

# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych

Nr 1/2014<sup>(37)</sup>

ISSN 1734-1434

## Renesans asfaltu lanego w Polsce?

Pierwsze doświadczenia z niekonwencjonalnego projektu przy realizacji nawierzchni mostowych w Toruniu

## Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa dla dróg lokalnych

Niemiecka technologia na polskich drogach

## Granulat asfaltowy – czy jesteśmy przygotowani do jego powszechnego użycia?

Uwarunkowania krajowe i doświadczenia zagraniczne

PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych



# Spis treści Nawierzchnie Asfaltowe nr 1/2014<sup>(37)</sup>

- 4** ..... **Renesans asfaltu lanego w Polsce?**  
Pierwsze doświadczenia z niekonwencjonalnego projektu przy realizacji nawierzchni mostowych w Toruniu  
Dr inż. Igor Ruttmar, mgr inż. Marcin Hering
- 12** ..... **Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa dla dróg lokalnych**  
Dr inż. Igor RUTTMAR, mgr inż. Piotr KOZLAREK
- 16** ..... **Granulat asfaltowy – czy jesteśmy przygotowani do jego powszechnego użycia?**  
Wacław Michalski, Marek Danowski

## XXX Seminarium Techniczne PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych  
zaprasza na

### XXX Seminarium Techniczne

organizowane w dniach 31 marca–2 kwietnia br.  
w Hotelu Boss w Warszawie

pod hasłem:

**„Po prostu jakość”.**

Honorowy patronat nad seminarium objęła  
Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad.

### Misja Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

„Efektywne wspieranie wszelkich działań służących rozwojowi  
branży drogownictwa w Polsce, a w szczególności propagowanie  
nowoczesnych technologii, racjonalizacja przepisów prawnych  
i wytycznych technicznych, działalność edukacyjna i informacyjna”.

Czasopismo wspierane finansowo przez:



## NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik

Polskiego Stowarzyszenia  
Wykonawców Nawierzchni  
Asfaltowych

## ASPHALT PAVEMENTS

Quarterly

of the Polish Asphalt  
Pavements Association

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
działa od 1999 r.,  
a od 2000 r.

jest członkiem EAPA  
(Europejskiego Stowarzyszenia  
Nawierzchni Asfaltowych).



Celem PSWNA jest promowanie nawierzchni asfaltowych, rozwój technologii nawierzchni podatnych, a także transfer wiedzy i informacji w środowisku drogowym w Polsce. Stowarzyszenie zrzesza osoby prawne i fizyczne zainteresowane rozwojem nawierzchni asfaltowych w Polsce.

### WYDAWCA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych

#### Skład zarządu

Andrzej Wyszyński, prezes  
Adam Wojczuk, wiceprezes  
Tomasz Przeradzki, sekretarz  
Zbigniew Brzeziński, skarbnik  
Waldemar Merski, członek zarządu  
Igor Ruttmar, członek zarządu  
Zbigniew Krupa, pełnomocnik zarządu

### REDAKCJA

Anna Krawczyk, redaktor naczelna  
Anna Kryszczuk, adiustacja i korekta

### DTP

Tadeusz Krupa

Zdjęcie na okładce  
Most im. generała Elżbiety Zawackiej  
w Toruniu  
FOT. Marcin Łaukajtyś

Biuro zarządu, adres redakcji  
Jolanta Szulhaniuk  
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
ul. Trojańska 7, 02-261 Warszawa,  
tel./fax: + 48 22 57 44 374  
tel. + 48 22 57 44 352  
e-mail: biuro@pswna.pl  
www.pswna.pl

ISSN 1734-1434



FOT. PSWNA

Korzystanie z dobrych doświadczeń nie jest niczym odkrywczym, ale jak o każdej oczywistości, często o nim zapominamy. Postanowiliśmy więc zarówno w pierwszym tegorocznym wydaniu naszego Kwartalnika, jak i na jubileuszowym XXX Seminarium Technicznym zorganizowanym przez nasze Stowarzyszenie, wskazać kilka z nich.

Pamiętamy początek lat 90. ubiegłego stulecia i pierwszy rządowy projekt budowy autostrady A4 w okolicach Wrocławia. Brało w nim udział wiele firm zagranicznych. W szczytowym momencie budowy autostrady pracowało na niej kilka tysięcy osób. Jednak udało się pogodzić pracę wykonawców, nadzoru i inwestora.

Do udziału w seminarium zaprosiliśmy Eugeniusza Mroza prowadzącego Biuro Budowy Autostrady z ramienia zamawiającego. Opowie on o warunkach i organizacji budowy. Prof. Antoni Szydło z Politechniki Wrocławskiej przedstawi konstrukcję nawierzchni, a Ewa Wilk podzieli się doświadczeniem z punktu widzenia nadzoru Atkins-Scetaroute. Zagadnienia technologiczne przybliżą dr inż. Igor Ruttmar i Sebastian Witczak.

A co na dziś? Przewidzieliśmy dla Państwa specjalny blok Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Au-

tostrad. W swoich wystąpieniach dr Tomasz Rudnicki, zastępca Generalnego Dyrektora i Wacław Michalski, Dyrektor Departamentu Technologii GDDKiA omówią dokumentację techniczną, m.in. gwarancję, a także model „optymalizuj i buduj”.

„Specyfika pracy nawierzchni na moście jest inna niż w korpusie drogowym. Dlatego należy inaczej również podchodzić do projektowania nawierzchni i jej zespolenia z obiektem mostowym” – przekonują autorzy artykułu „Renesans asfaltu lanego w Polsce?”, w którym opisują doświadczenia z niekonwencjonalnego projektu przy realizacji nawierzchni mostowych w Toruniu. O tym, że można budować tanio i solidnie, przekonujemy się, czytając artykuł „Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa dla dróg lokalnych”. Sieć ta jest niezwykle ważna dla krajowej sieci transportowej, gdyż obejmuje aż 95% dróg. I na koniec powracamy do tematu poruszanego podczas jesiennego seminarium – wykorzystania granulatu asfaltowego w nawierzchniach drogowych. Krajowe uwarunkowania i doświadczenia zagraniczne przedstawiają Wacław Michalski i Marek Danowski z GDDKiA.

Z życzeniami miłej lektury  
Andrzej Wyszyński

# Renesans asfaltu lanego w Polsce?

Pierwsze doświadczenia z niekonwencjonalnego projektu przy realizacji nawierzchni mostowych w Toruniu.



Układanie warstwy ścieralnej z asfaltu lanego w Toruniu

„Nawierzchnia na obiektach mostowych – ciągłe braki ideału” – pod takim hasłem odbyły się ostatnie Techniczne Dni Drogowe, na których zaprezentowano trudności, z którymi nadal się spotykamy przy projektowaniu, realizacji i eksploatacji nawierzchni mostowych. Nawierzchnie, to często pierwszy element obiektu, która zaczyna się psuć. Ich remonty na mostach powodują zawsze poważne utrudnienia w ruchu i generują ogromne koszty społeczne. Mosty projektowane są na znacznie dłuższy okres eksploatacji niż nawierzchnie. Specyfika pracy nawierzchni na moście jest inna niż w korpusie drogowym. Dlatego należy inaczej podchodzić do jej projektowania, zwracając szczególną uwagę na trwałe zespolenie z obiektem mostowym.

Właściwości reologiczne asfaltów odgrywają przy nawierzchniach mostowych kluczo-

wą rolę. Uzależnione są one od sposobu produkcji oraz źródła pochodzenia. Na przełomie ostatnich kilkudziesięciu lat asfalty produkowane przemysłowo uległy zmianom. Stosowanie nowoczesnych dodatków w celu poprawy wybranych właściwości ma coraz większe znaczenie. Technologia wytwarzania i układania asfaltu lanego również wciąż jest udoskonalana.

Artykuł przedstawia niekonwencjonalne zastosowanie technologii nowoczesnego asfaltu lanego do nawierzchni na nowych obiektach przy budowie mostu drogowego im. gen. Elżbiety Zawackiej w Toruniu. Nawierzchnię wykonano z dwóch warstw asfaltu lanego: 5-centymetrowej warstwy ochronnej MA 16 oraz 4-centymetrowej warstwy ścieralnej MA 11, przy zastosowaniu specjalnego asfaltu modyfi-

kowanego polimerami, na płycie pomostowej zabezpieczonej izolacją natryskową z tworzywa sztucznego PMMA. Zastosowano po raz pierwszy unikalną technologię układania asfaltu lanego rozkładarką poruszającą się na wyprofilowanym torowisku, w celu osiągnięcia maksymalnej możliwej równości. Nawierzchnię układano na całej szerokości jezdni wraz z przeciwnadkierunkowym krawężnikiem bez konieczności wykonania technologicznych szwów podłużnych, aby wyeliminować potencjalne miejsca powstawania przedwczesnych uszkodzeń. Mimo stosunkowo krótkiego okresu użytkowania technologia wzbudziła ogromne zainteresowanie środowiska, i mówi się już często o tzw. toruńskim asfalcie lanym. Wykorzystano najnowszą technologię układania oraz wieloletnie doświadczenia ze Szwajcarii i Niemiec.



FOT. TPA, PRÓBKA: AESCHLMANN ASPHALT ENGINEERING

Fot. 1. Poglądowy przekrój nowoczesnej systemowej nawierzchni mostowej z dwuwarstwowym układem konstrukcji z asfaltu lanego wraz z izolacją natryskową z PMMA na płycie stalowej

## Asfalt lany sprawdzony przez wieki

Asfalt lany, nazywany przez niektórych potocznie „twardo-lanym”, jest jedną z najstarszych technologii asfaltowych. Pierwsze jej zastosowania w Europie odnotowane są już w roku 1890. Obecnie krajami z największą produkcją asfaltu lanego są Niemcy i Francja. Główny obszar zastosowania to: nawierzchnie mostowe, tunele, autostradowe, parkingi, podłogi przemysłowe i chodniki. Technologia asfaltu lanego doznała największego rozkwitu w latach 70. Można stwierdzić, że w tamtych czasach dopracowana została niemal do perfekcji. Prawie wyeliminowano dwie podstawowe obawy przed zastosowaniem tej technologii, tj. odkształcenia trwałe wynikające ze wzrostu ruchu ciężkiego przy wysokich temperaturach oraz spękania niskotemperaturowe spowodowane większą „kruchością” ze względu na stosowane asfalty. Niemniej jednak, prawdopodobnie ze względu na większe koszty początkowe, metoda ta w zastosowaniu do warstw ścieralnych została prawie zupełnie wyparta poprzez popularniejsze technologie, takie jak mieszanki typu SMA.

Do dziś istnieją jednak w Europie odcinki nawierzchni autostrad, mostów, tuneli z warstwą ścieralną wykonane w tej technologii, które nawet po 30 latach eksploatacji przy wysokim obciążeniu ruchem i przy różnych warunkach klimatycznych, nie wykazują żadnych widocznych uszkodzeń w postaci odkształceń trwałych (kolein) czy spękań.

Zastosowanie asfaltu lanego w Polsce było ograniczone właściwie tylko do warstw ochronnych izolacji mostowych tworząc dodatkowe wodoszczelne zabezpieczenie izolacji oraz chroniąc ją przed uszkodzeniami. Dotychczas większość izolacji mostowych wykonywano z pap termozgrzewalnych. Doświadczenia praktyczne pokazują jak wiele problemów niesie ze sobą ta technologia – przyczepność do podłoża, zwiększone ryzyko powstawania pęcherzy, pogrubienie warstwy izolacji w miejscu zakładek powodujące brak szczepności, trudności wykonania (szczelność) przy wpustach. Zastosowanie asfaltów lanych do warstw ścieralnych, pomimo podjętych kilku prób, jest nadal znikome.

## Założenia projektowe i wymagania dla nawierzchni mostowej

Realizacja projektu „Budowa mostu drogowego wraz z dojazdami łączącymi drogę krajową nr 1 z drogą krajową nr 15 i nr 80” rozpoczęła się w 2010 r. Ten niekonwencjonalny projekt wykonano na zlecenie MZD w Toruniu, autorem było konsorcjum firm ARCADIS, PONT-PROJEKT (część mostowa) oraz KONTRAKT (część drogową) nadzorowane przez biuro Inżyniera Projektu firmy DHV, natomiast wykonawstwem podjęło się konsorcjum firm koncernu STRABAG. Wykonawstwem nawierzchni z asfaltu lanego podzleczone zostało oddziałowi budownictwa specjalnego firmy KIRCHNER, wchodzącego

w skład grupy STRABAG. Główny most przez Wisłę zaprojektowany został jako most stalowy o dwóch przęsłach łukowych, z pomostem stalowym z płytą ortotropową, podwieszonym do łuków za pomocą rurowych wieszaków. Pozostałe obiekty w ramach kontraktu zaprojektowane zostały jako konstrukcje zespolone z pomostem betonowym.

