości lepiszcza **wygodniej jest wykonać badanie temperatury mięknienia PiK**. Jest to badanie, do którego potrzeba mniejszej ilości odzyskanego lepiszcza niż do penetracji, a ponadto charakteryzuje się ono lepszą precyzją. Dlatego polecamy raczej to badanie i do niego zostały dostosowane podane dalej zasady postępowania.

3.3.4. Gęstość granulatu asfaltowego

Należy określić gęstość granulatu wg PN-EN 12697-5 metoda A w wodzie i podać wynik.

3.3.5. Gęstość kruszywa z granulatu

Należy oznaczyć zgodnie z PN-EN 1097-6 gęstość kruszywa odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji.

3.3.6. Rodzaj i właściwości kruszywa w granulacie asfaltowym

Należy zadeklarować rodzaj kruszywa oraz zbadać następujące właściwości:

– uziarnienie (wg PN-EN 12697-2),
– typ petrograficzny (jeśli możliwy do określenia),
– kategorię zawartości pyłów ***f***.

Informacja o właściwościach powinna być opracowana na podstawie aktualnych badań i danych archiwalnych.

W przypadku kompletnego braku danych nt. kruszywa w granulacie asfaltowym należy ograniczyć ilość granulatu w SMA 16 JENA do 10% m/m.

3.4. Jednorodność granulatu asfaltowego

W wyniku badań kontrolnych granulatu opisanych w p.3.3. uzyskujemy zestaw wyników badań cech charakteryzujących granulat. Na tej podstawie

możemy już ocenić, jaka jest jednorodność granulatu. Przepisy wymagają, aby każdorazowo zadeklarować jednorodność granulatu asfaltowego przewidzianego do zastosowania jako dodatek do SMA 16 JENA.

Jednorodność granulatu asfaltowego powinna być oceniona na podstawie zmienności procentowego (m/m) udziału w granulacie kruszywa grubego i drobnego oraz pyłów, jak również zawartości lepiszcza rozpuszczalnego ***S*** i właściwości lepiszcza odzyskanego z granulatu asfaltowego (temperatury mięknienia wg metody PiK).

3.5. Składowanie granulatu

Granulat asfaltowy przeznaczony do zastosowania w mieszance mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA powinien być składowany na wytwórni mma w miejscu utwardzonym i zabezpieczonym przed zanieczyszczaniem i zawilgoceniem. Zaleca się, aby wilgotność granulatu nie była zbyt duża (stan powietrzno-suchy, wilgotność do 3% m/m).

3.6. Opis granulatu asfaltowego

Właściwości granulatu asfaltowego przygotowywanego samodzielnie przez producenta mma na gorąco, lub dostarczanego przez zewnętrznego dostawcę, innego niż producent mma na gorąco, powinny być zestawione na formularzu wg tabeli 3.1.

3.7. Identyfikacja dostaw zewnętrznych

Jeżeli destrukt lub granulat asfaltowy jest przygotowywany, badany i dostarczany przez zewnętrznego dostawcę, innego niż producent mma na gorąco, to wraz z dostawą partii destruktu/granulatu należy dostarczyć deklarację właściwości dostarczanego materiału, zawierającą informacje odnośnie identyfikacji, takie jak: nazwa dostawcy, oznaczenie, datę i termin dostawy, pochodzenie (warstwa) oraz właściwości dostarczonego granulatu asfaltowego wg wzoru z tabeli 3.1.

3.8. Ustalenie rodzaju asfaltu do zadozowania

Po ustaleniu ilości możliwego udziału granulatu asfaltowego w składzie mieszanki mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA należy sprawdzić czy mieszanka „starego" lepiszcza zawartego w granulacie asfaltowym z przewidzianym do zastosowania dodatkiem świeżego asfaltu spełnia warunek uzyskania temperatury mięknienia wg metody PiK dla rodzaju lepiszcza asfaltowego wymaganego do zastosowania w tej mma wg specyfikacji.

Do obliczenia temperatury mięknienia lepiszcza w mieszance należy zastosować następujące równanie:

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2}$$

w którym:

$T_{R\&Bmix}$ – obliczona temperatura mięknienia lepiszcza w mieszance zawierającej granulat asfaltowy oraz świeży asfalt

$T_{R\&B1}$ – temperatura mięknienia lepiszcza odzyskanego z granulatu asfaltowego

$T_{R\&B2}$ – temperatura mięknienia lepiszcza dodanego (świeżego) na otaczarni

a i *b* – proporcje wagowe lepiszcza w granulacie asfaltowym (a) i dodanego lepiszcza (b) w mieszance; $a+b=1$

3.8.1. Przykład obliczenia

Przykładowo, specyfikacja określa, że do SMA 16 JENA z dodatkiem granulatu należy zastosować asfalt drogowy 50/70, dla którego wg PN-EN 12591 zakres temperatury mięknienia wynosi od 46 do 54°C. Załóżmy, że w granulacie znajduje się lepiszcze o T_{PiK}=64°C i jest go ***S***=5% m/m. Granulatu tego zamierzamy zastosować w ilości 20% (m/m) mma. Załóżmy, że na otaczarni dodamy też asfalt 50/70 o T_{PiK}=48°C, a całkowita ilość asfaltu w SMA 16 JENA wg projektu mma wyniesie B=6,0% m/m.

Pytanie jest, jaki „świeży" asfalt należy dodać, aby po jego wymieszaniu z asfaltem z granulatu otrzymać na końcu lepiszcze o właściwościach asfaltu 50/70? Czy można dodać po prostu asfalt 50/70?

Tabela 3.1. Formularz zestawienia oznaczonych i zadeklarowanych właściwości granulatu asfaltowego przeznaczonego do wytwarzania SMA 16 JENA (cechy wg PN-EN 13108-8).

Charakterystyka granulatu asfaltowego										**Wynik uzyskany z:**	
										badania*)	archiwum*)
Zgodność środowiskowa*)	Zawiera lepiszcze smołowe				Zawiera tylko lepiszcze asfaltowe						
Właściwość / Wielkość	**Kategoria / Wynik badania / Metoda badania**										
Maksymalna wielkość kawałków granulatu (*U*)*)	5	8	11	16	22	32	45	56	63		
Maksymalny wymiar ziaren kruszywa w mieszance mineralnej (D)*)	5	8	11	16	22	32	–	–	–		
Jednorodność	**Wartość najwyższa**		**Wartość najniższa**		**Wartość średnia**		**Rozwartość**				
Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego (*S*) [% m/m]											
Temperatura mięknienia PiK [°C]											
Zawartość ziaren <0,063 mm [% m/m]											
Zawartość ziaren 0,063–2 mm [% m/m]											
Zawartość ziaren > 2 mm [% m/m]											
Kategoria zanieczyszczeń *FM**)	$FM_{1/01}$				$FM_{5/01}$		$FM_{deklarowana}$				
Gęstość mma [g/cm^3] wg PN-EN 12697-5											
Oznaczenia materiałowe (U GRA d/D)											
Rodzaj kruszywa											
Gęstość kruszywa [g/cm^3] wg PN-EN 1097-6											
Rodzaj dodatków											
Lepiszcze asfaltowe (asfalt drogowy, modyfikowany, inny)											
Rodzaj lepiszcza											

*) zaznaczyć właściwą charakterystykę / kategorię np. znakiem „X"

Wykonajmy przykład obliczeń:

- lepiszcze odzyskane z granulatu i zbadane: $T_{R\&B1}$ = 64°C
- lepiszcze dodawane na otaczarni (świeże):$T_{R\&B2}$ = 48°C
- ilość lepiszcza rozpuszczalnego ***S*** w granulacie: 5,0% m/m
- ilość zadozowanego granulatu do mma: 20% m/m
- ilość lepiszcza z granulatu w mma: 1,0% (20x0,05=1,0) m/m
- ilość lepiszcza dodawanego na otaczarni (wg badania typu mma): 5,0% (6,0-1,0=5,0) m/m
- stąd proporcje lepiszczy:
  - lepiszcze z granulatu a = 1,0/6,0=0,17
  - lepiszcze świeże (asfalt 50/70) b = 5,0/6,0=0,83
  - razem a+b=1
- po wymieszaniu obydwu lepiszczy temperatura mięknienia powstałego lepiszcza wyniesie $T_{R\&Bmix}$ = 0,17 x 64 + 0,83 x 48 = 11 + 40 = 51°C

Ponieważ w specyfikacji przewidziano w tym przykładzie zastosowanie do mieszanki SMA 16 JENA asfaltu drogowego rodzaju 50/70, wynikowa temperatura mięknienia będzie mieściła się w normowym przedziale (46–54°C). Można więc zadozować asfalt 50/70 jako „świeże" lepiszcze.

W przypadku, gdyby obliczona temperatura mieszaniny lepiszczy $T_{R\&Bmix}$ była wyższa od 54°C (górna granica normowa T_{PiK} asfaltu 50/70 jakiego należy użyć wg specyfikacji) należałoby na otaczarni zadozować bardziej miękki asfalt czyli 70/100 lub zmniejszyć ilość granulatu w mieszance.

3.9. Dodatkowe wymagania wobec granulatu (ruch KR3)

W przypadku, gdy granulat asfaltowy miałby zostać wykorzystany do SMA 16 JENA na drodze obciążonej ruchem KR3, oprócz wcześniej podanych zasad i wymagań stosuje się dodatkowe:

- rozwartość wyników zawartości lepiszcza asfaltowego, oznaczonych na pobranych próbkach granulatu asfaltowego, nie większa niż 1 (dotyczy % m/m),

- rozwartość wyników zawartości ziaren kruszywa poniżej 0,063 mm, oznaczonych na mieszance mineralnej wyekstrahowanej z pobranych próbek granulatu asfaltowego, nie większa niż 6 (dotyczy % m/m),
- rozwartość wyników zawartości kruszywa powyżej 2,0 mm, a także ziaren od 0,063 mm do 2,0 mm, oznaczonych na mieszance mineralnej wyekstrahowanej z pobranych próbek granulatu asfaltowego, nie większa niż 16 (dotyczy % m/m),
- rozwartość wyników temperatury mięknienia PiK lepiszcza asfaltowego, oznaczonych na lepiszczu wyekstrahowanym z pobranych próbek granulatu asfaltowego, nie większa niż 8°C.

Jako *rozwartość wyników* należy rozumieć różnicę między skrajnymi wynikami (najwyższego i najniższego) uzyskanymi podczas badania pobranych próbek granulatu wg p. 3.3.