Zgodnie z wymaganiami kontraktowymi zaprojektowana została tzw. nawierzchnia systemowa. Składa się ona z izolacji natryskowej wykonanej z polimetakrylenu metylu PMMA, warstwy ochronno-wiążącej oraz warstwy ścieralnej z asfaltu lanego. Rozwiązanie to powinno zapewnić 40-letni okres trwałości eksploatacyjnej, przy uwzględnieniu jedynie okresowej wymiany warstwy ścieralnej po 20 latach.

Nawierzchnia mostowa z asfaltu lanego spełniająca powyższe założenia projektowe powinna po 5-letniej eksploatacji (gwarancji) spełniać dodatkowe wymagania, takie jak minimalne połączenie międzywarstwowe, określane metodą wytrzymałości na odrywanie „pull-off” ( $\geq 0,6 \text{ N/mm}^2$ ) oraz odpowiednią penetrację (twardość) asfaltu lanego. W zakresie użytego asfaltu modyfikowanego polimerami należało zapewnić minimalny nawrót sprężysty lepiscza ( $\geq 40\%$ ) oraz zachować wartość temperatury mięknięcia w określonym przedziale (68–80°C). Przy koncepcji wymagań dotyczących asfaltu lanego zostały wykorzystane długoletnie praktyczne doświadczenia ze Szwajcarii i Niemiec.

Tak sprecyzowane wymagania postawiły laboratorium wykonawcy przed trudnym i niekonwencjonalnym zadaniem. Najważniejszym zadaniem było zatem odpowiednie zaprojektowanie składu asfaltu lanego przy użyciu asfaltu z określonymi specjalnymi wymaganiami, tak by mieszanka w okresie gwarancji (względnie użytkowania), charakteryzowała się wymaganą sztywnością, a jednocześnie elastycznością, aby zapewnić trwałe połączenie i współpracę nawierzchni z konstrukcją płyty pomostowej. Wykonawca wykonał w tym celu cały szereg badań zarobów próbnych na wytwórni i doświadczeń praktycznych symulujących re-



alne warunki starzenia technologicznego i eksploatacyjnego. Wyniki tych doświadczeń doprowadziły do opracowania odpowiedniego składu różnych mieszanek asfaltu lanego w zależności od zastosowania do konkretnej warstwy (warstwa ochronna lub ścieralna, wyrównanie) na konkretnym podłożu (betonowe, stalowe). Określono zaostrzone wymagania do producenta asfaltu modyfikowanego, aby zapewnić wymagane właściwości eksploatacyjne mieszanek. Wyniki i wnioski zostaną przedstawione w kolejnych publikacjach.

Asfalt lany (z ang. Mastic Asphalt – MA) jest mieszanką, która dzięki dużej ilości asfaltu, wypełniacza (tzw. mastyksu asfaltowego) oraz zamkniętej strukturze jest szczelna i trwała, dzięki czemu ma wśród wszystkich technologii asfaltowych najlepsze predyspozycje do spełniania wysokich wymagań funkcjonalnych. Konstrukcje nawierzchni mostowych z zastosowaniem odpowiednio zaprojektowanych asfaltów lanych (MA) do warstwy ochronnej i ścieralnej są wysokoodporne na naprężenia rozciągające i ściskające, występujące zarówno na spodzie, jak i górze warstw asfaltowych nawierzchni. Przekłada się to również na zwiększoną odporność warstw z MA na oddziaływania termiczne w niskich oraz wysokich temperaturach.

W celu weryfikacji właściwości funkcjonalnych mieszanki asfaltu lanego (zgodnie z wymaganiami kontraktu) zostały poddane szeregowi dodatkowych badań przeprowadzonych na Politechnice Wrocławskiej, które wykraczały poza standardowe wymagania specyfikacji technicznych. Przeprowadzono badania dodatkowe w różnych warunkach, w zakresie temperatur od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+55^{\circ}\text{C}$ . Wykonano również badanie wytrzymałości na odrywanie metodą „pull-off” oraz badanie ścinania metodą Leutnera na połączeniu pomiędzy poszczególnymi warstwami. Przeprowadzono też badania odporności niskotemperaturowej metodą TSRST oraz zespolonego modułu sztywności i trwałości zmęczeniową metodą 4PB. Dodatkowo wykonano modelową analizę obliczeniową dotyczącą współpracy warstw z asfaltu lanego z układem konstrukcji pomostu betono-



Fot. 2. Stempel do badania penetracji dynamicznej asfaltu lanego na próbkach o średnicy 150 mm przy temperaturze  $+50^{\circ}\text{C}$  zgodnie z TP Asphalt St-B 07 Teil 25A

FOT. TPA PRUSZKÓW

wego oraz stalowego ortotropowego dla mostu łukowego przez Wisłę.

### Warstwy konstrukcji nawierzchni i wymagania dla asfaltu lanego

Zaprojektowany i wykonany na obiektach mostowych w Toruniu układ warstw konstrukcyjnych nawierzchni mostowej wraz z izolacją, na przykładzie płyty stalowej, przedstawia fot. 1. Konstrukcja nawierzchni oraz izolacja na obiektach z pomostem betonowym była identyczna.

Warstwę ścieralną o grubości 4 cm wykonano z asfaltu lanego o uziarnieniu do 11 mm (MA 11). Warstwę ochronną (nazywaną w projekcie również wiążącą) o grubości 5 cm wykonano z asfaltu lanego o uziarnieniu do 16 mm (MA 16). Warstwa ścieralna układana na przeciwnym kierunku charakteryzowała się zmienną grubością, średnio 6 cm.

Ze względów technologicznych dla projektowanej grubości warstwy ochronnej 5 cm zastosowano po raz pierwszy w Polsce niestandardową mieszankę asfaltu lanego o uziarnieniu do 16 mm (MA 16), na bazie doświadczeń ze Szwajcarii, zapewniając w ten sposób zwiększoną odporność na odkształcenia trwałe przy założeniu optymalnego uziarnienia w stosunku do grubości warstwy. Dla takiego rodzaju asfaltu lanego nie istnieją obecnie w Polsce

żadne normy, ani przepisy techniczne określające wymagania w stosunku do optymalnego obszaru uziarnienia, zawartości asfaltu czy twardości. Asfalt lany o uziarnieniu do AL 0/16 mm można odnaleźć w wycofanej polskiej normie PN-S-96025, niemniej jednak kierowano się wymaganiami szwajcarskimi, zawartymi w *Handbuch 12*.

Powodem zastosowania szwajcarskich przepisów był m.in. fakt, że w naszych przepisach technicznych nie ma zróżnicowania wymagań dla danego zastosowania asfaltu lanego w zależności od rodzaju i funkcji warstwy, kategorii ruchu, rodzaju obciążeń, charakterystyki pracy obiektu (pomost stalowy lub betonowy) czy od warunków klimatycznych. Istnieje tylko jeden zestaw wymagań dla MA 11 bez jakichkolwiek zróżnicowań w zależności od przeznaczenia zastosowania asfaltu lanego. W tym przypadku warunki techniczne określone w przepisach szwajcarskich są znacznie bardziej precyzyjne.

W obecnej chwili dokumentem, który określa wymagania dla asfaltu lanego, jest norma PN-EN 13108-6: 2008 „Mieszanki mineralno-asfaltowe, Wymagania, Część 6: Asfalt lany” oraz „Wymagania Techniczne, Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych WT-2 2010 Mieszanki mineralno-asfaltowe”. Norma PN-EN 13108-6 określa asfalt lany (MA) jako mieszankę mineralno-asfaltową bez wolnych prze-

strzeni z asfaltem jako lepiszczem, w której objętość wypełniacza i lepiszcza przewyższa objętość pozostałych wolnych przestrzeni w mieszance. Mieszankę asfaltu lanego można wykorzystać do budowy nawierzchni mostowych na warstwę ochronną (wiązącą) i ścieralną o kategorii ruchu od KR1 do KR6.

Projektując mieszankę asfaltu lanego, należy stosować materiały, różnicując ich jakość w zależności od obciążenia ruchem. Jeśli stosowana jest mieszanka kruszywa drobnego niełamanego i łamanego, to należy przyjąć ich odpowiednią proporcję. Właściwie dobrane proporcje kruszywa drobnego niełamanego do łamanego decydują o twardości oraz ura-

micznych ruchem, szczególnie na nawierzchniach mostowych.

W porównaniu do znanego powszechnie tradycyjnego badania penetracji statycznej tzw. badanie twardości – zagłębienie trzpienia, badanie penetracji dynamicznej jest bardziej rygorystycznym kryterium oceny mieszanek, ze względu na dynamiczną charakterystykę obciążenia oraz wyższą temperaturę badania. Ponadto badanie penetracji dynamicznej jest szczególnie zalecane do oceny jakości mieszanek asfaltu lanego o dużej twardości, czyli dla mieszanek o penetracji statycznej  $I \leq 2,5$  mm. Badania międzylaboratoryjne prowadzone w Szwajcarii wykazały duże rozrzuty wyników badań pe-

zadanego obciążenia. Miarą odporności materiału na deformacje trwałe jest przemieszczenie po 2500 cyklach i przyrost przemieszczenia po kolejnych 2500 cyklach obciążania przy temperaturze 50°C. Stanowisko badawcze pokazano na fot. 2.

## Zastosowanie asfaltów modyfikowanych

Do asfaltów lanych zazwyczaj stosuje się asfalty o niższej penetracji z ewentualnymi dodatkami obniżającymi lepkość i poprawiającymi urabialność (np. asfalty naturalne). W ostatnich latach jednak znacząco wzrosło użycie asfaltów modyfikowanych polimerami (PMB) do produkcji asfaltów lanych. Ich zastosowanie korzystnie poprawia zakres bezpiecznego użytkowania w temperaturach eksploatacyjnych. Istnieje jednak również obawa związana z koniecznością zastosowania znacznie wyższych temperatur produkcji i układania asfaltu lanego (ponad 200°C). Przy dłuższym oddziaływaniu wysokich temperatur może dojść do degradacji struktury polimerów w asfalcie. Doświadczenia praktyczne pokazują, że przy przestrzeganiu pewnych zasad i reżimów technologicznych, można zachować korzystne właściwości asfaltów modyfikowanych polimerami, co poszerza horyzonty wykorzystania asfaltów lanych na bazie asfaltów modyfikowanych polimerami.

Zgodnie z dokumentacją projektową wszystkie warstwy zostały wykonane na bazie asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 25/55-60. W celu spełnienia niekonwencjonalnych wymagań kontraktu (aby asfalt modyfikowany po wbudowaniu i w trakcie eksploatacji zachował swoje parametry jakościowe podane w Tabeli 2) należało określić szczegółowe wymagania dla asfaltu wejściowego do produkcji asfaltu lanego, szczególnie w zakresie temperatury mięknięcia. Znacząco zawężono jej wymagany zakres dla dostarczanego asfaltu, określając przedział 3°C, co było znaczącym wyzwaniem dla rafinerii. Spółka LOTOS Asfalt jednak sprostała trudnym wymaganiom i dostarczała na potrzeby budowy mostu w Toruniu specjalny asfalt. Wymagania kontraktu



FOT. TPA

Fot. 3. Widok na wyprofilowane torowisko do jazdy rozkładarki wykonane ze stalowych profili, ustawione na kapach chodnikowych w celu osiągnięcia maksymalnej możliwej równości nawierzchni z asfaltu lanego

bialności mieszanki asfaltu lanego. Na zachodzie Europy zauważa się obecnie tendencję stopniowego zmniejszania zawartości kruszywa drobnego łamanego, w Niemczech minimalnie 35%, a w Szwajcarii minimalnie 15%.

### Badanie penetracji dynamicznej

Jeśli chodzi o badania laboratoryjne mieszanki asfaltu lanego, na uwagę zasługuje badanie penetracji dynamicznej, nowe w naszych warunkach, które stanowi kryterium decydujące o odporności nowoczesnych mieszanek asfaltu lanego na odkształcanie przy działaniu wysokich temperatur w warunkach obciążeń dyna-

micznych, która ma mniejsze znaczenie przy ocenie odporności na odkształcania nowoczesnych, twardszych asfaltów lanych. Dlatego też warunkiem kontraktowym było osiągnięcie penetracji dynamicznej po 2500 cyklach  $\leq 2,5$  mm.

Badania penetracji dynamicznej wykonuje się zgodnie z niemiecką procedurą *TP Asphalt St-B 07 Teil 25A*. Próbkę o średnicy 150 mm i wysokości 60 mm poddaje się obciążeniu dynamicznemu o przebiegu półsinusoidy. Obciążenie szczytowe wynosi 0,875 kN, natomiast obciążenie pozostające (stałe) 0,200 kN. Długość cyklu obciążającego wynosi 1,7 s. Rejestruje się przemieszczenia próbki pod wpływem

spowodowały, że po przeprowadzeniu dużej ilości badań z różnymi asfaltami oraz dodatkami w różnych warunkach, zastosowano środek obniżający lepkość asfaltu przy jednoczesnym zwiększeniu jego stabilności w warunkach eksploatacyjnych. Dodatek, jak się później okazało, spowodował również wydłużenie maksymalnego, możliwego przechowywania asfaltu laneo w kottach transportowych ze względu na ograniczenie degradacji struktury polimerów w asfalcie pod wpływem oddziaływania wysokich temperatur.

Przeprowadzone badania pozwoliły na precyzowanie wymagań dotyczących zakresu temperatur oraz czasu kondycjonowania mieszanki MA w kotle transportowym. Specyfikacja techniczna zakładała minimalny (tj. 1h) oraz maksymalny (tj. 8 h) czas kondycjonowania mieszanki asfaltu laneo przy temperaturach do 230°C. Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano zmiany właściwości danego asfaltu laneo oraz asfaltu zachodzące w czasie pod wpływem wysokiej temperatury. Na bazie doświadczeń własnych potwierdzono, że mieszankę asfaltu laneo na bazie zastosowanego asfaltu wraz z dodatkiem w odpowiedniej ilości można przechowywać bez problemów do 8 h przy stosowaniu temperatur kondycjonowania w zakresie od 200°C do 220°C. Przy przechowywaniu mieszanki asfaltu laneo na bazie zastosowanego asfaltu i dodatku w maksymalnej do-



Fot. 4. Rozkładarka ze zintegrowaną posypywarką grysu do układania asfaltu laneo na całej szerokości jezdni bezszwowo z możliwością wykonania przeciwspadku

FOT. TPA

puszczalnej temperaturze, tj. 230°C, czas ten skrócono odpowiednio do 6 h, aby zapobiec utracie pożądanych właściwości asfaltów modyfikowanych polimerami.

Specyficzne wymagania w stosunku do asfaltu odzyskanego narzucały na wykonawcę obowiązek permanentnej kontroli parametrów dostarczanych asfaltów modyfikowanych oraz asfaltów odzyskanych tuż przed wbudowywaniem asfaltu laneo.

### Technologia wykonania

Warstwy nawierzchni z asfaltu laneo ze względu technologicznego należy rozkładać

w grubościach zależnych od nominalnego uziarnienia mieszanki. Przedział dopuszczalnych grubości jest bardzo wąski. Tabela 3. przedstawia dopuszczalne grubości dla asfaltu laneo MA 11 i MA 16 w Polsce, Szwajcarii i Niemczech.

Ze względu na możliwe nierówności wykonawcze płyt pomostu i wymagania technologiczne grubości warstw konstrukcji nawierzchni mostowej z asfaltu laneo, należy często wprowadzać dodatkowo asfalt lany o drobniejszym lub grubszym uziarnieniu w zależności od występujących nierówności. Zaletą zastosowanego w Toruniu systemu nawierzchni z asfaltu laneo i izolacji PMMA jest to, że jakiegokolwiek nierówności podłoża można wyrównywać kolejnymi warstwami asfaltu laneo o odpowiedniej sztywności i elastyczności po wykonaniu izolacji. Przy płycie betonowej należy szreżować większe nierówności zachodzące w konstrukcji nawierzchni. Po naniesieniu izolacji na odpowiednio przygotowane podłoże, zagłębienia w płycie zostaną wyrównane kolejnymi warstwami z asfaltu laneo. Schemat technologiczny opracowany przez TPA, w oparciu o doświadczenia zagraniczne (ZTV-ING), wybrany na potrzeby realizacji obiektów mostowych w Toruniu, przedstawiono na rysunku 1. Minimalne grubości podane na schemacie przyjęto przy założeniu maszynowego układania asfaltu laneo na wyprofilowanym torowisku.



Fot. 5. Widok na gotową warstwę ścierną asfaltu laneo z grysem lakierowanym na Estakadzie Żółkiewskiego, w tle nowy most przez Wisłę

FOT. TPA



## Wykonanie izolacji natryskowej na bazie PMMA

Jednym z najważniejszych elementów systemowego rozwiązania trwałej nawierzchni mostowej z nowoczesnego asfaltu lanego jest wykonanie szczelnej hydroizolacji, doskonale przylegającej do podłoża i jednocześnie zapewniającej trwałe połączenie z warstwą ochronną z asfaltu lanego. Z tego powodu projektant wybrał izolację na bazie metakrylanu metylu PMMA, wykonywaną metodą natryskową. Na obiektach mostowych w Toruniu zastosowano dwuwarstwową izolację PMMA produkcji firmy Stirling Lloyd Polychem Ltd., znaną pod nazwą handlową – Eliminator®, o grubo-

spolona) lub stalowego (płyta ortotropowa) w celu osiągnięcia wymaganych parametrów jakościowych. Następnie przygotowaną powierzchnię powlekało warstwą gruntującą (tzw. „primerem”), aby zapewnić odpowiednie połączenie z pierwszą warstwą izolacji. Kolejnym etapem była aplikacja pierwszej, a następnie drugiej warstwy membrany systemu metodą natryskową (występuje zróżnicowanie kolorem – warstwa żółta i biała). Ostatnim etapem, przed rozkładaniem warstwy ochronnej z asfaltu lanego, było wykonanie warstwy szcpej (specjalnej dobranej dla mieszanki z asfaltu lanego) w celu połączenia izolacji z warstwą z asfaltu lanego.

Podłoże musi być czyste i odpowiednio suche. Przy podłożu betonowym zaleca się, aby

być ona jednorodna i równomiernie rozprowadzona na całej powierzchni. Zalecana ilość aplikacji to około 0,15 kg/m<sup>2</sup>. Bardzo ważnym zadaniem tej warstwy jest zapewnienie odpowiedniego połączenia warstw izolacji oraz warstwy ochronnej z asfaltu lanego.

## Produkcja i transport asfaltu lanego

Zgodnie z wymaganiami kontraktu temperatura produkcji i układania powinna mieścić się w przedziale 200°C–230°C. Czas transportu nie powinien przekroczyć 8 godzin. Produkcja odbywała się w wytwórni o pracy cyklicznej z wydajnością około 60 t/h. Utrzymywany przedział temperatur produkcji asfaltu lanego w zależności od produkowanej mieszanki i warunków atmosferycznych wynosił odpowiednio dla MA16 od 200°C do 220°C, natomiast dla MA11 od 210°C do 230°C. Transport odbywał się przy pomocy kotłów transportowych o ładowności 10 Mg lub 20 Mg. Kotły wyposażone były w systemy podgrzewania oraz mieszałdo mechaniczne pozwalające na jego homogenizację poprzez równomierne i jednorodne ogrzewanie mieszanki asfaltu lanego. Do transportu wykorzystano zarówno kotły transportowe ułożone pionowo, jak i poziomo. Przed rozładunkiem kotłów kontrolowano ciśnienie oporu mieszania oraz temperaturę dostarczonej mieszanki asfaltu lanego. Zgodnie z zapisami dokumentacji technicznej w budowanie asfaltu lanego powinno nastąpić po jego wstępnej homogenizacji w kotle transportowym, założono min. 1 h homogenizacji.



FOT. IR, TPA

Fot. 6. Badanie makrotekstry warstwy ścieralnej z asfaltu lanego metodą piasku kalibrowanego wykazało wartości MTD znacznie powyżej 1,8 mm

ści 3 mm. Zaletą natryskowej izolacji jest ciągłość zabezpieczenia obiektu, nawet w miejscach trudnodostępnych i odstających od płaszczyzny pomostu. Izolacja z PMMA cechuje się odpowiednią sztywnością i jednocześnie elastycznością. Dwuwarstwowy system zapewnia odpowiednią szczelność izolacji. Za pomocą specjalnego gruntu osiąga się doskonałą szcpeń z podłożem, pod warunkiem jego starannego przygotowania, zgodnie z wymaganiami producenta. Z tego powodu etap pierwszy wykonania izolacji polegał na odpowiednim przygotowaniu podłoża betonowego (płyta ze-

wilgotność nie przekraczała 4%, wymagana jest również odpowiednia tekstura, zapewniająca szorstkość podłoża w celu lepszego połączenia z izolacją. Beton musi się charakteryzować odpowiednią wytrzymałością na odrywanie. Przy podłożu stalowym istotne jest, aby aplikacja „primera” nastąpiła bezpośrednio po oczyszczeniu płyty stalowej. Podstawowa kontrola połączenia poszczególnych warstw systemu izolacji oraz podłoża polegała na oznaczeniu wytrzymałości na odrywanie metodą „pull-off”. Ostatnią warstwą systemu izolacji Eliminator® jest tzw. warstwa szcpejna. Musi

## Rozkładanie asfaltu lanego Wyprofilowane torowisko

Zgodnie z dokumentacją projektową, aby zapewnić wymaganą równość oraz równomierne grubość warstwy, asfalt lany powinien być układany na odpowiednio wypoziomowanym torowisku. Ten sposób rozkładania jest najnowocześniejszym rozwiązaniem w technologii układania asfaltu lanego. Zostało ono zastosowane po raz pierwszy w Polsce. Torowisko przy-

gotowano ze specjalnych profili stalowych, ustabilizowanych za pomocą podkładek stalowych oraz drewnianych, ułożonych na istniejących krawężnikach względnie kapach. Rzędne wysokościowe torowiska zostały pomierzone geodezyjnie w celu osiągnięcia maksymalnej, możliwej równości oraz w celu zachowania odstępu pomiędzy nawierzchnią a krawężnikiem. Na tak przygotowanym, ustabilizowanym i wypoziomowanym torowisku poruszała się rozkładarka do asfaltu lanego, rozkładając poszczególne warstwy konstrukcji. Pierwszym przejazdem, przy prędkości około 1,2 m/min została ułożona warstwa ochronna (wiążąca) na całej szerokości jezdni, w odpowiednim profilu poprzecznym. Następnie po ponownym sprawdzeniu i ewentualnej korekcie torowiska, drugim przejazdem przy prędkości około 1,0 m/min wykonano warstwę ścieralną.

**Rozkładarka ze zintegrowaną posypywarką**

Asfalt lany wbudowywano samojedzną rozkładarką wyposażoną w automatyczną posypywarkę, stół profilujący oraz rozgarniacz służący do równomiernego rozprowadzania mieszanki przed deską. Przy stosowaniu nowoczesnych, bardzo sztywnych mieszanek asfaltu lanego, rozkładarka musi charakteryzować się odpo-

**Tabela 1. Porównanie wymagań penetracji statycznej i dynamicznej w różnych przepisach**

Dokument	WT-2:2010 MA 11		Handbuch12 MA 11, MA 16*		TL Asphalt StB 07 MA 11	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Twardość – zagłębienie trzpienia, I	I <sub>min</sub> 1,0	I <sub>max</sub> 3,0	–	I <sub>max</sub> 2,5	I <sub>min</sub> 1,0	I <sub>max</sub> 3,0
Maksymalny przyrost po 30 min, I <sub>nc</sub>	–	I <sub>nc</sub> 0,6	–	I <sub>nc</sub> 0,4**	–	I <sub>nc</sub> 0,4
Maksymalne dynamiczne zagłębienie, I <sub>dyn</sub>	–	–	–	I <sub>dyn</sub> 2,5	–	–
Maksymalny przyrost po 2500 cyklach, I <sub>dyn</sub> (2500-5000)	–	–	–	I <sub>dyn</sub> 0,8	–	–

\* dla typu H, \*\* brak wymagań, wartość podana wyłącznie informacyjnie

**Tabela 2. Wymagania dla asfaltu odzyskanego z mieszanki asfaltu lanego MA**

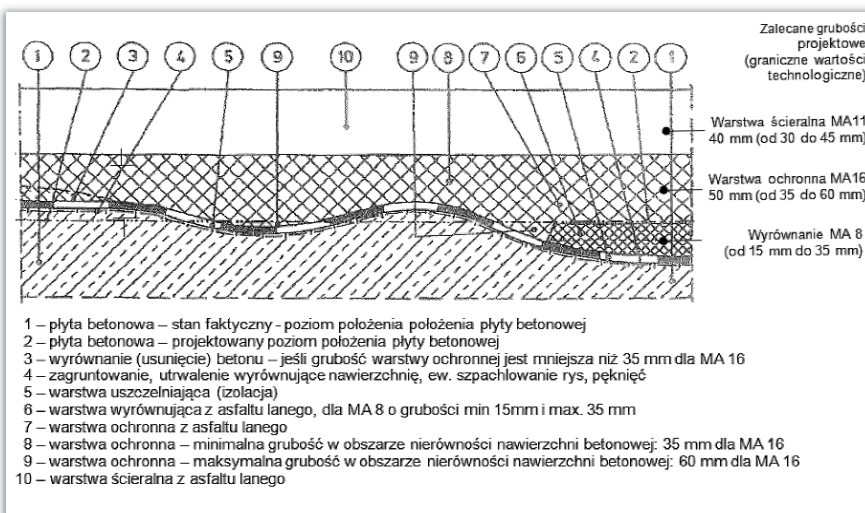
Badania	Wymagania kontraktowe wg SST	ZTV Asphalt-StB 07	SN 640 450a
Tempeartura mięknięcia, R&B [°C]	68–80	± 8°C	± 8°C
Nawrót sprężysty, R <sub>E</sub> [%]	≥ 40	≥ 40*	≥ 35

\* nie dotyczy asfaltów zawierających środki obniżające temperaturę

wiednim ciężarem pozwalającym rozprowadzić równomiernie mieszankę przed deską rozkładarki. Przy niewystarczającym ciężarze rozkładarki i bardzo sztywnej mieszance, jaką jest MA 16 (praktycznie niemożliwa do układania ręczne-

go), mogłoby nawet dojść do podniesienia stołu. Warstwa ochronna została posypana posypką z grysów lakierowanych frakcji 2/5 w ilości około 3–5 kg/m<sup>2</sup>. Taki zabieg nie jest zawsze konieczny. Jednakże ze względu na zastosowane dodatki do asfaltu oraz w celu zapewnienia lepszego połączenia między warstwami asfaltu lanego i zabezpieczenia przed ruchem technologicznym, został on zastosowany. Grys do posypki warstwy ochronnej był odpowiednio wcześniej wyprodukowany i dostarczony do urządzenia posypującego.