3.10. Granulat asfaltowy a projektowanie składu SMA 16 JENA

Faktyczna ilość granulatu, jaką możemy dodać do SMA 16 JENA będzie wynikiem projektowania składu mieszanki mineralnej. Po wykonaniu serii ekstrakcji próbek granulatu ustalamy:

- uśrednione uziarnienie mieszanki mineralnej wyekstrahowanej z pobranych próbek granulatu traktując je, przy projektowaniu mieszanki mineralnej do SMA 16 JENA (tabela 2.1 w rozdziale 2.), jako uziarnienie kruszywa o nazwie „granulat",
- średnią zawartość rozpuszczalnego lepiszcza asfaltowego ***S*** w granulacie asfaltowym, ustaloną wg punktu 1.2, traktując ją jako część całkowitej ilości lepiszcza asfaltowego niezbędnej do spełnienia wymagań wobec projektowanej mieszanki mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA (tabela 2.1 w rozdziale 2.).

Ilość lepiszcza asfaltowego pochodzącego z granulatu asfaltowego należy uwzględnić w rozliczeniu (bilansie) całkowitego lepiszcza ***B***, a więc o tę ilość zmniejszy się ilość lepiszcza asfaltowego zadozowanego w trakcie wytwarzania SMA 16 JENA na wytwórni mma.

Zwykle granulaty asfaltowe zawierają dość dużą ilość drobnych frakcji kruszywa i stąd, aby krzywa uziarnienia finalnej mieszanki zmieściła się między punktami kontrolnymi z tabeli 2.2., wynika ograniczenie ilości granulatu.

Ustalona w ten sposób ilość granulatu w SMA 16 JENA nie może przekraczać 20% m/m mieszanki mineralnej.

Fot. 3.1. Sortowanie destruktu na sortowniku przy otaczarni (fot. K.Błażejowski)

Fot. 3.2. Hałda granulatu po przesortowaniu (fot. K.Błażejowski)

Rozdział 4. Produkcja i wbudowanie mieszanki SMA 16 JENA

4.1. Produkcja mieszanki

Wymagania wobec WMA przy produkcji SMA 16 JENA nie różnią się od rutynowych oczekiwań wobec otaczarki i jej otoczenia.

Przed rozpoczęciem produkcji mieszanki mastyksowo-grysowej SMA, w której będzie stosowany stabilizator w postaci granulatu, zaleca się sprawdzić wg Załącznika 5. (Lista kontrolna) system dozowania stabilizatora mastyksu na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych (WMA).

Zgodnie z obecnymi przepisami prawa, każde miejsce produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych powinno funkcjonować zgodnie z certyfikowanym systemem Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP), który opisany jest w normie PN-EN 13108-21. Certyfikat wydaje specjalna jednostka notyfikowana w Komisji Europejskiej.

Produkcja mieszanki SMA na współczesnych otaczarkach nie stanowi problemu

Produkcja mieszanki typu SMA na współczesnych otaczarkach nie stanowi w zasadzie problemu. Zwłaszcza, że w Polsce używamy prawie wyłącznie otaczarek o trybie pracy cyklicznej, zaś otaczarki o ruchu ciągłym są bardzo rzadko spotykane. Ponieważ rozkładanie SMA na drodze musi być tak zorganizowane, aby unikać przestojów rozkładarki należy zwrócić uwagę na wydajność produkcji mieszanki, która powinna być dostosowana do planowanej wydajności wbudowywania – szerokości i grubości warstwy oraz odległości od miejsca budowy i liczby środków transportu.

Temperatura produkcji mieszanki SMA zależy od rodzaju zastosowanego lepiszcza asfaltowego. W tabeli 4.1. podano zalecane maksymalne wartości temperatury produkcji na otaczarni dla typowych lepiszczy stosowanych do SMA 16 JENA.

Tabela 4.1. Zalecane temperatury produkcji mieszanki SMA z różnymi lepiszczami asfaltowymi

Rodzaj asfaltu	**Maksymalna temperatura produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej [°C]**
Drogowy 50/70	175
Drogowy 70/100	165
Wielorodzajowy MG 50/70-54/64	180
Modyfikowany polimerami PMB 45/80-55	185

Uwagi:

1. Podane w tabeli 4.1. wartości temperatury to wartości maksymalne, których nie należy przekraczać w żadnym przypadku. Zaleca się stosowanie temperatury o 5–10°C niższej od maksymalnej podanej w tabeli 4.1.
2. W przypadku stosowania granulatu asfaltowego do produkcji SMA 16 JENA należy zwrócić uwagę na ochronę mieszanki mineralnej przed nadmiernym przegrzaniem, a stabilizatora przed zniszczeniem. Temperatura kruszywa do produkcji mieszanki z granulatem asfaltowym dozowanym na zimno powinna być tak dobrana, aby nie nastąpiło spalenie stabilizatora i zniszczenie lepiszcza asfaltowego. Jeśli to możliwe, zaleca się nie przekraczać temperatury kruszywa 230°C.

Warto uwzględnić fakt, że przegrzewanie mieszanki SMA podczas produkcji prowadzi do zwiększenia ryzyka segregacji, spłynięcia mastyksu lub lepiszcza oraz do nadmiernego starzenia asfaltu. Utrudnia to poprawne rozłożenie i zagęszczenie mieszanki, nawet jeśli będzie ona miała wysoką temperaturę.

Jak wiemy z rozdziału 2., mieszanka SMA wymaga stosowania stabilizatorów z włókien celulozowych utrzymujących zwiększoną ilość asfaltu na kruszywie. Ma to określony wpływ na proces produkcji SMA:

- w przypadku stosowania stabilizatorów w formie włókien luzem (pakowanych w worki z folii), dozowane są one w czasie mieszania „na sucho", niezbędny jest zatem dodatkowy czas mieszania stabilizatora z kruszywem w tej fazie produkcji,
- w przypadku stosowania stabilizatorów w formie granulatu z włókien otoczonych lepiszczem asfaltowym, najczęściej dozowany jest on w czasie mieszania „na mokro"; przy stosowaniu takiego stabilizatora, nie jest

wymagane zwiększenie czasu mieszania w tej fazie, co pozwala utrzymać wysoką wydajność produkcji w porównaniu ze stosowaniem stabilizatorów z włókien luzem, lub granulowanych bez lepiszcza.

- dozowanie lepiszcza odbywa się standardowo. Mieszanki SMA o większym wymiarze największego ziarna, np. SMA 16 są bardziej wrażliwe na przedozowanie lepiszcza niż np. SMA 8; dotyczy to zresztą wszystkich mma, w tym również o nieciągłym uziarnieniu mieszanki mineralnej..

Proces produkcji mieszanki SMA 16 JENA, tak jak innych mieszanek mineralno-asfaltowych, podlega procedurom kontroli składu i wybranych właściwości. Zwyczajowo jest opisany w specyfikacji technicznej kontraktu lub, w przypadku jej braku, stosowane są zasady z normy PN-EN 13108-21. Procedury kontrolne obejmują najczęściej uziarnienie mieszanki mineralnej i zawartość lepiszcza rozpuszczalnego.

4.2. Transport mieszanki na miejsce wbudowania

Przechowywaną w silosie gorącą mieszankę SMA 16 JENA należy przewieźć na plac budowy. Należy zwrócić uwagę na poprawny sposób załadunku mieszanki do skrzyni samochodów samowyładowczych, który ma wpływ na późniejszą jakość mieszanki. Spośród stosowanych w Polsce mieszanek SMA, mieszanka o uziarnieniu do 16 mm (SMA 16 JENA) charakteryzuje się pewnym ryzykiem segregacji ziaren (oddzielenia najgrubszych ziaren od reszty).

Poprawny sposób załadunku samochodów samowyładowczych z silosa obejmuje zrzut mieszanki w kilku równych częściach, równomiernie rozłożonych w skrzyni ładunkowej. Stosowanie metody załadunku na „jeden stożek" jest niepoprawne, ponieważ prowadzi do segregacji największych ziaren z mieszanki.

Skrzynia samochodu samowyładowczego powinna być odpowiednio przygotowana przed zsypem mieszanki: czysta i wolna od zanieczyszczeń. Aby uniknąć przyklejania się mieszanki do ścian skrzyń samochodów dostarczających mieszankę, kosza rozkładarki itp. należy stosować skropienia ze

specjalnych środków antyadhezyjnych. **Nie wolno stosować oleju napędowego lub opałowego itp. środków ponieważ upłynniają one asfalt.**

Transport mieszanki z WMA na miejsce wbudowania musi być tak zorganizowany, aby minimalizować straty temperatury i zapobiegać segregacji składników mieszanki SMA. W sumie nie jest specjalnie ważne, jak daleko od placu budowy znajduje się WMA, ważne jest, jak długo będzie trwał przejazd samochodu z mieszanką do miejsca wbudowania. Czas wraz z warunkami atmosferycznymi obniżającymi temperaturę dostarczanej mieszanki determinuje dopuszczalną odległość WMA od placu budowy. Mieszanka musi być chroniona przed spadkiem temperatury, należy więc stosować odpowiednie środki transportu. Jako minimum należy przyjąć stosowanie plandek na samochodach, natomiast w okresie chłodów zalecane są samochody z izolowanymi skrzyniami lub tzw. termosy, czyli samochody z izolowanym pojemnikiem na mieszankę. Szczególne znaczenie ma minimalizacja spadków temperatury mieszanki SMA 16 JENA zawierającej asfalt modyfikowany polimerami.

4.3. Przygotowanie podłoża

Powierzchnia warstwy, na której układa się SMA 16 JENA powinna być równa i czysta – bez zanieczyszczeń przeszkadzających w prawidłowym połączeniu układanej mieszanki z warstwą niżej leżącą. Zanieczyszczenia olejami, paliwem itp. należy bezwzględnie zebrać przez rozsypanie drobnego, suchego piasku lub mączki mineralnej, a resztki zmyć z powierzchni za pomocą silnego strumienia wody (o ile możliwe z detergentem).

4.4. Przygotowanie urządzeń w jezdni

Istniejące urządzenia w nawierzchni (włazy, wpusty itd.) należy przygotować przed rozłożeniem mieszanki SMA 16 JENA. Wybrany sposób przygotowania powinien zapewnić szczelne i trwałe połączenie warstwy z urządzeniem, np. przez zastosowanie odpowiednich taśm asfaltowo-polimerowych (fot. 4.1.) lub past (mas) asfaltowo-polimerowych rozkładanych ręcznie lub

maszynowo. Przygotowanie urządzeń w jezdni obejmuje także ich zabezpieczenie przed uszkodzeniem lub zasypaniem (np. wpustu kanalizacyjnego).