Warstwa ścieralna została posypana grysem lakierowanym w ilości około 12–14 kg/m<sup>2</sup>. Posypkę lakierowaną produkowano i dostarczano w sposób analogiczny jak dla warstwy ochronnej. Zintegrowana posypywarka umożliwiła równomierne rozprowadzenie grysu na powierzchni, co było bardzo ważne. Zadanie posypki grysowej na warstwie ścieralnej to przede wszystkim zapewnienie odpowiedniej i trwałej szorstkości nawierzchni. Uziarnienie grysu 2/5 mm pozwala na osiągnięcie bardzo do-



**Rysunek 1. Schemat technologiczny i graniczne grubości wyrównania nierówności płyty betonowej pomostu kolejnymi warstwami asfaltu lanego, na potrzeby realizacji nawierzchni mostowych w Toruniu**

ŹRÓDŁO: OPRACOWANIE TPA

**Tabela 3. Zestawienie dopuszczalnych grubości warstw z MA 11 oraz MA 16**

Dokument \ Rodzaj mma	WT-2:2008	Handbuch12	ZTV Asphalt – StB 07	GA Ausgabe 2011
MA 11	3,5–4,0 cm	3,0–4,5 cm	3,5–4,0 cm	–
MA 16	–	4,0–5,5 cm	–	4,0–6,0 cm

brej makrotekstury i szorstkości. Jeśli zachodziłaby potrzeba obniżenia hałasu, to należałoby zastosować inny rodzaj grysu. Poprzez posypy-

rów zrezygnowano z wciskania posypki walcem i zastosowano posypywanie odpowiednio gorącej posypki z grysu lakierowanego, która wta-



FOT. MIROSLAW ZAJĄCZKOWSKI, DHV

**Fot. 7. Widok na nowy most w Toruniu przed oddaniem do ruchu**

wanie bezpośrednio za stołem rozkładarki oraz dodatkowe wciskanie grysu, odpowiednimi walcami można uzyskać trwałe połączenie grysu lakierowanego z warstwą ścierną asfaltu lanego. W pierwszej fazie projektu używano do wciskania grysu lekkiego walca stalowego. Jego zadaniem było dociśnięcie gryśców w gorącą jeszcze warstwę ścierną. Posypka z grysu lakierowanego wykonywana była z pewnym nadmiarem, aby zabezpieczyć powierzchnię warstwy ścierną przed bezpośrednim oddziaływaniem bębna walca. Po ostygnięciu warstwy nadmiar posypki usunięto, i w ten sposób odsłonięta została docelowa struktura warstwy ścierną. W ostatecznej fazie realizacji projektu na podstawie licznych doświadczeń i pomia-

niała się pod wpływem własnego ciężaru. Pomiar makrotekstury wykazują, że bez większych problemów możliwe jest osiągnięcie początkowej średniej głębokości ponad 1,8 mm. Również pomiary współczynnika tarcia za pomocą przyczepki SRT-3 wykazują początkowo prawie dwukrotnie większe współczynniki tarcia niż przy tradycyjnych nawierzchniach wałowanych. Na nawierzchni nowego mostu toruńskiego przez Wisłę, 100% wyników pomiaru równości mieści się poniżej 4 mm. Wyniki będą przedstawiane w kolejnych publikacjach.

Nowoczesna technologia wykonania nawierzchni mostowej z asfaltu lanego o wysokiej sztywności i odpowiedniej do pracy obiektu elastyczności pozwala na założenie znacznie

dłuższej trwałości nawierzchni, i tym samym obiektu mostowego. Jest to możliwe dzięki starannemu zastosowaniu wysokiej jakości asfaltów modyfikowanych polimerami lub ewentualnie specjalnymi dodatkami, oraz rozkładaniu asfaltu za pomocą rozkładarki – z zintegrowaną posypywarką grysu do wykonania trwałego uszorstwienia jezdni – poruszającej się po odpowiednio wyprofilowanym torowisku. Umożliwia ono osiągnięcie maksymalnej, możliwej równości. Efekt znacznie dłuższej trwałości nawierzchni, i tym samym obiektu mostowego uzyskuje się również dzięki zastosowaniu nowoczesnej izolacji natryskowej z PMMA, która zapewnia odpowiednią ochronę oraz połączenie nawierzchni i pomostu.

Uwzględniając koszty całego cyklu życia nawierzchni i obiektu oraz oszczędności kosztów społecznych, technologia ta może okazać się dla inwestora najkorzystniejszym rozwiązaniem. Zastosowanie asfaltu lanego do warstwy ochronnej i ścierną pozwala na podwójne zabezpieczenie izolacji i mostu oraz jednocześnie wydłuża trwałość warstwy ścierną do okresu użytkowania ponad 20 lat bez konieczności jakichkolwiek większych zabiegów utrzymaniowych. Ponadto poprzez osiągnięcie trwałego połączenia posypki gryśowej z powierzchnią warstwy ścierną poprawiamy znacznie właściwości przeciwpoślizgowe i bezpieczeństwo użytkowników. Reasumując, autorzy wyrażają przekonanie, że zastosowana nowoczesna technologia „Toruńskiego asfaltu lanego” może stanowić prawdziwy renesans dla asfaltu lanego w Polsce. ■

#### Literatura

1. Szydło A., Skotnicki Ł.: Badania i analiza parametrów warstw nawierzchni z asfaltu lanego dla mostu w Toruniu. „Raport serii SPR 3/2013”, Wrocław, styczeń 2013.
2. Asphalt-StB 07, FGSV, Ausgabe 2007/Fassung 2013
3. TP Asphalt St-B 07 teil 25A, Dynamischer Stempelleindringsversuch an Gussasphalt, FGSV, Ausgabe 2009
4. TL Asphalt St-B 07, FGSV, Ausgabe 2007
5. E GA Empfehlungen für den Bau von Asphaltsschichten aus Gussasphalt, FGSV, Ausgabe 2011
6. SN 640 450a – Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken, VSS
7. Handbuch 12 Bituminöser Straßenbau und Brückenabdichtungen, IMP, Ausgabe 2012

dr inż. Igor Ruttmar, mgr inż. Marcin Hering  
TPA Sp. z o. o., grupa STRABAG SE



# Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa dla dróg lokalnych

Okolo 95% sieci dróg w Polsce stanowią drogi samorządowe. Ich stan techniczny w porównaniu do stanu dróg krajowych i autostrad jest zdecydowanie gorszy. Brak środków finansowych na przeprowadzenie remontów we właściwej technologii jest jedną z podstawowych przyczyn tej sytuacji. Poszukiwane są więc technologie, które pozwalają na wykonanie remontu szybko i tanio. Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa jest takim rozwiązaniem, na dodatek umożliwia wydłużenie trwałości. W Niemczech technologia ta znalazła swoje miejsce w przepisach technicznych pod nazwą *Asphalttragdeckschicht*, i oznaczona została jako AC 16 TD. W dosłownym tłumaczeniu słowo to oznacza 'ścieralną warstwę nośną (warstwę podbudowy)'. Technologia ta polega na układaniu jednej warstwy o grubości od 5 do 10 cm z mieszanki mineralno-asfaltowej, która łączy w sobie funkcje dwóch warstw – warstwy ścieralnej oraz warstwy podbudowy, dzięki czemu jest odporna na działanie czynników atmosferycznych, a jednocześnie zapewnia odpowiednią nośność do obciążenia ruchem. W praktyce niemieckiej spotykana jest jeszcze jedna odmiana tej standardowej technologii, która bazuje na mieszance mineralno-asfaltowej typu SMA i oznacza się SMA 16 DTS (z niem. Decktragschicht).



FOT. PIOTR KOZŁAREK, TPA

Wbudowywanie AC 16 DT

Mieszanka mineralno-asfaltowa typu AC TD składa się z mieszanki mineralnej o ciągłym uziarnieniu i asfaltu drogowego jako lepszczą. Mieszanka jest rozkładana i zagęszczana na gorąco. Jej skład dobiera się w taki sposób, by zapewnić odporną i bezpieczną dla ruchu drogowego warstwę, która wykazuje niewielką zawartość wolnych przestrzeni, a jej szkielet mineralny oraz uziarnienie tylko w małym stopniu ule-

gają zmianie pod obciążeniem ruchem. Mieszanka ta przeznaczona jest do jednowarstwowych nawierzchni dróg lokalnych i samorządowych o mniejszym natężeniu ruchu, jak również do ścieżek rowerowych i dla pieszych.

Wymagania dotyczące AC 16 TD na podstawie niemieckich przepisów *TL Asphalt-StB 07* i *ZTV Asphalt-StB 07* zostały przedstawione w Tabeli 1.

Wymagania dotyczące kruszyw zostały opisane w załączniku A do *TL Asphalt-StB 07*. Do mieszanek typu AC TD stosuje się ze względu na ekonomiczne niemodyfikowane asfalty drogowe, zazwyczaj 70/100 i 50/70, również ze względu na wykorzystywanie w produkcji takich mieszanek w Niemczech granulatu asfaltowego z istniejących nawierzchni, zawierającego asfalt postarzony już technologicznie i eksploatacyjnie.

Krzywe uziarnienia powinny mieścić się w przedziale podanym w tabeli 1. Uziarnienie ma charakter ciągły, niemniej jednak charakteryzuje się zwiększoną zawartością grubszych frakcji kruszyw, by w ten sposób zapewnić większą odporność tych mieszanek na niszczące oddziaływanie ruchu. Minimalna zawartość asfaltu  $B_{min}$  wynosi 5,4%, co zapewnia względnie niską zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, i poprzez to odpowiednią trwałość ze względu na warunki atmosferyczne. Dodanie granulatu asfaltowego zazwyczaj powoduje doszczelnienie mma poprzez większą zawartość frakcji drobnych w granulacie powstałym w procesie przetwarzania (frezowanie oraz granulacja).

Parametry mma, takie jak odporność na koleinowanie, działanie wody i mrozu, nie są w Niemczech wymagane. Uważa się, że na pod-



Fot. 1. Nawierzchnia drogi przed skropieniem i ułożeniem warstwy w technologii nawierzchni jednowarstwowej

gorszych parametrów równości nawierzchni, co przy drogach lokalnych nie jest aż tak ważne.

W maju 2013 r. firma STRABAG Sp. z o.o. wykonała w Pruszkowie k. Warszawy swój

ternatywnym rozwiązaniem w technologii nawierzchni jednowarstwowej AC 16 TD. Badanie typu dla mieszanki AC 16 TD zostało opracowane w Laboratorium Badawczym TPA Sp. z o.o. w Pruszkowie zgodnie z niemieckim dokumentem technicznym *TL Asphalt-StB 07*, przy użyciu asfaltu drogowego 50/70 oraz 13 procentach granulatu asfaltowego.

Nawierzchnia ułożona została na grubość od 6 do 7 cm. Zastąpiła w ten sposób dwie klasyczne warstwy betonu asfaltowego, wiążącą (wyrównawczą) oraz ścieralną.

W opisywanym przypadku, przewidywany ruch na ulicy S. Bryły kwalifikowany był jak dla kategorii KR1-2, co niestety nie miało realnego odzwierciedlenia w stosunku do przenoszonych obciążeń. Spowodowało to w dotychczas istniejącej nawierzchni powstanie różnego rodzaju spękań, przede wszystkim siatkowych. Dlatego też pojawił się pomysł zastosowania nawierzchni jednowarstwowej AC 16 TD. Ideą jego było zastosowanie niestandardowych mma do kategorii ruchu KR1-2, tak, aby były one odporne na występujące na tej drodze ciężki ruch. Z uwagi na występujące podwyższone ryzyko związane z wykonaniem standardowych warstw asfaltowych, przyjęto za rozwiązanie optymalne nawierzchnię jednowarstwową.