Fot. 4.1. Taśma asfaltowo-polimerowa do uszczelniania spoin w nawierzchni przyklejona do krawędzi włazu (fot. K. Błażejowski)

4.5. Przygotowanie krawędzi warstw

W podobny sposób jak powierzchnie urządzeń stykających się z wbudowywaną warstwą z SMA 16 JENA należy przygotować boczne krawędzie sąsiadujących ścieralnych warstw nawierzchni, a wybrany sposób powinien gwarantować trwałe połączenie krawędzi. Tradycyjne smarowanie krawędzi gorącym asfaltem i skrapianie emulsją są nieskuteczne. W przypadku SMA 16 JENA (o uziarnieniu do 16 mm) grubość warstwy sklejającej musi być relatywnie gruba, a więc najczęściej polecane są taśmy asfaltowo-polimerowe rozkładane ręcznie (fot. 4.1.) o grubości min. 5 mm lub masy asfaltowo-polimerowe rozkładane maszynowo.

4.6. Warstwa sczepna (związanie międzywarstwowe)

Związanie międzywarstwowe jest niezbędne dla trwałości nawierzchni. Nie może ono jednak stać się warstwą poślizgową dla SMA 16 JENA, która jak już wiemy, zawiera i tak dużą ilość lepiszcza. Dlatego ilość skropienia trzeba dobierać do stanu i rodzaju podłoża. Do skropień stosujemy emulsje o kodzie „ZM" wyprodukowane z twardego asfaltu, przystosowane do połączeń międzywarstwowych. Emulsje produkowane z miękkiego asfaltu np. 160/220 nie są zalecane. Generalnie do skropień należy stosować emulsje wskazane w Załączniku Krajowym do normy PN-EN 13808:2013 czyli:

Dobre związanie międzywarstwowe jest niezbędne dla trwałości całej nawierzchni

- jeśli SMA 16 JENA stosowana jest jako nawierzchnia jednowarstwowa na podbudowie z kruszywa lub stabilizacji cementem, należy stosować emulsję niemodyfikowaną **C60 B5 ZM/R**,
- jeśli SMA 16 JENA stosowana jest jako warstwa wbudowywana na istniejącej nawierzchni asfaltowej, należy stosować emulsję niemodyfikowaną **C60 B3 ZM**.

Przybliżone ilości lepiszcza do połączeń międzywarstwowych przedstawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Zalecana ilość pozostałego lepiszcza z emulsji asfaltowej w połączeniu międzywarstwowym pod warstwę z mieszanki SMA 16 JENA

Typ warstwy w podłożu	Ilość pozostałego lepiszcza wytrąconego z emulsji kg/m^2
Podbudowa z chudego betonu	0.2÷0.4
Podbudowa z zagęszczonego kruszywa	0.3÷0.5
Warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej	0.1÷0.3

Należy pamiętać, że ze względu na bardzo grysowe uziarnienie mieszanki SMA 16 JENA, zdolność tej mieszanki do połączenia się z warstwą niżej leżącą polega bardziej na sklejeniu niż na zazębieniu.

4.7. Warunki wbudowywania

Mieszankę SMA 16 JENA układamy w dość grubej warstwie bo od 5 do 10 cm (wyjątkowo od 4 cm). Warstwy tej grubości charakteryzują się dużą pojemnością cieplną i dają pewną rezerwę czasu na zagęszczanie. Mimo tego, na pewno zbyt niska temperatura podłoża i powietrza oraz silny wiatr nie sprzyjają dobrej jakości wbudowywania mieszanki. Można przyjąć, że do SMA 16 JENA mają zastosowanie ograniczenia typowe dla warstw wiążących i podbudów asfaltowych, a minimalna temperatura powietrza podczas wbudowywania nie powinna być niższa od 0°C. W przypadku występowania silnego wiatru wymaganie to może być podwyższone do +5°C. Należy unikać wbudowywania SMA 16 JENA na mokrym podłożu albo w czasie opadów deszczu.

4.8. Rozkładanie i wałowanie

Pierwszym warunkiem poprawnego wbudowania SMA 16 JENA jest sprawna i dobrze ustawiona rozkładarka. Zapewnia ona około 90% wymaganego zagęszczenia oraz pozwala uniknąć niektórych wad nawierzchni (głównie segregacji).

Warto podkreślić konieczność przestrzegania optymalnych zakresów temperatury mieszanki SMA 16 JENA podczas rozkładania i wałowania. Pamiętając o dość dużej grubości warstwy SMA 16 JENA, minimalna temperatura tej mieszanki z asfaltem drogowym 50/70 w koszu rozkładarki nie powinna być niższa niż 140–145°C. Koniec efektywnego zagęszczania warstwy zachodzi wtedy, gdy temperatura mieszanki w środku warstwy spadnie do około 100°C.

Ważnym elementem podczas zagęszczania jest odpowiedni dobór walców. Do wałowania stosujemy walce stalowe, statyczne i wibracyjne. Walce

ogumione nie powinny być stosowane z powodu przyklejania się mastyksu do opon i wyciągania ziaren z wałowanej warstwy oraz ryzyka wyciśnięcia mastyksu na powierzchnię. Zalecana liczba walców – 3 sztuki: dwa zagęszczające i jeden wykończający powierzchnię (tzw. gładzik). Zaleca się, aby zestaw walców był tak dobrany by naciski liniowe były zestopniowane, tzn. by walce dogęszczały warstwę stopniowo. Pierwszy walec za rozkładarką powinien charakteryzować się stosunkowo niewielkim obciążeniem wału (rzędu 15÷25 kN/m). Kolejny walec z naciskiem 25÷30 kN/m oraz ostatni (gładzik) z naciskiem 28÷33 kN/m).

Dodatkowe uwagi o rozkładaniu SMA 16 JENA:

- należy unikać zarzucania ręcznego mieszanki za rozkładarką,
- koniec działki roboczej – spoina poprzeczna powinna być odpowiednio wykończona przez obcięcie,
- zagęszczanie przy krawędziach bocznych warstwy jest skuteczniejsze jeśli stosowana jest rolka dociskowa na walcu,
- rozkładanie ręczne dopuszczalne jest tylko w przypadkach wyjątkowych, np. na małych i nieregularnych fragmentach jezdni, niedostępnych do rozkładania maszynowego,
- nie stosujemy wibracji w walcach jeśli temperatura mieszanki w środku warstwy jest niższa od minimalnej, niezbędnej do efektywnego zagęszczenia (np. przy asfalcie drogowym 50/70 temperatura 90°C),
- na rozkładanej warstwie walce powinny poruszać się jak najbliżej rozkładarki (za wyjątkiem sytuacji, gdy mieszanka jest zbyt gorąca),
- liczbę przejść walca należy dobrać doświadczalnie, podczas pierwszego wbudowania SMA 16 JENA; zagęszczanie nie powinno powodować wyciskania zaprawy na powierzchnię (jeśli firma stosuje tę samą mieszankę przez dłuższy czas, może bazować na wcześniejszych doświadczeniach i dostosować operowanie walcami do wymaganego wskaźnika zagęszczenia).

Fot. 4.2. Widok gotowej warstwy z SMA16 JENA po rozłożeniu (fot. A.Sadkowski)

4.9. Posypka na powierzchni

W przypadku wykonywania SMA 16 JENA na drogach klasy G (głównej) i wyższych, dla których wymagane są odpowiednie właściwości przeciwpoślizgowe należy na powierzchni warstwy SMA 16 JENA wykonać posypkę z kruszywa grubego 2/4 lub 2/5 mm, przygotowanego z kruszywa charakteryzującego się dobrą odpornością na polerowanie (PSV co najmniej 50).

Posypkę wykonuje się podczas układania gorącej mieszanki SMA 16 JENA, z zainstalowanego na walcach zasobnika kruszywa po pierwszym przejściu walca za rozkładarką. Ilość gorącej posypki 1,0÷2,0 kg/m^2. Rozłożoną posypkę należy przywałować walcem do gorącej warstwy.

Po wystygnięciu warstwy nadmiar luźnej posypki należy usunąć szczotką mechaniczną.

4.10. Badania gotowej warstwy

Po zakończeniu wbudowywania mieszanki wykonywany jest zestaw badań odbiorczych. W Polsce najczęściej są to zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej warstwie, wskaźnik zagęszczenia (oba podane w tabeli 2.2) oraz skład mieszanki mineralnej i zawartość lepiszcza rozpuszczalnego. O ile wolne przestrzenie w warstwie są parametrem wskazującym przyszłe właściwości eksploatacyjne (np. nasiąkliwość), to wskaźnik zagęszczenia jest parametrem jakościowo-eksploatacyjnym. Badania odbiorcze wykonujemy w Polsce na próbkach odwierconych z nawierzchni po jej wykonaniu. Do badań nie dzielimy rdzenia na części.

Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie powinna być mniejsza od 6,0% (v/v), jak podano w tabeli 2.3., i jest to związane przede wszystkim z trwałością wykonanej warstwy – jej nasiąkliwością, odpornością na działanie wody i mrozu. Zalecana minimalna zawartość wolnych przestrzeni to nie mniej niż 2,0% (v/v).

Natomiast wskaźnik zagęszczenia jest odniesieniem właściwości wykonanej warstwy do właściwości mieszanki z badania typu mma (recepty) i powinien być większy lub równy 98,0%.

Ostatnim badaniem jest kontrola składu SMA 16 JENA, którą zaleca się wykonywać na próbkach pobranych z kosza rozkładarki w trakcie wbudowywania mieszanki lub za rozkładarką z warstwy niezagęszczonej. Badania na odwierconych walcach z warstwy powinny być wykonywane tylko w wyjątkowych przypadkach.

Tolerancje odchyłek od składu podanego w badaniu typu SMA 16 JENA podano w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Dopuszczalne odchyłki jakościowe dotyczące pojedynczego wyniku badania i średniej arytmetycznej wyników zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej względem składu zaprojektowanego [% m/m]

Lp.	Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej	*Liczba wyników*	
		<20	≥20
1	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 16,0	–4,4 ÷ +4,1	±4,0
2	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 11,2	±4,4	±4,0
3	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 8,0	±4,4	±4,0
4	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 2,0	± 3,4	± 3,0
5	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,063	±1,6	±1,5
6	Asfalt rozpuszczalny S	–0,3 ÷ +0,3	–0,2 ÷ +0,3

4.11. Przekazanie do ruchu

Otwarcie do ruchu odcinka z nową warstwą SMA 16 JENA może nastąpić dopiero wtedy, gdy jest pewność, że wystygła ona całkowicie. Umożliwienie ruchu pojazdów po ciepłej warstwie SMA 16 JENA może spowodować jej przedwczesne uszkodzenie (skolejnowanie).

Otwarcie do ruchu może nastąpić nie wcześniej jak 24 godziny od zakończenia wbudowywania

Jeśli nie ma pewności, czy warstwa wystygła całkowicie, można przyjąć, że otwarcie do ruchu może nastąpić nie wcześniej jak po 24 godzinach od zakończenia wbudowywania. W przypadkach awaryjnych, gdy konieczne jest otwarcie do ruchu wcześniej, dozwolony jest wyłącznie wjazd samochodów osobowych.

Rozdział 5. Przykłady z Polski

5.1. Wprowadzenie

Mieszanka SMA 16 JENA (określana wcześniej jako SMA 16 DTS) była wykonywana w Polsce już od 2010 r. Pierwsze odcinki wg tej technologii w północnej części kraju wykonała firma PPU TUGA Sp. z o.o. z Nowego Dworu Gdańskiego. W następnych latach firma ta kontynuowała budowę dróg z SMA 16 JENA. Kolejną serię odcinków dróg samorządowych wykonała w centralnej Polsce firma PPUH EFEKT Sp. z o.o z Warszawy w 2013 r.

W dalszych częściach niniejszego rozdziału zostaną przedstawione wybrane realizacje.

5.2. Odcinki wykonane w północnej Polsce

W północnej części kraju, w województwie warmińsko-mazurskim wykonano szereg odcinków o nawierzchni z SMA 16 JENA. Są to nawierzchnie na drogach wszystkich kategorii dróg samorządowych, od gminnych przez powiatowe do wojewódzkich. Orientacyjną lokalizację omawianych w tym rozdziale odcinków przedstawia mapa na rys. 5.1.

Rys. 5.1. Mapa z oznaczoną lokalizacją odcinków z SMA 16 JENA (wcześniej SMA 16 DTS) [do rys. wykorzystano dane mapy Google 2014]

Na wszystkich odcinkach zastosowano mieszankę opracowaną w laboratorium drogowym firmy TUGA.

Do wytworzenia mieszanki SMA 16 JENA, firma TUGA wykorzystała otaczarnię o działaniu cyklicznym Marini zlokalizowaną w Nowym Dworze Gdańskim. Stamtąd mieszanka była dowożona na miejsce wbudowania.

5.2.1. Odcinek Pasłęk–Morąg

Odcinek z nawierzchnią z mieszanki SMA 16 JENA wykonano w 2010 r. na drodze wojewódzkiej DW527. Między Pasłękiem a Morągiem wbudowano ok. 1 km warstwy o grubości 7 cm SMA 16 JENA z asfaltem drogowym 50/70. Na drodze występuje ruch kategorii KR3.

Zastosowana mieszanka SMA 16 JENA zastąpiła dwie warstwy betonu asfaltowego AC11S i AC16W. Zamiany dokonano w celu skrócenia czasu remontu drogi (remont konstrukcji drogi po przełomach wiosennych). Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością lepiszcza 5,2% (m/m) i zawartością 0,4% (m/m) włókien (stabilizatora) *VIATOP Premium*. Na fot. 5.1. przedstawiono ogólny widok warstwy po wykonaniu.

Fot. 5.1. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA na odcinku Pasłęk–Morąg (fot. I. Strugała)

5.2.2. Odcinek Orneta–Dobre Miasto

Odcinek z nawierzchnią z mieszanki SMA 16 JENA wykonano w 2010 r. na drodze wojewódzkiej DW507. Odcinek nawierzchni o długości ok. 1 km. Na drodze występuje ruch kategorii KR3.

Tak jak na odcinku Pasłęk – Morąg, zastosowana mieszanka SMA 16 JENA zastąpiła dwie warstwy betonu asfaltowego AC11S i AC16W. Tu również zamiany dokonano w celu skrócenia czasu remontu drogi (remont konstrukcji drogi po przełomach wiosennych). Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością asfaltu drogowego 50/70 w ilości 5,2% (m/m) i zawartością włókien (stabilizatora) 0,4% (m/m) *VIATOP Premium*. Na fot. 5.2. przedstawiono ogólny widok warstwy po wykonaniu.

Fot. 5.2. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA na odcinku Orneta–Dobre Miasto (fot. I. Strugała)

5.2.3. Odcinek w Pasłęku

Odcinek z nawierzchnią z mieszanki SMA 16 JENA wykonano w 2010 r. na ulicy osiedlowej w Pasłęku, w warstwie o grubości 4 cm. Na drodze występuje ruch kategorii KR2.

Zastosowano mieszankę SMA 16 z asfaltem drogowym 50/70 zamiast betonu asfaltowego AC11S (dla KR1-2), w celu zwiększenia odporności nawierzchni na deformacje plastyczne, mogące pojawić się podczas długotrwałego parkowania pojazdów.

Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością asfaltu w ilości 5,2% (m/m) i zawartością włókien 0,4% (m/m) *VIATOP Premium*. Na fot. 5.3. przedstawiono ogólny widok warstwy po wykonaniu.

Fot. 5.3. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA w mieście Pasłęk (fot. I. Strugała)

5.2.4. Odcinek Zalewo – Miłomłyn

Odcinek o długości 1 km z nawierzchnią z mieszanki SMA 16 JENA wykonano w 2010 r. na drodze powiatowej 1307N. Wbudowano warstwę o grubości 7 cm. Na drodze występuje ruch kategorii KR2.

Tak jak na pozostałych odcinkach, zastosowana mieszanka SMA 16 JENA zastąpiła dwie warstwy betonu asfaltowego AC11S i AC16W. Zamiany dokonano w celu skrócenia czasu remontu drogi (remont konstrukcji drogi po przełomach wiosennych). Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością asfaltu drogowego 50/70 w ilości 5,2% (m/m) i zawartością włókien 0,4% (m/m) *VIATOP Premium*. Na fot. 5.4. przedstawiono ogólny widok warstwy po wykonaniu.

Fot. 5.4. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA na odcinku Zalewo-Miłomłyn (fot. I. Strugała)

5.2.5. Odcinek w Helenowie

Odcinek z nawierzchnią z mieszanki SMA 16 JENA wykonano w 2013 r. na drodze powiatowej 1112N administrowanej przez ZDP w Elblągu. Odcinek nawierzchni o długości ok. 1 km i grubości warstwy 6 cm; ruch kategorii KR2.

Zastosowano mieszankę SMA 16 JENA z asfaltem PMB 45/80-55 zamiast dwóch warstw SMA 11 S i AC16W (dla KR2), w celu skrócenia czasu remontu drogi oraz zwiększenia wytrzymałości warstwy przy zginaniu układu warstw z uwagi na słabą nośność istniejącej drogi. Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością asfaltu modyfikowanego polimerami w ilości 5,3% (m/m) i zawartością włókien 0,4% (m/m) *VIATOP Premium*. Na fot. 5.5. przedstawiono ogólny widok warstwy po wykonaniu.

Fot. 5.5. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA w miejscowości Helenowo: a) warstwa podczas wbudowywania, b) tekstura gotowej SMA 16 JENA (fot. I. Strugała)

5.3. Odcinki wykonane w środkowej Polsce

Podobnie jak na północy Polski, w okolicach Warszawy serię odcinków z mieszanki SMA 16 JENA wykonała firma PPUH EFEKT z Warszawy. Orientacyjną lokalizację tych odcinków przedstawia mapa na rys. 5.2.

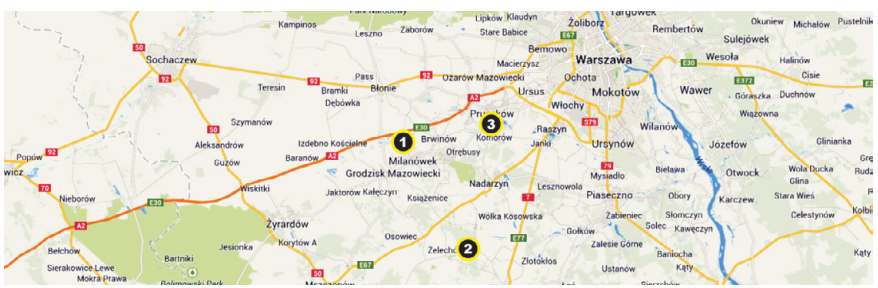
Mieszanka mineralno-asfaltowa SMA 16 50/70 KR3 wytwarzana była na Wytwórni Mas Bitumicznych i Betonowych w Pruszkowie. Badanie typu SMA 16 zostało opracowane w Laboratorium Mieszanek Mineralno-Asfaltowych w Pruszkowie.

Mieszanka zawierała 20% m/m granulatu asfaltowego przetworzonego z destruktu po frezowaniu ulic w Warszawie. W związku z tym, w laboratorium sprawdzono temperaturę mięknienia lepiszcza odzyskanego z granulatu asfaltowego, która wyniosła 54,8°C przy rozpiętości wyników 7,4°C. Przy założeniu temperatury mięknienia asfaltu drogowego 50/70 równej 50,0°C, wynikowa temperatura mięknienia PiK zmieszanych lepiszczy (starego z granulatu i nowego 50/70) wyniosła 50,8°C co mieściło się w przedziale normowym dla asfaltu 50/70 (46÷54°C).

Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzowała się zawartością asfaltu drogowego 50/70 w ilości 5,4% (m/m), w tym:

- zadozowanego asfaltu 50/70 (z 0,3% m/m środka adhezyjnego) 4,4% m/m,
- asfaltu z granulatu asfaltowego 1,0 % m/m

oraz zawartością włókien (stabilizatora): 0,4% (m/m) *VIATOP Premium*.



Rys. 5.2. Mapa z oznaczoną lokalizacją odcinków z SMA 16 JENA (wcześniej SMA 16 DTS) [do rys. wykorzystano dane mapy Google 2014]

5.3.1. Odcinek w Falęcinie

Odcinek wykonano na drodze powiatowej nr 1511W w miejscowości Falęcin, a zakres robót obejmował przebudowę nawierzchni drogi na odcinku o długości 580 m i szerokości 6,2 m (ze skrzyżowaniem z drogą gminną). Konstrukcję nawierzchni doprowadzono do parametrów odpowiednich dla ruchu KR3. Zamawiającym był Powiat Pruszkowski. Grubość warstwy z mieszanki SMA 16 JENA to 5 cm. Widok drogi po wbudowaniu SMA 16 JENA przedstawia fotografia na fot. 5.6.a, a po 4 miesiącach eksploatacji fot. 5.6.b.