W związku z tym przygotowano badanie typu dla mma, aby spełniała określone wymagania zgodnie z *TL Asphalt STB 07*. Przynajmniej wszystkim mma miała cechować się niską zawartością wolnych przestrzeni. Ponadto przy za-



Fot. 2. Wbudowywanie i zagęszczenie warstwy

stawie pozytywnych doświadczeń z eksploatacji takich nawierzchni, odporność na odkształcenia trwałe jest zapewniona poprzez odpowiednie uziarnienie mma. Ponadto AC 16 TD jest przeznaczona dla dróg lokalnych z mniejszym natężeniem ruchu. Negatywne oddziaływanie wody i mrozu jest znacznie mniejsze przy stosunkowo zamkniętych mieszankach, do których należą mieszanki typu AC 16 TD. Technologia ta ze względów ekonomicznych w wielu przypadkach może być stosowana bez wykonywania frezowania profilującego lub wbudowywania warstwy wyrównawczej na istniejących starych warstwach nawierzchni. Następuje to jednak kosztem nieco

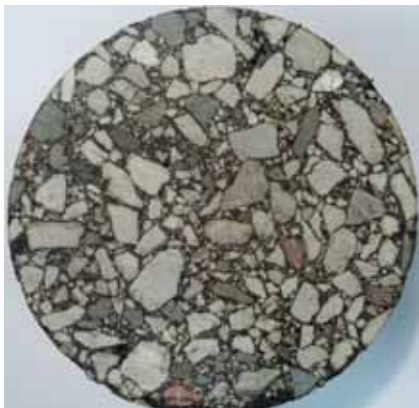
pierwszy odcinek drogi o długości 220 m w technologii jednowarstwowej. Nawierzchnia asfaltowa została wykonana w oparciu o niemieckie doświadczenia. Mieszanka mineralno-asfaltowa została ułożona na ul. Stefana Bryły w Pruszkowie, na niższych warstwach asfaltowych po uprzednim odpowiednim oczyszczeniu, uzupełnieniu ubytków i skropieniu emulsją asfaltową. Istniejąca dotychczas nawierzchnia przez długi okres poddawana była znacznym obciążeniom związanym z pobliską lokalizacją Miejskiego Zakładu Oczyszczania oraz wytwórni mieszanek bitumicznych (WMB). W związku z tym zaczęto zastanawiać się nad al-



Fot. 3. Pomiar temperatury mma w czasie wbudowywania

tożeniu, że warstwa powinna zostać wbudowana na docelową grubość od 6 cm do 7 cm, postawiono dodatkowe wymaganie. Parametr odporności na koleinowanie powinien zostać osiągnięty na zadowalającym poziomie (wartość parametru PRD<sub>AIR</sub> poniżej 8%). Parametry, jakie zostały osiągnięte dla badania typu mma AC 16 TD, przedstawione zostały w Tabeli 2.

Wykonano kilka wariantów związanych ze zmianą krzywej uziarnienia celem osiągnięcia najbardziej optymalnych parametrów pod względem



Fot. 5. Przekrój odwiertem próbki AC 16 TD – widoczna struktura uziarnienia zbliżona do struktury SMA

stabilności. Warianty te były wykonywane z różną zawartością granulatu asfaltowego i asfaltu. Najlepszym szkieletem mineralnym mma okazał się wariant, w którym krzywa projektowa znajdowała się tuż nad dolnymi krzywymi granicznymi według *TL Asphalt-StB 07*. Tak zaprojektowana mieszanka AC 16 TD jednocześnie spełnia wymagania dla uziarnienia mieszanki SMA 16 zgodnie z PN-EN 13108-5 oraz zbliża się do znanych w zastosowaniu praktycznym w Niemczech mieszanek na bazie typu SMA 16 z oznaczeniem DTS [2].

W ramach remontu odstąpiono od frezowania, nie wykonywano również warstwy wyrównawczej, ze względu na niewielkie istniejące nierówności oraz na brak wymagań co do docelowej równości. Postanowiono jedynie uzupełnić ubytki w istniejącej nawierzchni (Fot.1). Wykonano oczyszczenie istniejącej nawierzchni i skropienie emulsją asfaltową w celu uzyskania odpowiedniego połączenia warstw.

Do wykonania mieszanki AC 16 TD wykorzystano dodatkowo stabilizator mastyksu VIATOP



Fot. 4. Jednowarstwowa mieszanka AC 16 TD o grubości 6–7 cm w trakcie zagęszczania

Premium w ilości około 0,4%. Ponadto uziarnienie mieszanki zgodne jest jednocześnie z wymaganiami odpowiednimi dla SMA 16. Wydajność produkcji mieszanki AC 16 TD z dodatkiem granulatu asfaltowego w ilości 13% oscylowała na poziomie 100 Mg/h. Całkowita ilość wyprodukowanej mma wynosiła około 226 ton. Odcinek o szerokości 6 m na czas wbudowania został wyłączony

z użytkowania. Mieszanka mineralno-asfaltowa została wbudowana na całej szerokości (Fot. 2).

Mieszanka podczas rozkładania miała strukturę jednorodną i nie wykazywała żadnych negatywnych cech. Temperatura rozkładania wynosiła około 165°C (Fot. 3). Zagęszczenie przebiegało w sposób konwencjonalny bez żadnych specjalnych zmian w porównaniu do tra-

Tabela 1. Wymagania dla AC 16 TD do jednowarstwowych nawierzchni

Opis – cecha	Jednostka	Wymagania AC 16 TD	
<b>Materiały</b>			
Kruszywo, zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej	%	C <sub>NR</sub>	
Lepiszczce, rodzaj i typ		70/100 50/70 160/220	
<b>Skład mieszanki mineralno-asfaltowej</b>			
	22,4mm	% m/m	100
	16 mm	% m/m	90 do 100
Uziarnienie mieszanki mineralnej, przechodzi przez sito:	11,2 mm	% m/m	80 do 90
	2 mm	% m/m	30 do 50
	0,125 mm	% m/m	8 do 20
	0,063 mm	% m/m	6 do 11
	Minimalna zawartość lepiszcza	%	B <sub>min</sub> 5,4
Zawartość wolnych przestrzeni	%	V <sub>min</sub> 1,0	
	%	V <sub>max</sub> 3,0	
<b>Warstwa</b>			
Grubość	cm	5,0 do 10,0	
Wskaźnik zagęszczenia	%	≥ 97,0	
Zawartość wolnej przestrzeni, V <sub>m</sub>	% (v/v)	≤ 6,5	



**Tabela 2. Parametry badania typu AC 16 TD**

Właściwość	Norma badawcza	Energia lub wskaźnik zagęszczenia	Wynik badania typu	Kategoria wymagana
Zawartość asfaltu całkowitego B, % m/m	–	–	5,3	$B_{min}5,4$ $\alpha \cdot B_{min}5,3$
Zawartość asfaltu rozpuszczalnego S (metoda obliczeniowa), % m/m	PN-EN 12697-1	–	5,1	–
Zawartość asfaltu nierozpuszczalnego, % m/m	TP Asphalt – StB Teil 1	–	0,2	–
Zawartość wolnych przestrzeni w mma Vm, % objętości	PN-EN 12697-8	2x50 uderzeń	1,7	$V_{min}1,0$ $V_{max}3,0$
Wypełnienie wolnych przestrzeni asfaltem VFB, % objętości	PN-EN 12697-8	2x50 uderzeń	87,9	–
Zawartość wolnych przestrzeni w mm VMA, % objętości	PN-EN 12697-8	2x50 uderzeń	13,9	–
Średnie nachylenie wykresu koleinowania $W_{TSAIR}$ , mm/10 <sup>3</sup> cykli	PN-EN 12697-22	P98-P100	0,1	$W_{TSAIRNR}$
Średnia proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ , %	PN-EN 12697-22	P98 – P100	7,9	$PRD_{AIRNR}$
Spytność lepiszcza D, %	PN-EN 12697-18	–	0,2	$D_{NR}$

**Tabela 3. Zestawienie wyników wykonanych badań dla AC 16 TD**

Właściwość	Norma badawcza	Wynik
Zawartość asfaltu rozpuszczalnego S (metoda obliczeniowa), % masy	PN-EN 12697-1	4,8
Zawartość wolnych przestrzeni w mma, Vm, % objętości	PN-EN 12697-8	2,9
Wypełnienie wolnych przestrzeni asfaltem VFB, % objętości	PN-EN 12697-8	79,7
Zawartość wolnych przestrzeni w mm VMA, % objętości	PN-EN 12697-8	14,2
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	PN-EN 13108-20, pkt. C.4	98,2
Wolna przestrzeń w warstwie, %	PN-EN 12697-8	4,7
Średnie nachylenie wykresu koleinowania $W_{TSAIR}$ , mm/10 <sup>3</sup> cykli	PN-EN 12697-22	0,18
Średnia proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ , %	PN-EN 12697-22	6,3

dycyjnej warstwy ścieralnej. Zastosowano dwa walce o ciężarze 8 i 12 ton (Fot. 4).

Odcinek został wykonany w ciągu kilku godzin i jeszcze tego samego dnia, po częściowym wychłodzeniu, oddano go do użytku. Wyniki badań mma oraz wykonanej warstwy zostały przedstawione w Tabeli 3.

Mieszanka podczas wbudowywania wykazywała dobrą zagęszczalność. Strukturę zagęsz-

czonej mieszanki AC 16 TD pokazano na Fotografii 5.

Po czterdziestu dniach od wykonania nawierzchni w technologii jednowarstwowej została wykonana inspekcja odcinka.

Nie stwierdzono żadnych pęknięć lub kolein od ruchu ciężkiego, nawierzchnia była w stanie bardzo dobrym. Kolejnych oględzin dokonano w marcu 2014 r. (po zakończeniu zimy)

i wówczas również nie stwierdzono żadnych wad nawierzchni.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia oraz otrzymane wyniki badań, do zalet technologii jednowarstwowej nawierzchni typu AC 16 TD, zbliżonej do SMA 16, można zaliczyć: trwałość i dobrą odporność na odkształcenia trwałe ze względu na skład mieszanki oraz ekonomiczną efektywność w odniesieniu do standardowych mma w układzie dwuwarstwowym. Ponadto istnieje możliwość rezygnacji z frezowania lub wykonywania warstwy wyrównawczej, w zależności od poziomu wymagań co do równości odnowionej nawierzchni. Warunkiem koniecznym do spełnienia jest jednak uzyskanie jednorodnego zagęszczenia warstwy. Do indywidualnego rozpatrzenia pozostają zagadnienia związane z odpowiednim przygotowaniem podłoża pod warstwę AC 16 TD i doprowadzenie jej do właściwego dla danej sytuacji stanu.

Dzięki wykonaniu nawierzchni jednowarstwowej na ulicy S. Bryły w Pruszkowie wdrożono kolejną nową technologię w praktyce przy budowie i odnowie dróg lokalnych w Polsce. Technologia ta okazała się efektywną i nieskomplikowaną w zastosowaniu alternatywą dla naprawy dróg samorządowych niższych kategorii ruchu. Przy odpowiednim doborze i modyfikacji składu mieszanki możliwe jest również jej zastosowanie dla dróg o większym obciążeniu. ■

#### Literatura

1. Igor Ruttmar; Piotr Koźlarek – Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa AC 16 TD – odcinek doświadczalny w Pruszkowie, prezentacja TPA, Seminarium JRS eSeMA 2014, Zakopane.
2. Dipl.-Ing. Klaus Graf – Bubesheim: Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa. Ekonomiczna koncepcja nawierzchni asfaltowej na drogach o średnim obciążeniu ruchem, Seminarium JRS eSeMA 2011, Zakopane.
3. Krystyna Szymaniak JRS Polska Sp. z o.o. – Jednowarstwowa nawierzchnia na drogach lokalnych, Materiały Budowlane nr 4, s. 50–51, 2011.
4. TL Asphalt-StB 07, Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, s. 18, FGSV, 2013.
5. ZTV Asphalt-StB 07, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Blatt 10, 2013.
6. TL Gestein-SIB, Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Blatt 10, 2004/Frasung, 2007.

dr inż. Igor Ruttmar, mgr Piotr Koźlarek  
TPA Sp. z o.o., Grupa STRABAG SE

# Granulat asfaltowy – czy jesteśmy przygotowani do jego powszechnego użycia?

Recykling warstw asfaltowych w budownictwie drogowym nabiera stale na znaczeniu z powodu konieczności oszczędzania naturalnych zasobów – głównie kruszyw mineralnych. Związane jest to również z coraz bardziej restrykcyjnymi przepisami zużytkowywania powstających dużych ilości materiału do niedawna nazywanego odpadowym. Szczególnie duże ilości są uzyskiwane przy remontach dróg, chodzi głównie o destrukcję asfaltową w postaci: frezu asfaltowego, brył z rozbiórki warstw i innych form odpadowej mieszanki mineralnej. Główną pozycję stanowi destrukcja będący wynikiem frezowania warstw asfaltowych.

W ciągu ostatnich kilku lat w Polsce, w wyniku realizowanego od dawna programu rozbudowy i unowocześnienia sieci drogowej, zagadnienie „recyklingu mieszanek mineralno-asfaltowych” jest jednym z najważniejszych problemów do prawidłowego rozwiązania. Chodzi głównie o wykorzystanie przetworzonego destruktu tzn. granulatu asfaltowego jako składnika mieszanek mineralno-asfaltowych produkowanych w naszym kraju. Coraz ważniejsze staje się całościowe podejście do tej problematyki.

Zachodzą istotne zmiany w ogólnym nastawieniu do tego tematu. Organizowane są różnego rodzaju spotkania, seminaria i konferencje, w celu prezentacji doświadczeń krajowych i zagranicznych. Jest zbyt wcześnie na to, aby można mówić o całkowitym wyeliminowaniu nieodpowiedniego zagospodarowywania destruktu do utwardzania dróg gruntowych, poboczny i innych zbliżonych zastosowań.

Użycie destruktu do produkowania mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych na gorąco ma podstawowe znaczenie, i to z kilku powodów. Przetworzony destrukcja – czyli granulatu asfaltowy – stanowi dodatek, które pozwala na zredukowanie zarówno potrzebnej ilości kruszyw mineralnych do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, jak i lepiszcza asfaltowego. Wykorzystywanie granulatu asfaltowego przywoływane jest w licznych doświadczeniach krajów europejskich m.in. podczas seminariów technicznych. W naszym kraju problem ten jest dynamiczny, ponieważ zachodzi stały postęp w usprzętowieniu umożliwiającym dodawanie

granulatu. Główni zainteresowani w procesie budowy i remontów dróg w naszym kraju przejawiają zdecydowaną wolę działań w nakreślonym kierunku. Jednak stopień złożoności tematu recyklingu mieszanek mineralno-asfaltowych jest nie do końca właściwie zrozumiany.

Wiele czynników i zaszczości występujących w naszym kraju powoduje, że w tym temacie jest nadal jeszcze bardzo wiele do wyjaśnienia i do zrobienia. Nie wszystkie elementy znane z doświadczeń zagranicznych można bezpośrednio przenieść na nasze warunki. Przede wszystkim chodzi o cykl pozyskiwania destruktu i następnie wytworzenia granulatu. Konieczne jest selektywne frezowanie, następnie składowanie destruktu, a w dalszej kolejności również granulatu. Prawidłowe dozowanie granulatu polega na użyciu granulatu uzyskanego z warstwy wiążącej tylko do tej samej warstwy w dalszym etapie produkcji.

Należy wyposażyć wytwórnie mieszanek mineralno-asfaltowych w odpowiednie instalacje do ogrzewania i wprowadzania do mieszalnika granulatu, w procesie produkcji mieszanki.

Bardzo ważny przy wykorzystaniu granulatu asfaltowego jest odpowiedni zakres badań tego materiału – służący określeniu jego podstawowych właściwości oraz jednorodności. Ta świadomość dotycząca ważności badań granulatu nie jest jeszcze pełna, szczególnie u technológów firm wykonawczych.

Kolejną sprawą do załatwienia jest wybudowanie odpowiednich składowisk na dany rodzaj granulatu. Wilgotność tego materiału w meto-

dzie dozowania na zimno znacznie wpływa na jakość produkowanej mieszanki oraz na koszty produkcji. Zwłaszcza przy granulacie wprowadzanym bezpośrednio do mieszalnika występuje wiele zjawisk wpływających na cykl produkcyjny mieszanki mineralno-asfaltowej, w tym bardzo niekorzystne tzw. podwójne otoczenie fragmentów granulatu lepiszczem dodanym.

Tylko połączone ze sobą działania pozwolą doprowadzić do sytuacji, w której uzyskany zostanie zamierzony efekt, tzn. wytworzenie odpowiedniej mieszanki mineralno-asfaltowej i wykonanie nowej warstwy asfaltowej – o takich samych parametrach technicznych, jakie zostałyby uzyskane w przypadku stosowania wyłącznie nowych materiałów, czyli bez użycia granulatu. Materiał pochodzący z frezowania zużytej nawierzchni naturalnie jest w pewnym zakresie

**Obecnie definicja „granulatu” zawarta w WT-2 powinna zostać rozszerzona i brzmieć następująco:**

Granulat asfaltowy to specjalnie przygotowany materiał (mieszanka mineralno-asfaltowa), uzyskana z przeróbki destruktu pobieranego w sposób selektywny z poszczególnych rozbiieranych warstw asfaltowych, który po ustaleniu podstawowych właściwości powinien zostać ponownie użyty przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na poszczególne warstwy konstrukcji nawierzchni. Granulat należy być przechowywać (składować) w odpowiednich zasobnikach zabezpieczających przed zawiłgoceciem i wpływami opadów atmosferycznych.



FOT. JACEK BOJARSKI

WMB będąca własnością firmy STRABAG i Granulator.  
Na pierwszym planie destruk, który za chwilę zostanie przekształcony w granulację

niejednorodny, co wpłynąć może na skład i ilość dodawanego granulatu do mieszanki mineralno-asfaltowej.

W Niemczech – jak podaje komentarz zamieszczony do wytycznych ZTV – próby z zastosowaniem granulatu (destruktu) asfaltowego rozpoczęły się w połowie lat 80. ubiegłego stulecia. Początkowo granulaty asfaltowe stosowane były wyłącznie do warstwy podbudowy, następnie do warstwy wiążącej, natomiast dopiero od niedawna również do warstwy ścieralnej (po ponad 20 latach doświadczeń). W sumie próby, a następnie szersze zastosowanie granulatu trwają od prawie 30 lat. Może to świadczyć o tym, że rozpoznano właściwie owo zagadnienie, i można np. wzorować się na przepisach opracowanych w Niemczech.

### Uwarunkowania krajowe

Na wstępie należy podkreślić, że stosowane obecnie sformułowanie „wykorzystanie destruktu asfaltowego” dla specjalistów zajmujących się omawianą tematyką dotyczy wykorzystania do produkcji mma odpowiednio wytworzonego i przechowywanego granulatu z przeróbki destruktu asfaltowego, pozyskanego głównie metodą frezowania.

Termin „granulaty asfaltowe” wchodził powoli na stałe do języka technicznego, a także do literatury technicznej w naszym kraju. Należy jednak pamiętać, że trwa to dopiero od niedawna i nie wszyscy drogowcy to pojęcie sobie przyswoili. Przykładowo można podać, że w normie PN-S-96025: 2000 „Nawierzchnie asfaltowe. Wymagania” – obowiązującej do 2008 r. nie występował jeszcze termin „granulaty asfaltowe”. Dopuszczone zostało natomiast użycie destruktu do wszystkich rodzajów mieszanek. W normie nie określono wymagań dla destruktu, natomiast o jego przydatności miało decydować orzeczenie laboratoryjne, którego forma i zakres badań nie została podana.

W pierwszej wersji wymagań technicznych WT-2 2008 Nawierzchnie asfaltowe 2008 – w definicji „granulaty” określany był następująco: destruk asfaltowy – stosowany jako materiał składowy w produkcji mieszanek mineral-



**ZTV Asphalt-StB** – Dodatkowe Techniczne Warunki Umów i Wytyczne Wykonania Nawierzchni z Mieszanek Mineralno-Asfaltowych.

**TL Asphalt-StB** – Techniczne Warunki Dostaw Mieszanek Mineralno-Asfaltowych do Wykonania Nawierzchni.

no-asfaltowych w technologii na gorąco”. Kwestie odpowiedniego przygotowania granulatu nie zostały w WT-2 do końca objaśnione, co stwarzało możliwość zróżnicowanej interpretacji. Okres kilku lat, który minął od opracowania pierwszej wersji wymagań technicznych WT-2, dostarczył więcej informacji na temat samego przygotowania, jak też badań i wymagań dla granulatu. Przyczyniły się do tego również przepisy ukazujące się u naszych zachodnich sąsiadów. Przyjęty został także termin „granulat asfaltowy” jako pewnego rodzaju tłumaczenie terminu niemieckiego „Asphaltgranulat”. „Asphalt” w prawidłowym tłumaczeniu tego terminu – to nie lepiszcze asfaltowe, a mieszanka mineralno-asfaltowa. Tak więc prawidłowe tłumaczenie terminu „Asphaltgranulat” to: ‘mieszanka mineralno-asfaltowa w formie granulatu’. Podobne problemy występowały już wcześniej z tłumaczeniem normy EN 13108-8 „Mieszanki Mineralno-Asfaltowe – Wymagania – Asfalt z Odzysku” (błędnie przetłumaczony został ostatni człon nazwy normy).

Granulat, czyli odpowiednio rozdrobniona mieszanka mineralno-asfaltowa z rozbiórki zawiera wartościowe składniki – kruszywa mineralne oraz lepiszcze. Użycie dodatku granulatu do produkcji mma redukuje konieczność dowozu materiałów kamiennych, nierzadko z odległych kamieniołomów, oraz lepiszcza asfaltowego.

Stosowanie granulatu asfaltowego do mma jest bardzo korzystne ekonomicznie i ekologicznie, ze względu na oszczędzanie środowiska naturalnego człowieka. Zagadnienie to nabiera stale coraz większego znaczenia wraz ze wzrostem świadomości ekologicznej. Temat ten jest bardzo ważny dla naszego kraju, ponieważ recykling pozwala na ograniczanie przewozów kruszyw z południa kraju do jego pozostałych czę-

ści, a tym samym umożliwia realizację znacznie większej liczby zadań remontowych.

### Dotychczasowe rodzaje zastosowań

Granulat jest głównie wykorzystywany jako dodatek do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych „na gorąco”, również w innych krajach.

W latach ubiegłych wykorzystanie destruktu jako materiału odpadowego (przy remontach dróg krajowych) najczęściej polegało na wykonaniu podbudów pomocniczych z mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE). Nie był to najbardziej efektywny sposób zagospodarowania, ale kilkanaście lat temu pracowało stosunkowo niewiele wytwórni mma z instalacją do dozowania granulatu. W mieszankach MCE destruktu zazwyczaj doziarniany był kruszywem, głównie łamanym.

Wykonanie warstw podbudów z zastosowaniem mieszanek MCE było zatem rozwiązaniem umożliwiającym wykorzystanie destruktu, i tym samym pozbycie się w całości „odpadu”. Na podbudowie z MCE wykonywano następnie pakiet warstw z użyciem mieszanek mineralno-asfaltowych bez dodatku granulatu, który był zagospodarowany w całości do MCE.

W ciągu ostatnich lat sytuacja uległa istotnej zmianie. Coraz lepsze możliwości sprzętowe powodują, że są teraz możliwe inne rozwiązania. Mieszanki MCE należy nadal stosować w przypadku występowania warstw z użyciem lepiszcza smołowego, względnie gdy destruktu pochodzi ze zniszczonej, wielokrotnie naprawianej nawierzchni i jest bardzo niejednorodny. Okres ostatnich 10–12 lat to w Polsce nie tylko realizacja programu budowy autostrad i dróg ekspresowych, a także wykonywanie dużych re-

Można więc stwierdzić, że przepisy w Niemczech dotyczące granulatu asfaltowego od wielu lat są pełne i uporządkowane. W komentarzu do nich podano zostało ważne stwierdzenie, które należy przestrzegać również w naszym kraju, tj.: stosowanie dodatku granulatu asfaltowego przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych nie stanowi usprawiedliwienia w zakresie uzyskania niższych wymagań, jak też tolerancji podanych w stosownych dokumentach

montów na wielu odcinkach dróg krajowych. Powstawały znaczne ilości destruktu w związku z frezowaniem zużytych i skoleinowanych odcinków dróg krajowych, które trzeba było na-



Gotowy granulat asfaltowy. Zdjęcie zostało wykonane w kwietniu 2013 r. podczas seminarium Inframedia poświęconego destruktwi asfaltowemu

FOT. JACEK BOJARSKI

**Tabela 1. Klasy wykorzystania materiałów rozbiórkowych wg RuVA-StB 01  
Wydanie 2001 r. / Nowelizacja 2005 r.**

Klasy materiałów rozbiórkowych z uwagi na pochodzenie	Rodzaj materiału rozbiórkowego	Łączna zawartość w masie stałej PAK wg EPA [mg/kg]	Indeks fenolowy w eluacie [mg/l]
A	Mieszanka mineralno-asfaltowa z frezowania nawierzchni	≤ 25 *)	≤ 0,1*)
B	Destrukt zawierający smotę	z przewagą składników typowych dla smoty	≤ 0,1
C		z przewagą składników typowych dla smoty	należy podać wartość

\*) Oznaczenia nie trzeba wykonywać, jeżeli w pojedynczym przypadku ustalono, że jako lepsze zastosowany był wyłącznie asfalt.