Fot. 5.6. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA w miejscowości Falęcin: a) widok nawierzchni w listopadzie 2013 r., b) widok nawierzchni w maju 2014 r. (fot. A. Sadkowski)

5.3.2. Odcinek na ul. Krakowiany w Młochowie

Odcinek wykonano na drodze powiatowej nr 3103W ul. Krakowiany/Młochów w ramach przebudowy śliskiej nawierzchni drogi na odcinku o długości 900 m. Doprowadzono konstrukcję nawierzchni do parametrów odpowiednich dla ruchu KR3. Zamawiający: Powiat Pruszkowski. Grubość warstwy 5 cm. Widok drogi z SMA 16 JENA przedstawia fotografia 5.7.

Fot. 5.7. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA w miejscowości Krakowiany/Młochów (fot. A. Sadkowski)

5.3.3. Odcinek na ul. Brzozowej w Pruszkowie

Odcinek wykonano na drodze powiatowej nr 3115W w ciągu ul. Brzozowej w Pruszkowie/Nowej Wsi. Prace obejmowały przebudowę nawierzchni ulicy na odcinku długości 430 m. Po wykonaniu przebudowy konstrukcja nawierzchni odpowiadała wymaganiom dla ruchu KR3. Zamawiający: Powiat Pruszkowski. Grubość warstwy 5 cm. Widok ulicy z SMA 16 JENA przedstawia fotografia 5.8.

Jak widać na fot. 5.8. jednowarstwową nawierzchnię asfaltową SMA 16 JENA można wbudowywać w przekroju ulicznym, jednak w tym wypadku należy wykonać frezowanie na taką głębokość, aby zachować odpowiednie światło w istniejących krawężnikach. Należy także wykonać regulację studzienek w celu zapewnienia właściwego odwodnienia powierzchniowego na-

wierzchni. Natomiast w przekrojach zamiejskich wystarczy frezowanie korekcyjne, aby przy układaniu nakładki można było osiągnąć wymagane spadki poprzeczne w przekrojach daszkowych i jednospadkowych na łukach oraz aby także zapewnić powierzchniowe odwodnienie nawierzchni.

Fot. 5.8. Widok nawierzchni z SMA 16 JENA w Pruszkowie (ul. Brzozowa) (fot. A. Sadkowski)

5.4. Podsumowanie

Wykonane dotychczas odcinki nawierzchni z mieszanki SMA 16 JENA (oznaczane także jako SMA 16 DTS) spełniają swoją rolę. Jest więc szansa, że w przyszłości SMA 16 JENA stanie się często stosowaną technologią na drogach samorządowych. Ponieważ liczba wykonanych odcinków systematycznie wzrasta, a pierwsze z wykonanych prób mają już kilka lat, w niedługim czasie możliwa będzie nie tylko weryfikacja ich trwałości, ale także znaczące rozpowszechnienie tej technologii.

Rozdział 6. Przykłady z Niemiec

6.1. Opracowanie koncepcji DTS

Pracownicy administracji drogowej powiatu Ostalb (w Nadrenii Wirtembergii), razem ze specjalistami z dziedziny technologii drogowej oraz pracownikami firmy Rettenmaier, od początku 2008 r. prowadzili wspólne badania w dziedzinie dostosowania nawierzchni dróg samorządowych do potrzeb zwiększonych wymagań użytkowników.

W ramach pracy dokonano analizy dotychczasowych doświadczeń, omówiono zalety i wady dotąd stosowanych sposobów wykonania nawierzchni drogowych z klasycznym układem warstw asfaltowych. Stwierdzono, że mieszanki mineralno-asfaltowe o uziarnieniu nieciągłym, takie jak mieszanki mastyksowo grysowe (typu SMA) stanowią bardzo korzystne rozwiązania w odniesieniu do nawierzchni dróg będących w gestii samorządów. Zaproponowano zatem wykonywanie asfaltowej nawierzchni jednowarstwowej, którą można określić jako połączenie podbudowy i warstwy ścieralnej, a która jest zaprojektowana według zasady mieszanki mastyksowo grysowej typu SMA (omówiono w rozdziale 2.). Mieszanki oznaczono symbolem DTS.

Termin niemiecki „*Decktragschicht*" (skrót: DTS) został zastosowany z tego powodu, że w pierwszej kolejności nawierzchnia taka spełnia rolę warstwy górnej – ścieralnej, ale oprócz tego stanowi również warstwę podbudowy dla dróg o mniejszym obciążeniu ruchem tzn. spełnia wymagania niemieckich wytycznych ZTV-LW (Dodatkowe Wytyczne Techniczne dla Dróg Lokalnych).

Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej została przyjęta jak dla mieszanki mastyksowo grysowej, ze względu na możliwości wbudowywania warstw o istotnie zróżnicowanych grubościach oraz uzyskania większej odporności na destrukcyjne oddziaływanie czynników atmosferycznych.

Charakterystyczne cechy omawianej mieszanki mastyksowo grysowej przeznaczonej do wykonywania jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej, które przesądziły o rozpoczęciu stosowania SMA 16 DTS:

- wysoka stabilność i odporność na odkształcenia plastyczne i zużycie,
- niski koszt wykonania (ekonomiczność rozwiązania) w powiązaniu z wydłużoną żywotnością,
- specjalny skład mieszanki mineralnej, odmienny od dotychczas stosowanego betonu asfaltowego,
- łatwość wykonania takich fragmentów dróg jak: połączenia z istniejącymi nawierzchniami oraz przy krawędziach i przy elementach wyposażenia jezdni (studzienki, włazy itp.),
- możliwość zastosowania dotychczasowych rodzajów materiałów do wytwarzania mma (lepiszczy, wypełniaczy, włókien celulozowych),
- gruba otoczka lepiszcza na ziarnach kruszywa wynikająca z faktu użycia włókien (celulozowych) jako stabilizatora mastyksu,
- dobra szczelność warstwy,
- możliwość wykonywania warstwy o różnej grubości, a wybrany rodzaj mieszanki umożliwia wykonanie różnych grubości,
- możliwość uniknięcia frezowania, co jest szczególnie istotne w przypadku dróg samorządowych (miejskich i zamiejskich), gdzie często występują warstwy wykonane z lepiszczem smołowym.

6.2. Pierwszy zrealizowany projekt pilotażowy w Niemczech

Pierwszy zrealizowany tego rodzaju projekt został zlokalizowany na drodze powiatowej nr 3321 pomiędzy miejscowościami Rosenberg i Unterknausen na terenie Badenii Wirtembergii – w powiecie Ostalb. W czerwcu 2008 r. wykonany został z mieszanki mastyksowo grysowej SMA 16 odcinek jednowarstwowej nawierzchni o długości 1,5 km.

W przypadku omawianego zadania chodziło o wymagający pilnej naprawy odcinek drogi, wykazujący bardzo znaczne nierówności zarówno

w profilu podłużnym jak i poprzecznym, na którym jednak nie występowały problemy z brakiem nośności nawierzchni, odwodnieniem oraz uszkodzeniami wywołanymi oddziaływaniem mrozu. Nawierzchnia istniejąca wykazywała jednak znaczne odkształcenia oraz nieodpowiednią szorstkość. Widok nawierzchni przedstawiono na fot. 6.1.

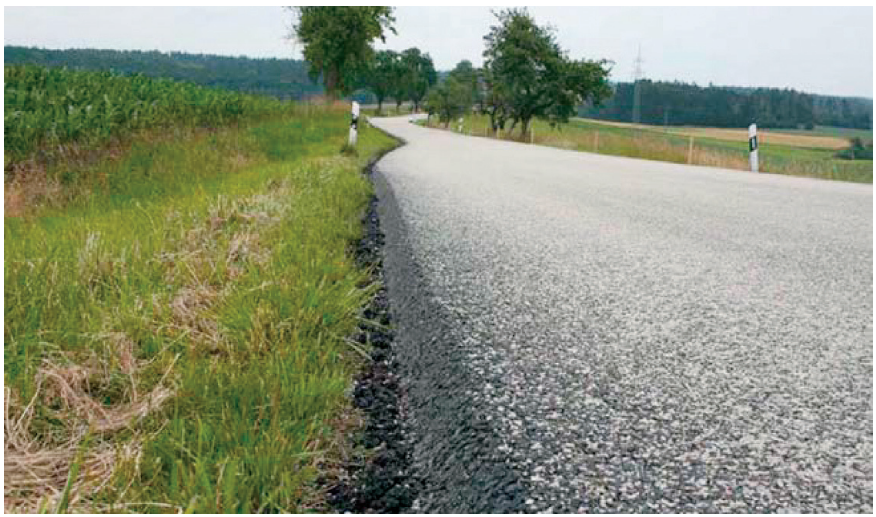
Fot. 6.1. Widok uszkodzeń nawierzchni istniejącej na odcinku Rosenberg–Unterknausen (fot. z archiwum firmy JRS)

Z uwagi na uszkodzone pobocza przy wykonywaniu prac remontowych w pierwszej kolejności dokonano wyrównania, z użyciem tradycyjnego betonu asfaltowego 0/11 mm, a w następnej kolejności ułożono warstwę ścieralną z zaprojektowanej mieszanki mastyksowo grysowej SMA 16. Wykonanie poprawy profilu nawierzchni poprzez frezowanie korekcyjne nie wchodziło w rachubę, ponieważ w istniejącej nawierzchni występowały warstwy z lepiszczem smołowym, które ze względu na wymogi dot. ochrony środowiska nie mogły być frezowane. Do uzyskania profilu w tym przy-

padku zastosowano warstwę wyrównawczą z betonu asfaltowego AC 11 wg wytycznych dotyczących mieszanek mineralno-asfaltowych (ZTV Asphalt StB-01). Dzięki temu uzyskano równocześnie poprawę profilu poprzecznego.

W dokumentacji przetargowej podane zostały następujące dane dotyczące remontu drogi:

- klasa obciążenia: III – IV (obciążenie zbliżone do KR3 w Polsce),
- rodzaj lepiszcza asfaltowego: asfalt drogowy 50/70,
- dodatek stabilizujący (stabilizator mastyksu): włókna celulozowe otoczone asfaltem, w postaci peletek,
- grubość wbudowanej warstwy: 5 cm,
- rodzaje kruszywa: mączka wapienna, żwir kruszony, grysy bazaltowe.