**Tabela 2. Możliwości stosowania granulatu asfaltowego do warstw asfaltowych**

Pochodzenie granulatu asfaltowego	Możliwości dodawania granulatu do mma					
	Asfalt lany	Warstwa ścierna z AC	Warstwa wiążąca z AC	Podbudowa z AC	Nawierzchnia jednowarstwowa	Dolne warstwy asfaltowe
Asfalt lany	++	0	0	+	0	0
Warstwa ścierna z BA	-	++ <sup>1)</sup>	++	+	+	+
Warstwa ścierna <sup>2)</sup> i wiążąca	-	0 <sup>3)</sup>	++	+	+	+
Warstwa wiążąca	-	0 <sup>3)</sup>	++	+	+	+
Warstwa podbudowy	-	-	-	++	0	+
Warstwy dolne	-	-	-	0	-	++

Objaśnienia:

- ++ rozwiązanie zalecane (najbardziej korzystne rozwiązanie),
- + rozwiązanie możliwe, ale przy niepełnym wykorzystaniu możliwości technicznych i ekonomicznych,
- o rozwiązanie możliwe warunkowo, po wykonaniu dodatkowych badań,
- dodatek nie jest możliwy.

<sup>1)</sup> wg TL Asphalt-StB,

<sup>2)</sup> z reguły nie z asfaltu lanego,

<sup>3)</sup> po odpowiednim przygotowaniu.

stępnie wzmocnić grubym pakietem warstw asfaltowych.

Remonty dróg wojewódzkich i powiatowych to nieco inny problem, ponieważ łączna grubość pakietu warstw asfaltowych nie jest tak znaczna, aby stosować selektywne frezowanie. W wielu przypadkach konieczne jest wzmocnienie konstrukcji nawierzchni i wówczas dobrym rozwiązaniem byłby recykling całego pakietu warstw asfaltowych, również poprzez zastosowanie mieszanek MCE.

### Doświadczenia zagraniczne

Publikacje zagraniczne dostarczają obszernej literatury technicznej na temat zrealizowanych działań z dziedziny recyklingu. Równocześnie następuje postęp w zakresie metod i urządzeń dozowania na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych.

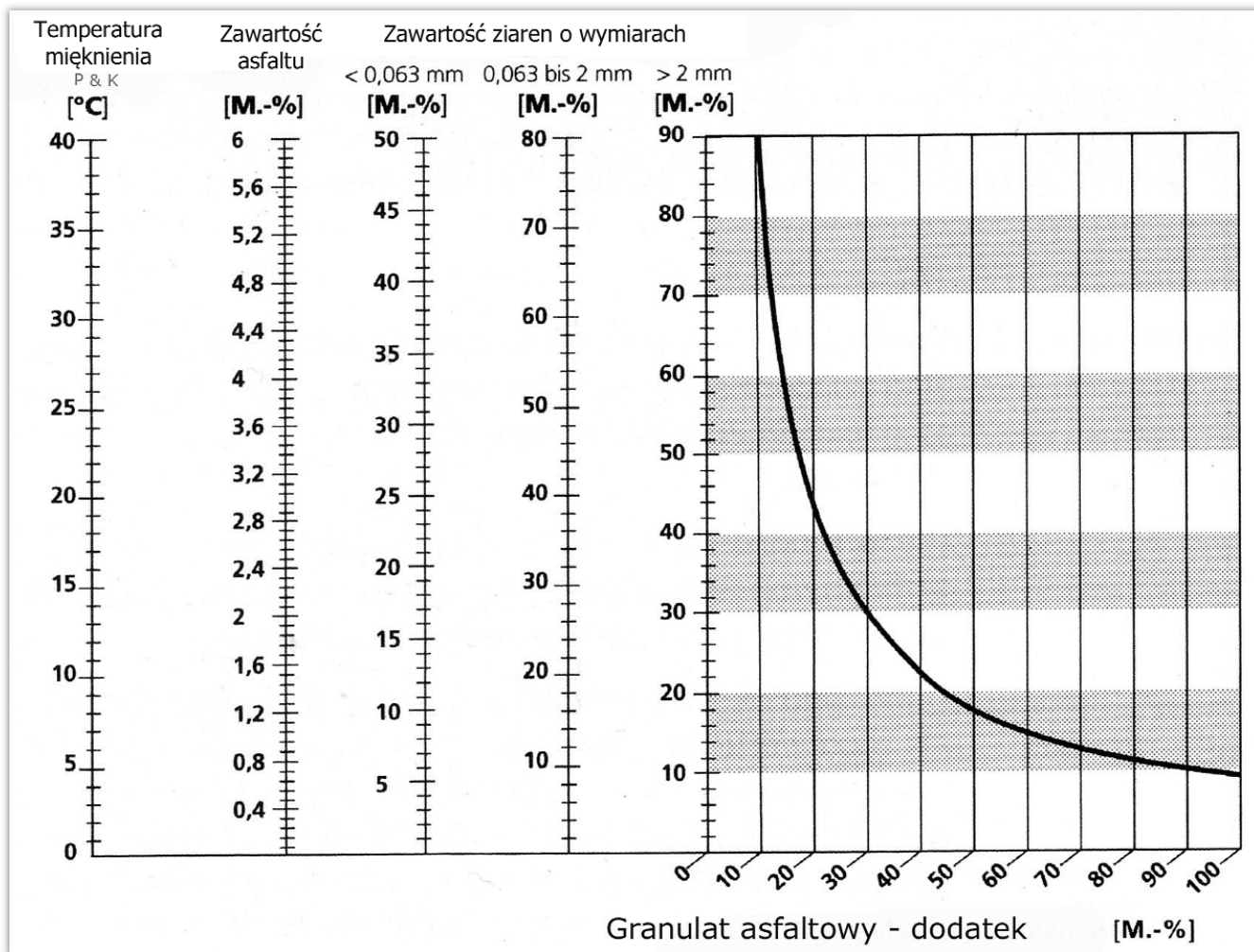
Jak wynika z danych, wiele krajów europejskich wykorzystuje materiały z rozbiórek warstw

asfaltowych, czyli destruktu asfaltowy. Od szeregu lat polega to na dodawaniu stosunkowo wysokich dodatków granulatu przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Niewątpliwie największe doświadczenia w tym zakresie mają takie kraje europejskie, jak Niemcy, Austria, Szwajcaria, Holandia oraz Belgia. Istnieją oczywiście różnice w sposobach wykorzystania i stosowanym sprzęcie. W pierwszym rzędzie chodzi o znajomość frezowanych warstw, zarówno pod względem użytych uprzednio materiałów, jak i sprzętu, którym dysponują firmy drogowe.

Sytuacja generalnie się zmienia. Przykładowo w Niemczech przed ok. 10–15 laty, w okresie dużej ilości remontów i przystosowywania nawierzchni do zwiększającego się ruchu, często używano destruktu także do mieszanek MCE, z uwagi na warstwy z lepiszczem smołowym występujące na wielu odcinkach dróg. Obecnie warstwy z tym lepiszczem występują rzadziej, natomiast granulaty asfaltowe stosowane są do większości rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych (z wyłączeniem asfaltu porowatego) oraz do wszystkich warstw, czyli także do warstwy ściernej.

Najbardziej rygorystyczne przepisy w zakresie ponownego używania materiałów z rozbiórek nawierzchni obowiązują w Holandii, gdzie destruktu musi być w całości zużyty przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Sytuacja ta generalnie dotyczy krajów, w których występuje deficyt rodzimych kruszyw kamiennych, natomiast gęste za-

Granulaty asfaltowe określane są również skrótowo RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). Maksymalna wielkość ziarna U podawana jest na początku skrótu, natomiast określenie klasy ziaren kruszywa d/D na końcu skrótu, tzn. oznaczenie granulatu powinno obejmować poniższe elementy URA d/D. W Niemczech materiały asfaltowe uzyskiwane z rozbiórek obejmują trzy klasy odzysku: A, B oraz C. Klasyfikacja następuje według Tabeli 1 zawartej w przepisach RuVA-StB 01 dotyczących ekologicznego odzysku materiałów rozbiórkowych nawierzchni zawierających smotę oraz destruktu asfaltowego w budownictwie drogowym.



Nomogram a)

ludnienie, przy braku możliwości składowania, wymusza konieczność zagospodarowywania całej ilości uzyskiwanego destruktu. Podobna sytuacja jest w Niemczech, Austrii oraz Szwajcarii. Znajduje to odzwierciedlenie w drogowych przepisach technicznych w tych krajach z tym, że przepisy niemieckie można uznać za najbardziej dopracowane i tym samym warte zaprezentowania.

**Dokumenty opracowane w Niemczech**

1. Dokumenty zasadnicze

Najważniejsze dokumenty i wymagania w głównych przepisach ogólnoniemieckich stanowią zwarty podręcznik, tzn. ZTV/TL Asphalt-StB 2007 (stan marzec 2011). Zawarto w nim

także szczegółowe informacje i komentarze dotyczące poszczególnych elementów składających się na wytworzenie pełnowartościowej mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem granulatu asfaltowego.

Obydwa wymienione dokumenty to podstawa do zawierania umów na wykonanie nawierzchni asfaltowych w Niemczech.

Wytyczne ZTV Asphalt-StB dotyczą zasad prawidłowego wykonawstwa poszczególnych rodzajów nawierzchni asfaltowych i zawierają obok szczegółów wykonania również wymagania dla gotowych warstw oraz badań odbiorczych nawierzchni. Techniczne Warunki Dostaw, czyli TL Asphalt-StB podają wymagania dla poszczególnych materiałów i produkowanych mieszanek mineralno-asfaltowych. Obydwa dokumenty od-

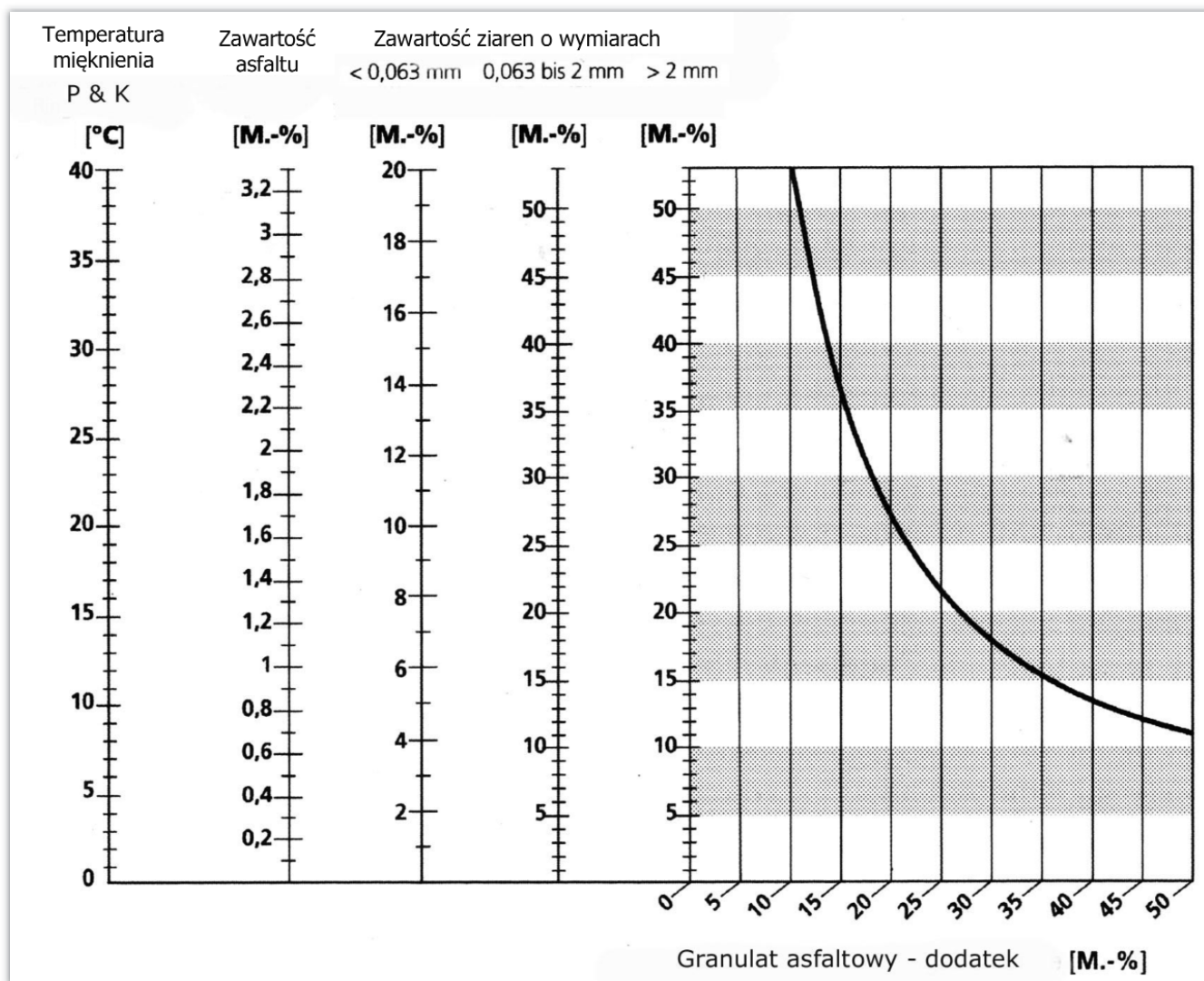
noszą się również do treści innych związanych szczegółowych instrukcji i przepisów.