Fot. 6.2. Wykonana nawierzchnia jednowarstwowa (DTS) na odcinku Rosenberg–Unterknausen (fot. z archiwum firmy JRS)

W przypadku warstwy górnej, która została wykonana z mieszanki mastyksowo grysowej SMA 16 50/70 zastosowano wytyczne ZTV Asphalt StB 01. Wykaz ustalonych wymagań wobec mma i warstwy podano w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Wymagania niemieckie wobec mieszanki mastyksowo grysowej i wykonanej warstwy nawierzchni jednowarstwowej, na kontrakcie w powiecie Ostalb, odcinek Rosenberg–Unterknausen

Właściwości mma oraz jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej	**Jednostki**	**Wymagania wobec mma oraz jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej**
1.Uziarnienie mieszanki mineralnej, typ kruszywa		
Kruszywo		Grysy bazaltowe, żwir łamany, wypełniacz – mączka wapienna
Zawartość ziaren ≤ 0,09 mm	% m/m	7–10
Zawartość ziaren ≥ 2 mm	% m/m	71–73
Zawartość ziaren ≥ 5 mm	% m/m	59–61
Zawartość ziaren ≥ 8 mm	% m/m	47–49
Zawartość ziaren ≥11 mm	% m/m	32–34
Zawartość ziaren ≥16 mm	% m/m	≤ 5
Wskaźnik polerowalności: PSV	≥ 48	≥ 48
2. Asfalt		
Rodzaj asfaltu drogowego		50 / 70
Zawartość asfaltu	% m/m	≥ 5,2
3. Dodatek stabilizatora		
Rodzaj stabilizatora *VIATOP Premium*	% m/m	0,3 (włókna celulozowe otoczone asfaltem)
Zawartość w mma	% m/m	≥ 0,2
4. Mieszanka mastyksowo grysowa		
Zawartość wolnych przestrzeni	% v/v	3,0–3,5
Temperatura zagęszczania	°C	135 ± 5
Liczba uderzeń ubijaka	–	2 x 50 uderzeń
5. Wykonana warstwa		
Grubość warstwy	cm	4–8
Wskaźnik zagęszczenia	%	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni	% v/v	2,0–6,0
Rodzaj uszorstnienia nawierzchni		ok. 1,5 kg/m^2 grysu otoczonego asfaltem frakcji 2/5 mm

Na podstawie badań kwalifikacyjnych (badań typu), oraz badań kontrolnych wykonanych w trakcie wykonania odcinka omawianej warstwy wg ZTV Asphalt StB 01, ustalono następujące zawartości składników mineralnych i lepiszcza w mma (% m/m):

- wypełniacz: 8,9%
- piasek: 19,4%
- grysy: 71,7%,
- zawartość ziaren ≥ 11 mm: 33,4%,
- włókna celulozowe *VIATOP Premium* 0,3%
- lepiszcze – asfalt drogowy 50/70: 5,3%.

Realizacja odcinka nastąpiła w czerwcu 2008 r. i odbyła się bez większych komplikacji. Użyto standardowej rozkładarki mieszanek mineralno-asfaltowych, a nawierzchnię układano na pełną szerokość. Do zagęszczania warstwy zastosowano walec kombinowany o masie 8 ton. Jak wynika z badań, w wyniku pracy zespołu walców uzyskano odpowiednie zagęszczenie. Na fotografii 6.2. pokazano widok odcinka po wykonaniu, na fot. 6.3. pokazano wygląd odcinka po miesiącu od wykonania.

Fot. 6.3. DTS 0/16 na odcinku Rosenberg – Unterknausen – miesiąc po wykonaniu (fot. z archiwum firmy JRS)

Badania kontrolne wykonano na rdzeniach odwierconych z nawierzchni w trzech przekrojach zlokalizowanych w równych odstępach na całej długości odcinka. Każdorazowo pobierano 2 odwierty o średnicy 150 mm, które następnie poddano badaniom. W celu wykonania badań składu mieszanek mineralno-asfaltowych z każdego miejsca poboru sporządzono próbki łączne.

Uzyskane wyniki badań kontrolnych porównano z wynikami badań kwalifikacyjnych (badania typu). Wszystkie wyniki badań kontrolnych, dotyczące wykonanej nawierzchni jednowarstwowej, spełniały wymagania wytycznych. Również dotyczyło to wyników badań próbek z warstwy wyrównawczej.

Z uwagi na bardzo pozytywne rezultaty uzyskane przy wykonywaniu pierwszego odcinka w powiecie Ostalb, zrealizowany został w 2008 r. w tym powiecie drugi i trzeci odcinek. Wykonane w 2008 r. 3 odcinki na drogach powiatu Ostalb zostały bardzo wysoko ocenione przez specjalistów oraz władze drogowe tego powiatu.

6.3. Kolejne odcinki jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej w Niemczech

W latach 2010–2011 zostały zaprojektowane i zrealizowane kolejne odcinki, które zapoczątkowały wdrożenie opracowanej technologii do praktyki. Dziewięć z tych odcinków zostało wykonanych z mieszanki mastyksowo grysowej SMA 16 50/70 bez dodatku destruktu asfaltowego, a dwa z dodatkiem 20% m/m standaryzowanego destruktu o właściwościach zgodnych z EN 13108-8 oraz niemieckim dokumentem aplikacyjnym do tej normy (*Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt – M WA, FGSV, Ausgabe 2009*).

Wszystkie wykonane odcinki spełniły wymagania zawarte w tabeli 6.1., a przeprowadzone dodatkowe badania kontrolne cech eksploatacyjnych (równość i właściwości przeciwpoślizgowe) potwierdziły wysokie walory jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej z mieszanki mastyksowo grysowej SMA 16.

6.4. Podsumowanie doświadczeń niemieckich

Oczekiwania w stosunku do nowego rodzaju nawierzchni tzn. nawierzchni jednowarstwowej stanowiącej podbudowę i warstwę ścieralną z zaprojektowanej mieszanki mastyksowo grysowej zostały w pełni spełnione. Oprócz dobrych właściwości należy podkreślić szczególną łatwość układania i zagęszczalność wbudowywanej mieszanki. Wpływ niekorzystnych warunków pogodowych, wahania temperatury mieszanki oraz zmienne grubości wbudowywania oddziaływają w znacznie mniejszym stopniu na grube mieszanki mastyksowo grysowe (SMA 16 50/70) niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych mieszanek mineralno-asfaltowych z betonu asfaltowego. Zalety te doceniają firmy wykonawcze oraz nadzór inwestorski nad robotami drogowymi. W zróżnicowanych warunkach uzyskać można bardzo dobre rezultaty w zakresie podstawowych wskaźników ekonomicznych budowy: cena-wydajność.

Zastosowanie opisanego nowego rozwiązania umożliwia uzyskanie oszczędności w kosztach budowy rzędu 8-10% – w porównaniu do tradycyjnych konstrukcji. Oszczędności mogą wynikać również ze względu na zmniejszenie zakresu prac na remontowanym odcinku, ponieważ możliwe jest zrezygnowanie z wykonywania warstwy wyrównawczej oraz skropienia między warstwą wiążącą a ścieralną.

Zakończenie

Przedstawiona w Poradniku koncepcja mieszanki jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej z mieszanki SMA 16 JENA jest bardzo ciekawym i obiecującym rozwiązaniem technologicznym. Wykonane do tej pory odcinki w Niemczech i w Polsce wskazują, że może być ona optymalnym rozwiązaniem do zastosowania na drogach samorządowych o niższych kategoriach obciążenia ruchem.

Jedna z dróg w powiecie pruszkowskim zmodernizowana w 2013 r. w technologii SMA 16 JENA (fot. A. Sadkowski)

Bibliografia

Błażejowski K. SMA. Teoria i praktyka. Wydawca: Rettenmaier Polska, 2007

Graf K. Nawierzchnie asfaltowe na drogi samorządowe. Seminarium eSeMA 2012, Zakopane 2012

Nining S. DST – jednowarstwowe nawierzchnie asfaltowe do ekonomicznej budowy dróg samorządowych – Doświadczenia niemieckie. Seminarium eSeMA 2014, Zakopane 2014

Szymaniak K. Jednowarstwowa nawierzchnia dla dróg samorządowych. Polskie Drogi 5/2009

Szymaniak K. Jednowarstwowa nawierzchnia na drogach lokalnych. Materiały Budowlane 4/2014

Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt – M WA, FGSV, Ausgabe 2009 (Instrukcja ponownego zastosowania mieszanki mineralno-asfaltowej M WA, FGSV, wydanie 2009)

PN-EN 13108–5 Mieszanki mineralno-asfaltowe na gorąco. Wymagania – mieszanka mastyksowo-grysowa SMA

PN-EN 13108–8 Mieszanki mineralno-asfaltowe na gorąco. Wymagania – destrukt asfaltowy

WT-1 2010 Wymagania techniczne do kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych. GDDKiA 2010

ZTV Asphalt StB-01 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2001

Załączniki

Załącznik 1. Instrukcja badania ITSR (odporności na wodę i mróz)

Instrukcja ta została opracowana na podstawie norm:

- PN-EN 12697-12:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę
- AASHTO T283-89 „Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage" (procedura zamrażania)
- norm serii PN-EN 12697.

1. Zasada metody badawczej

Zestaw próbek dzieli się na dwie równe części i kondycjonuje. Połowę próbek przechowuje się w temperaturze pokojowej, bez dodatkowego kondycjonowania (tzw.„zestaw suchy"). Drugą połowę próbek (tzw.„zestaw mokry") kondycjonuje się w wodzie o temperaturze 40°C, a następnie zamraża i kondycjonuje w wodzie o temperaturze 25°C. Po kondycjonowaniu określana jest wytrzymałość na rozciąganie pośrednie wszystkich próbek zgodnie z normą PN-EN 12697-23. Następnie określa się wyrażony procentowo stosunek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie uzyskanych na próbkach z „zestawu mokrego" do wytrzymałości próbek z „zestawu suchego".

2. Sprzęt

Do przeprowadzenia badania wymagany jest odpowiedni sprzęt. Ilekroć podawana jest wymagana wartość wybranego parametru oraz tolerancja poprzedzona znakiem „±" zamierzeniem jest, aby nastawa na urządzeniu była równa wartości parametru, a tolerancja zachowywana przez automaty-

kę urządzenia (czyli jeśli podano temperaturę termostatowania 25±2°C, nastawiamy urządzenie na 25°C, a automatyka powinna zapewniać, że zmienność temperatury podczas pracy urządzenia będzie nie większa niż ±2°C). Zaleca się, aby temperatura termostatowania próbek w wodzie bądź powietrzu była monitorowana poprzez umieszczenie w komorze / łaźni dodatkowej próbki z umieszczonym w niej czujnikiem temperatury. Operator przed rozpoczęciem badania powinien sprawdzić, czy sprzęt laboratoryjny wykorzystywany przy badaniu zaopatrzony jest w aktualne świadectwa wzorcowania, ewentualnie sprawdzić go zgodnie z procedurą sprawdzania (gdy wzorcowanie nie jest możliwe). Do określenia odporności na działanie wody i mrozu wymagane są:

- prasa wytrzymałościowa typu Marshalla, zgodna z normą PN-EN 12697-34 i przystawka do badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (średnica próbek 100 mm lub 150 mm,
- aparatura próżniowa (pompa, ciśnieniomierz ciśnienia bezwzględnego, itp.), za pomocą której możliwe jest uzyskanie w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.), ciśnienia pozostałego (6,7±0,3) kPa w ciągu (10±1) minut i utrzymanie takiego ciśnienia w czasie (30±5) minut, zbiornik próżniowy (komora, suszarka próżniowa, itp.) z perforowaną półką umieszczoną na dnie zbiornika.
- łaźnia wodna z kontrolą termostatyczną, w której można utrzymać temperaturę kondycjonowania (25±2)°C i (40±1)°C w otoczeniu próbki. W przypadku łaźni Marshalla niewyposażonej w układ chłodzący wodę może być konieczne stosowanie dodatkowych zabiegów koniecznych do utrzymania temperatury wody w łaźni, np. umieszczanie lodu. Łaźnia powinna być wyposażona w perforowaną półkę umieszczoną na podkładkach na dnie łaźni, a pojemność łaźni powinna być taka, aby górne powierzchnie przechowywanych próbek znajdowały się co najmniej 20 mm poniżej poziomu wody. Opcjonalnie można użyć komory termoizolacyjnej z kontrolą termostatyczną, w której można utrzymać temperaturę (25±2)°C w otoczeniu próbki.
- komora chłodnicza, w której można utrzymać temperaturę(–18±3)°C,

- waga oraz inny sprzęt potrzebny do określenia gęstości objętościowej zgodnie z normą PN-EN 12697-6,
- suwmiarka lub inne urządzenie do określenia wymiarów próbki zgodnie z normą PN-EN 12697-29,
- woda destylowana,
- strzykawka z podziałką (lub inne urządzenie) umożliwiające dozowanie (10 ±1 ml) wody,
- torebki plastikowe dopasowane do wielkości pojedynczej próbki, folia typu „stretch".

3. Próbki do badań

Do określenia odporności na działanie wody i mrozu należy przygotować dziesięć próbek cylindrycznych. Próbki powinny być symetryczne i o równych bokach. Wysokość zagęszczonych próbek powinna wynosić(63,5±2,5) mm. Próbki powinny być o średnicy (101,6±0,1) mm lub (150±3) mm. Na cele badania typu, walidacji laboratoryjnej, próbki Marshalla powinny być przygotowane z mieszanki mineralno-asfaltowej wymieszanej ze składników w laboratorium wg normy PN-EN 12697-35.

W przypadku mieszanki mineralno-asfaltowej przygotowanej ze składników w laboratorium, należy ją poddać procesowi kondycjonowania w suszarce laboratoryjnej z zamkniętym obiegiem powietrza zgodnie z załącznikiem 3. Należy również zwrócić uwagę na metodę mieszania w przypadku, gdy próbki wykonywane są z kruszywa o uziarnieniu do 22,4 mm oraz do 31,5 mm. Aby zminimalizować różnice między gęstościami objętościowymi w serii próbek, można wykonać pojedyncze porcje mieszanki na pojedyncze próbki stosując mieszanie ręczne. W próbkach o średnicy (101,6±0,1) mm kruszywo w mieszance mineralno-asfaltowej nie powinno być większe niż 22,4 mm. W przypadku mieszanek o nominalnym wymiarze ziarna większym niż 22,4 mm ubijak Marshalla nie jest właściwym urządzeniem do zagęszczania próbek. W przypadku mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu do 31,5 mm prawidłową średnicą próbek jest

150 mm, a do wykonania tych próbek należy zastosować np. prasę żyratorową). Próbki walcowe powinny być wykonane w warunkach laboratoryjnych zgodnie z normą PN-EN 12697-30 (ubijak Marshalla) lub PN-EN 12697-31 (prasa żyratorowa).

Temperatura zagęszczania próbek zależy od zastosowanego lepiszcza asfaltowego. Należy przyjąć temperaturę zagęszczania zgodne z zapisami p. 2.6.2.

Gęstość objętościową odpowiadającą gęstości objętościowej uzyskiwanej w warunkach polowych można uzyskać stosując następujące poziomy energii zagęszczenia:

- zagęszczanie w prasie żyratorowej (PN-EN 12697-31): 40 obrotów,
- zagęszczanie przez ubijanie (PN-EN 12697-30): 2 x 35 uderzeń.

4. Procedura

Po wykonaniu próbek, należy określić wymiary i gęstość objętościową według PN-EN 12697-29 i PN-EN 12697-6. Zestaw próbek należy podzielić na dwie równe części: „zestaw mokry" i „zestaw suchy", o zbliżonych średnich wysokościach i gęstościach objętościowych. Różnica między średnimi wysokościami nie powinna być większa niż 5 mm. Różnica między średnimi gęstościami objętościowymi metodą B (ssd) i D (geom) nie powinna być większa niż 15 Mg/m^3. Próbki z zestawu suchego i mokrego dobrać tak, aby różnica średnich gęstości objętościowych tych zestawów była bliska zeru. Próbki należy przygotować w możliwie krótkim czasie, nie dłuższym niż jeden tydzień. Przed rozpoczęciem procedury kondycjonowania należy zapewnić co najmniej 16 godzinne pielęgnowanie próbek, polegające na przechowywaniu próbek z obu zestawów na płaskiej powierzchni w temperaturze pokojowej (20±5) °C.

Kondycjonowanie próbek z „zestawu suchego" polega na przechowaniu ich na płaskiej powierzchni w temperaturze pokojowej (20±5) °C. Kondycjonowanie próbek z „zestawu mokrego" rozpoczyna się od umieszczenia ich na perforowanej półce w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.) wypełnionym wodą destylowaną o temperaturze (20±5) °C. Górne powierzchnie próbek po zanurzeniu powinny znajdować się co najmniej

20 mm poniżej poziomu wody. Uruchomić aparaturę próżniową i uzyskać ciśnienie bezwzględne (6,7±0,3) kPa w ciągu (10±1) minut. Aby uniknąć uszkodzenia próbki, ciśnienie należy obniżać powoli i równomiernie. Utrzymywać zadane ciśnienie przez okres (30±5) minut, a następnie podwyższać powoli i równomiernie do poziomu ciśnienia atmosferycznego. Pozostawić próbki zanurzone w wodzie na kolejne (30±5) minut. Po wyjęciu z wody zmierzyć próbki zgodnie z normą PN-EN 12697-29 i obliczyć ich objętość.

Należy odrzucić próbki, które zwiększyły swoją objętość o więcej niż 2%. Określić stopień nasycenia próbek wodą według wzoru:

$$Nw = 100 \times \frac{B - A}{V \times (B - C)}$$

w którym:

Nw – stopień nasycenia próbki wodą, %
A – masa próbki suchej w powietrzu przed nasączaniem próżniowym, g
B – masa próbki po nasączaniu próżniowym w powietrzu, g (próbkę delikatnie osuszyć powierzchniowo tak, jak przy określaniu gęstości objętościowej metodą SSD)
C – masa próbki w wodzie po nasączaniu próżniowym, g
V – zawartość wolnej przestrzeni w próbce wyrażona liczbą dziesiętną

Zanotować stopień nasycenia próbek wodą. Odrzucić próbki, które mają stopień nasycenia powyżej 80%. Jeśli próbka uzyskała stopień nasycenia poniżej 55 %, powtórzyć procedurę nasycania.

Umieścić próbki z „zestawu mokrego" w łaźni wodnej o temperaturze (40±1) °C na okres od 68 do 72 godzin. Temperatura kondycjonowania próbek w wodzie powinna zostać obniżona do (30±1) °C, jeżeli zastosowano asfalt rodzaju 100/150 lub bardziej miękki zgodnie z normą PN-EN 12591.

Po wyjęciu z łaźni wodnej, unikając nadmiernego ociekania wody, próbki ściśle owinąć folią typu „*stretch*". Każdą owiniętą próbkę umieścić w torbie plastikowej zawierającej (10±1) ml wody (odmierzonej przy użyciu strzykawki lub innego urządzenia) i szczelnie zamknąć. Plastikowe torby z prób-

kami umieścić w komorze chłodniczej w temperaturze (–18±3) °C i przechowywać przez minimum 16 godzin, licząc czas od momentu, gdy zamrażarka z próbkami osiągnie tą temperaturę. Po wyjęciu próbek z zamrażarki umieścić je w łaźni z wodą o temperaturze (25±2) °C. Wkrótce po umieszczeniu próbek w łaźni wodnej i rozmrożeniu opakowania, wyjąć je z plastikowej torebki i zdjąć z nich folię typu „*stretch*" najszybciej, jak to jest możliwe i ponownie umieścić w łaźni wodnej. Próbki przechowywać w łaźni wodnej przez (24±1) h, licząc od momentu pierwszego włożenia do łaźni po przechowywaniu w komorze chłodniczej.

Doprowadzić oba zestawy próbek do temperatury badania (25±2) °C.

Próbki z „zestawu suchego" termostatować w warunkach powietrzno-suchych:

- w łaźni wodnej, ale izolowane od wody torebką z cienkiej wytrzymałej folii,
- lub w komorze powietrznej,
- nie dopuszcza się termostatowania próbek z zestawu suchego w warunkach wysokiej wilgotności, np. w łaźni wodnej ponad powierzchnią wody,
- zakładana temperatura badania wynosi 25°C i nie dopuszcza się termostatowania próbek z zestawu suchego w innej temperaturze np. pokojowej.