Zasadnicze informacje dotyczące użycia granulatu zawarte są w technicznych warunkach dostaw (TL Asphalt-StB): w rozdziale 2. dotyczącym wymagań dla materiałów do mieszanek mineralno-asfaltowych oraz w rozdziale 3. na temat wymagań dla wytworzonej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Punkt 3.1.1 TL dotyczy sposobów użycia granulatu asfaltowego (3.1.1 Verwendung von Asphaltgranulat). Podane w nim zostały takie m.in. takie elementy, jak:

- określenie maksymalnego dodatku granulatu,
- nomogramy do określenia temperatury kruszywa,





Nomogram b)

- możliwości użycia granulatu w zależności od wytwórni mma.

W przypadku granulatu asfaltowego opracowano również instrukcje i przepisy szczegółowe tzn.:

- TL AG-StB 2009 Techniczne Warunki Dostaw Granulatu Asfaltowego (Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat),
- M WA 2009 Instrukcja Ponownego Użycia Sfrezowanego Destruktu Asfaltowego (ew. Sfrezowanych Mieszanek Mineralno-Asfaltowych) (Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt),
- M VAG Instrukcja Wykorzystania Granulatu Asfaltowego (Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat).

Ostatnia z wyżej wymienionych instrukcji (M VAG) została zastąpiona przez M WA 2009. Istotną była zmiana tytułu w/w instrukcji na precyzyjniejsze sformułowanie (w pierwszej użyto ogólnego sformułowania o wykorzystaniu materiału rozbiórkowego): „ukierunkowane zużycie do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej”.

Przepisy niemieckie były w przeszłości omawiane i cytowane w polskiej literaturze technicznej, w szczególności w kwartalniku PSWNA „Nawierzchnie asfaltowe”. Prześledzenie zapisów dotyczących stosowania granulatu asfaltowego daje wgląd zarówno na zakres badań, jak i szereg innych elementów dotyczących tego zagadnienia.

Podstawowe wymagania i zalecenia zawarte są w Warunkach Technicznych Dostaw Granulatu Asfaltowego – skrót TL AG-StB 09 (wydanie 2009).

Opracowane przez grupę roboczą FGSV „Nawierzchnie asfaltowe” techniczne warunki dostaw zawierają m.in.:

- pojęcia i skróty,
- zakres obowiązywania,
- klasyfikację granulatu,
- badania granulatu,
- załączniki (cztery załączniki zawierające właściwości granulatu, wskaźniki i kategorie granulatu, kategorie granulatu do mma, klasyfikacje granulatu, przykład klasyfikacji granulatu).

Podział materiałów odpadowych w zależności od łącznej zawartości w masie stałej policyklicznych węglowodorów aromatycznych PAK oraz indeksu fenolowego w eluacie przedstawiono w Tabelicy 1.

### 2. Inne przepisy związane

W przepisach dotyczących destruktu asfaltowego w Niemczech istnieją dokumenty opracowane przez inne instytucje, tzn. organy pozadrogowe. Wspólnota związkowa zajmująca się odpadami LAGA opracowała wspólny dokument pt. „Wymogi dotyczące odzysku pozostałości/odpadów mineralnych – regulacje techniczne”. Kolejny dokument istniejący na poziomie krajowym w Niemczech to „Wytyczne ekologicznego odzysku materiałów rozbiórkowych, zawierających składniki typowe dla smoły oraz odzysku destruktu asfaltowego w budownictwie drogowym” (RuVA-StB) („Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung Ausbauasphalt im Strassenbau”).

W Niemczech w latach 2008–2012 zużyto około 3 mln ton granulatu asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych z przeznaczeniem do wykonania poszczególnych warstw as-

**Tabela D.1 wg TL Asphalt-StB dotycząca dopuszczalnego zakresu zmienności zbadanych cech granulatu asfaltowego**

Właściwość	T <sub>dop. i</sub>	
	mma na warstwę wiążącą i ścieralną	mma na warstwę podbudowy
Temp. mięknięcia T <sub>TR&amp;K</sub> lepiscza odzyskanego, [°C]	8	8
Zawartość asfaltu w granulacie, [% m/m]	1,0	1,2
Udział kruszywa <0,063 mm [% m/m]	6,0	10,0
Zawartość kruszywa 0,063-2 mm [% m/m]	16,0	16,0
Zawartość kruszywa >2 mm [% m/m]	16,0	18,0

faltowych: podbudowy, wiążącej i ścieralnej. Tym samym, o takie ilości została zmniejszona ilość wydobytych materiałów pierwotnych.

### 3. Najważniejsze badania granulatu

Jednorodność granulatu asfaltowego ocenia się na podstawie zmienności udziału w destrukcie zawartości kruszywa grubego, drobnego, pyłów, a ponadto zawartości i temperatury mięknięcia lepiscza odzyskanego z granulatu.

Aby ocenić jednorodność granulatu asfaltowego, należy dla każdej „rozpoczynanej” partii 500 ton pobrać jedną próbkę granulatu i poddać ją badaniom. Badania trzeba wykonywać na minimum 5 próbkach dla każdej hałdy.

Należy ustalić następujące właściwości granulatu:

- zawartość asfaltu B<sub>s</sub> wg TP Asphalt, część 1,
- temperaturę mięknięcia,
- udział frakcji kruszywa: 0/0,063, 0/063/2 i powyżej 2 mm.

### Ocena jednorodności granulatu

Należy określać następujące właściwości:

- temperaturę mięknięcia asfaltu P<sub>iK</sub> (TR&K)[OC],
- zawartość asfaltu [% m/m],
- zawartość frakcji < 0,063 mm [% m/m],



Granulator – urządzenie do przetwarzania destruktu asfaltowego w granulatu. Właścicielem urządzenia jest firma POLHILD z Kobytki

FOT. JACEK BOJARSKI

Temperatura mięknięcia asfaltu wynikowego (6) Przy stosowaniu granulatu asfaltowego należy posługiwać się następującym wzorem do ustalenia obliczeniowej temperatury mięknięcia:

$$T_{PIKmix} = \alpha \cdot T_{PIK1} + b \cdot T_{PIK2}$$

gdzie:

$T_{PIKmix}$  – obliczona temperatura mięknięcia wytworzonej mieszanki,

$T_{PIK1}$  – temperatura mięknięcia asfaltu uzyskanego z granulatu,

$T_{PIK2}$  – średnia wartość temperatury mięknięcia asfaltu dodanego,

$\alpha$  i  $b$  – procentowe udziały lepszysza z granulatu ( $\alpha$ ) i dodanego lepszysza ( $b$ ).

- zawartość frakcji 0,063-2 mm [% m/m],
- zawartość ziaren > 2 mm [% m/m].

Możliwy dodatek Z granulatu asfaltowego w zależności od jednorodności określa się z przedziału  $a1$  wyżej podanych cech i tolerancji łącznej  $T_{dop}$ , i według wytycznych ZTV Asphalt-StB. Dodatek  $Z_i$  wyliczany jest w zależności od podanych wyżej cech, przy zastosowaniu wzoru nr 1 lub nr 2.

Zakres zmienności  $Z_i$  należy określić dla podanych cech, przy czym wyliczona mniejsza wartość stanowi maksymalny dodatek granulatu asfaltowego do mieszanki mineralno-asfaltowej.

Przy użyciu granulatu do mieszanki mineralno-asfaltowej z przeznaczeniem do warstwy podbudowy lub nawierzchni jednowarstwowej dla wszystkich cech jest stosowany wzór nr 1, natomiast przy wykorzystaniu granulatu do betonu asfaltowego na warstwę ścieralną i wiążącą – dla temperatury mięknięcia (PIK) służy wzór nr 1, natomiast dla pozostałych cech – wzór nr 2.

$$Z_i = \frac{0,5 \times T_{dop, i}}{a_i} \times 100 \text{ (wzór nr 1)}$$

$$Z_i = \frac{0,33 \times T_{dop, i}}{a_i} \times 100 \text{ (wzór nr 2)}$$

gdzie:

$Z_i$  – możliwy dodatek granulatu w [% m/m.],

$a_i$  = przedział dla danej cechy (różnica pomiędzy największą i najmniejszą wartością dla badanych próbek),

$T_{dop, i}$  = całkowita tolerancja dla danej cechy (patrz Tablica D. 1).

Zakres zmienności  $Z_i$  należy określić dla podanych cech, przy czym wyliczona najmniejsza wartość stanowi maksymalny dodatek granulatu asfaltowego do mieszanki mineralno-asfaltowej.

4. Zastosowanie granulatu asfaltowego wg TL-Asphalt-StB

W TL-Asphalt -StB podane zostały najważniejsze informacje o stosowaniu granulatu, tj.:

(1) Granulat asfaltowy może być wykorzystany do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych, kiedy spełnione zostaną wymagania podane w TL wymagania jakościowe (tzn. wymagania dla poszczególnych rodzajów mma podane w punktach 3.2.1–3.2.6), a ponadto wytwórnia zapewni odpowiednie warunki dozowania granulatu;

(2) Górna granica ziarna  $D$  w granulacie asfaltowym nie może przekraczać górnej granicy produkowanej mieszanki;

(3) Założeniem dotyczącym możliwości stosowania granulatu asfaltowego jest jego odpowiednia jednorodność. Jednorodność granulatu jest określana za pomocą przedziału do cech określonych grup kruszywa, zawartością, składem oraz stwierdzoną temperaturą mięknięcia PIK lepszysza asfaltowego. W załączniku D do TL podana została procedura dotycząca określenia maksymalnego dodatku granulatu, w zależności od stopnia jednorodności, która powinna zostać wykorzystana przy produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej.

(4) Maksymalny dodatek granulatu wynika z możliwości sprzętowych w zakresie dodawania tego materiału na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych. Wskazówki w tym zakresie zawiera Instrukcja M VAG.

Możliwość stosowania granulatu do poszczególnych warstw asfaltowych nawierzchni podaje tablica nr 2 z Instrukcji M WA.

Istotny zakres badań w przypadku użycia granulatu dotyczy badania lepszysza, tj.

temperatury mięknięcia asfaltu wyekstrahowanego. Temperatura mięknięcia asfaltu wyekstrahowanego z granulatu powinna być poniżej 70°C. Dopuszczalne są jedynie pojedyncze wartości – max. do 77°C. Niezbyt wysokie wzrosty temperatury mięknięcia stanowią dowód na to, że w asfalcie nie zaszyły niekorzystne zmiany w trakcie wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej oraz w okresie eksploatacji nawierzchni.

## Wymagania odnośnie przedziału $T_{PIK}$

W przypadku dodatku granulatu asfaltowego temperatura mięknięcia mieszanki lepszyszy  $T_{PIK MIX}$  musi zawierać się również wewnątrz danego przedziału. W tym celu należy przestrzegać zasady, aby asfalt pochodzący z granulatu łącznie z tym dodanym miał własności wymagane przez specyfikację, albo asfalt, który jest o klasę miękniejszy. Asfalt miękniejszy niż lepszysze rodzaju 70/100 nie może być stosowany. Wyjątek stanowi wykonanie nawierzchni tzw. jednowarstwowej, stosowanej na drogach o niższych kategoriach ruchu (niemieckie określenie to Asphalttragdeckschicht). ■

Literatura:

1. ZTV Asphalt-StB Handbuch und Kommentar, 2011 [Podręcznik i komentarz]
2. TL Asphalt-StB Handbuch und Kommentar, 2011 [Podręcznik i komentarz]
3. TL AG-StB Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat, 2009 [Techniczne Warunki Dostawy dla Granulatu Asfaltowego]
4. RuVA-StB „Wytyczne Ekologicznego Odzysku Materiałów Rozbiórkowych Zawierających Składniki Typowe dla Smoły oraz Destruktu Asfaltowego w Budownictwie Drogowym”
5. DIN EN 13108 „Asphaltmischgut-Mischgutanforderungen-Teil 8: Ausbaumasphalt” – [Mieszanki Mineralno-Asfaltowe – Wymagania Dotyczące Mieszanek – część 8: Destrukt Asfaltowy]
6. M VAG Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat, 2002 [Instrukcja Wykorzystania Granulatu Asfaltowego]
7. M WA Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt, 2009 [Instrukcja Ponownego Wykorzystania Strosowanej Mieszanki Mineralno-Asfaltowej]
8. Materiały z Seminarium dotyczącego recyklingu, Jachranka, 2008 r.
9. Materiały z Seminarium dotyczącego recyklingu, Pruszków, 2013 r.

Wacław Michalski – Dyrektor Departamentu Technologii,  
Marek Danowski, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad





# MODBIT CR ASFALT MODYFIKOWANY Z DODATKIEM GUMY

- STABILNY W WYSOKICH TEMPERATURACH
- ODPORNY NA SPĘKANIA  
TERMICZNE I MECHANICZNE
- O KORZYSTNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH  
REOLOGICZNYCH
- EKOLOGICZNY
- EKONOMICZNY