Próbki z „zestawu mokrego" termostatować w łaźni wodnej lub torebkach z wodą w komorze powietrznej przez co najmniej kolejne 4 godziny. W przypadku korzystania z komory powietrznej i łaźni wodnej należy razem z próbkami umieścić dodatkową próbkę z wprowadzonym w nią czujnikiem temperatury. Osuszyć mokre próbki ręcznikiem i określić wytrzymałość próbek na rozciąganie pośrednie według PN-EN 12697-23. Badanie powinno być przeprowadzone w ciągu 1 minuty od wyjęcia próbki z wody.

Obliczenia: Obliczyć wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie ITSR według poniższego wzoru:

$$\mathrm{ITSR} = 100 \times \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

w którym:

- ITSR wskaźnik wytrzymałości próbki na rozciąganie pośrednie, w pełnych procentach (%)
- ITS_w średnia wytrzymałość oznaczona dla grupy próbek mokrych, zaokrąglona do liczby całkowitej, wyrażona w (kPa)

$$ITS_w = \frac{2P_w}{\pi \times D \times H}$$

- ITS_d średnia wytrzymałość wyznaczona dla grupy próbek suchych, zaokrąglona do liczby całkowitej, wyrażona w (kPa)

$$ITS_d = \frac{2P_d}{\pi \times D \times H}$$

w których:

- P_w, P_d – maksymalna wartość siły ściskającej, w kN
- D – średnica próbki w zaokrągleniu do 0,1 mm
- H – wysokość próbki w zaokrągleniu do 0,1 mm

5. Ocena wyników badań

Zaakceptować uzyskane wartości jeśli różnica wytrzymałości na rozciąganie pośrednie pojedynczych próbek (wyniki częściowe) nie różni się więcej niż o 17% wartości średniej.

Jeśli wyniki różnią się więcej niż o 17% wartości średniej, zbadać dwie dodatkowe próbki. Obliczyć odchylenie standardowe z wszystkich wyników. Odrzucić skrajne dane, zdefiniowane jako pojedyncze wyniki powodujące, że odchylenie standardowe jest większe niż 10% średniej z wszystkich wyników.

Załącznik 2. Instrukcja oznaczania zawartości słabych ziaren węglanowych w kruszywie grubym

Procedura oznaczenia zawartości słabych ziaren węglanowych w kruszywie grubym polodowcowym.

Procedura polega na oznaczeniu zawartości procentowej (procent masy) w kruszywie grubym (>2 mm) węglanów wapnia i węglanów magnezu. Kruszywa polodowcowe zawierające węglany wapnia i magnezu charakteryzują się słabymi cechami mechanicznymi, co sprawia, że nie są przydatne do stosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych. W wyniku niszczenia, spowodowanego oddziaływaniem ruchu, wody i mrozu, spękane ziarna wypadają z powierzchni warstwy ścieralnej, co skutkuje jej osłabieniem oraz utratą szczelności.

1. Zasada metody

Zasada oznaczenia zawartości węglanów wapnia i magnezu w kruszywie, polega na przeprowadzeniu tych związków, w związki rozpuszczalne w wodzie. Rozpuszczalnymi związkami w wodzie są np. chlorki wapnia i magnezu.

W metodzie stosowany jest kwas solny (HCl), który bardzo łatwo wypiera z węglanów dwutlenek węgla i w wyniku reakcji powstają chlorki wapnia i magnezu rozpuszczalne w wodzie.

Uwaga: *W związku z tym, że podczas wykonywania badania stosowany jest 10% roztwór kwasu solnego (HCl), w laboratorium należy stosować odpowiednie wyposażenie ochronne (okulary, rękawiczki, praca pod wyciągiem)!*

2. Sprzęt

Do przeprowadzenia badania wymagany jest odpowiedni sprzęt. Do określenia zawartości węglanów w kruszywie grubym wymagane są:

- waga o dokładności 0,1 g i zakresie pomiarowym do 1000 g,
- kwas solny 10%,

- zestaw papierków lakmusowych do oznaczania pH wody,
- zlewka szklana 1000 ml,
- bagietka szklana,
- suszarka laboratoryjna, w której można utrzymać temperaturę 105–110°C.

3. Próbki do badań

Przygotowanie próbki:

- z mieszanki mineralnej, w skład której wchodzi kruszywo pochodzenia polodowcowego, przeznaczonej do wytwarzania SMA 16 JENA, należy wysiać na mokro kruszywo grube (pow. 2 mm) i pobrać z niego reprezentatywną próbkę o masie ok. 100 g,
- kruszywo wysuszyć w temp. 105–110°C do stałej masy,
- próbkę odstawić i ostudzić do temperatury ok. 20°C.

4. Procedura

Sposób postępowania:

- zważyć wysuszoną próbkę z dokładnością do 0,1 g (wynik oznaczyć jako m_1),
- kruszywo umieścić w zlewce o pojemności ok. 1 litra,
- zalać kruszywo 10% roztworem kwasu solnego (HCl) o objętości ok. 300–400 ml (wykonywać czynność bardzo ostrożnie wlewając małymi porcjami roztwór kwasu do zlewki z kruszywem), w wyniku reakcji wydziela się dwutlenek węgla oraz woda i powstają sole kwasu solnego,
- pozostawić naczynie z kruszywem zalanym kwasem na 120 minut, następnie zamieszać kruszywo szklaną bagietką i sprawdzić wizualnie czy widoczna jest reakcja kruszywa z kwasem (wydzielanie gazu, burzenie):
  - jeśli widoczne jest wydzielanie gazu – należy pozostawić kruszywo w kwasie na następne 60 minut i po upływie tego czasu powtórzyć kontrolę wizualną,

- jeśli nie stwierdzono wydzielania gazu – oznacza to, że reakcje zostały zakończone i można delikatnie wylać ze zlewki pozostałą ciecz i poddać ją utylizacji,

- przepłukać pozostałe kruszywo w zlewce wodą (wykonać bardzo ostrożnie przy odpowiednim zabezpieczeniu!),
- czynność płukania powtórzyć kilkukrotnie, aż do momentu, gdy wartość pH wody po płukaniu kruszywa, oznaczona papierkiem lakmusowym, będzie wynosić około 7 (zależy od składu pozostałego kruszywa i rodzaju użytej do płukania wody – destylowana, lub dejonizowana albo demineralizowana, ew. wodociągowa),
- kruszywo po płukaniu wysuszyć w temp. 105–110°C do stałej masy,
- zważyć wysuszone kruszywo z dokładnością do 0,1 g (wynik oznaczyć jako m_2),
- oznaczyć zawartość słabych ziaren węglanowych w kruszywie (*Zw*), w % masy, w badanym kruszywie grubym, przeznaczonym do wytworzenia mieszanki SMA 16 JENA, stosując równanie:

$$Z_w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

w którym:

m_1 – masa początkowa próbki kruszywa wysuszonego do stałej masy [g],

m_2 – masa próbki kruszywa po reakcji z kwasem solnym, wysuszonego do stałej masy [g].

5. Ocena wyników

Kruszywo grube polodowcowe jest przydatne do zastosowania w SMA 16 JENA jeśli spełnia wymagania tabeli 2.1, p.1.

Załącznik 3. Procedura kondycjonowania krótkoterminowego próbek mieszanek mineralno-asfaltowych

1. Zakres stosowania

Procedura opisuje tryb postępowania przy krótkoterminowym kondycjonowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych przed formowaniem próbek do badań funkcjonalnych i powiązanych funkcjonalnie. Należy ja stosować wyłącznie do mieszanek mineralno-asfaltowych wyprodukowanych w laboratorium (walidacja laboratoryjna).

2. Zasada metody

Krótkoterminowe kondycjonowanie próbek jest procedurą laboratoryjną stosowaną do odzwierciedlenia efektu starzenia technologicznego oraz absorbcji asfaltu przez kruszywo.

3. Aparatura

3.1. Suszarka laboratoryjna.
3.2. Taca metalowa.
3.3. Metalowa szpachelka lub inne narzędzie do mieszania.

4. Procedura badawcza

4.1. Gorącą mieszankę mineralno-asfaltową, wyprodukowaną w laboratorium w celu wykonania z niej próbek do badania ITSR lub do badania odporności mma na koleinowanie, należy umieścić w metalowej tacy i rozłożyć w warstwie o grubości 25–50 mm.
4.2. Umieścić tace w suszarce temperaturę której wewnętrzna temperatura wynosi (135 ±5)°C na okres 2 godz. ±5 min.
4.3. Przemieszać mieszankę co (60 ±5) min. w celu zachowania jednorodnych warunków starzenia.

4.4. Po okresie 2 godzin podnieść temperaturę suszarki do temperatury zagęszczania i utrzymywać mieszankę mineralno-asfaltową w tej temperaturze przez okres 1 godz. ± 5 min.

Uwaga: Bezpośrednio po podgrzaniu mma do temperatury zagęszczania, wg. p. 4.4., należy przystąpić do wykonania próbek laboratoryjnych do odpowiednich badań funkcjonalnych i powiązanych funkcjonalnie

5. Inne informacje

Procedurę opracowano na podstawie projektu WT-2 2014 z kwietnia 2014 r.

6. Dokumenty związane

AASHTO R30 – Standard Practice For MixtureConditioning Of Hot Mix Asphalt.

Załącznik 4. Wzorcowa Specyfikacja Techniczna mieszanki SMA 16 JENA

Treść załącznika znajduje się w pliku pdf na dołączonym dysku CD.

Załącznik 5. Lista kontrolna, do sprawdzania systemu dozowania stabilizatora mastyksu w postaci granulatu, na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych (WMA)

1. Sprawdzić stan systemu dozowania – rurociąg, połączenia pomiędzy rurami, kolanka, zbiornik na Big-Bag; sprawdzić także, czy w najniższym miejscu instalacji nie gromadzi się woda (!!!)
2. Sprawdzić działanie i kierunek obrotów dozownika celkowego
3. Sprawdzić stan wagi granulatu oraz czujniki siły i łożyska elastomerowe
4. Sprawdzić i ewentualnie ponownie przeprowadzić kalibrację wagi granulatu

W przypadku wątpliwości:

5. Sprawdzić wagowo ilość dozowanego stabilizatora, na „ślepym" zarobie, przed wsypaniem stabilizatora do mieszalnika
6. Każdorazowo, po zakończeniu produkcji, zaleca się opróżnienie rurociągu
7. Przed każdą dłuższą przerwą w produkcji mma zaleca się opróżnienie całej instalacji dozującej stabilizator.