

NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych

ISSN 1734-1434

Nr 3(43)/2015

**Wahania właściwości mieszanek
mineralno-asfaltowych i ich wpływ
na prognozowaną żywotność dróg**

Tajniki MMA

**Niezawodność nawierzchni asfaltowych
– optymalizacja trwałości**

Zmiany w podstawowych przepisach technicznych
w Niemczech

**Nowe podejście do technologii
asfaltowych nawierzchni drogowych**

Na ratunek drogom

*Wysoka
jakość*



PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

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
Ewelina Karp-Kręglińska, skarbnik
Waldemar Merski, członek zarządu
Igor Ruttmar, członek zarządu
Zbigniew Krupa, pełnomocnik zarządu

Redakcja

Anna Krawczyk, redaktor naczelna
Joanna Reszko-Wróblewska, adiustacja
Ewa Popławska, korekta

DTP

Joanna Białecka-Rybacka

Fotografia na okładce
Pixabay.com

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

Spis treści

Nawierzchnie Asfaltowe nr 3(43)/2015

4

Wahania właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych i ich wpływ na prognozowaną żywotność dróg
MICHAEL WISTUBA, KONRAD MOLLENHAUER,
AXEL WALTHER

10

Niezawodność nawierzchni asfaltowych – optymalizacja trwałości
HANS-HERMANN WESSELBORG

16

Nowe podejście do technologii asfaltowych nawierzchni drogowych
KRYSZYNA SZYMANIAK

Serdecznie zapraszamy

na XXXIII Seminarium Techniczne PSWNA

„Zrównoważony rozwój a dobór innowacyjnych technologii drogowych”

organizowane w dniach 27–28 października 2015 r.

w Hotelu Boss w Warszawa

Czasopismo wspierane finansowo przez:





Wkuźni talentów młodzi adepci uczą się nie poprzez teorię, a przez doświadczenie. Ćwiczą dotąd, aż dojdą do perfekcji. Swoistym poligonem doświadczalnym dla polskiego drogownictwa był poprzedni rządowy program budowy dróg. Czy wszystko od początku było wykonane, jak należy? Odpowiedź brzmi: nie. Powszechnie wiadomo, że tylko głupiec nie potrafi przyznać się do błędu, i my nie uważamy się za nieomylnych. Dziś jednak stoi za nami doświadczenie zdobyte podczas budowy kilku tysięcy kilometrów dróg o najwyższym standardzie. Nie oszukujmy się, technologia asfaltowa jest i będzie główną technologią budowy dróg.

Przypomnijmy, że jesteśmy jedyną w Polsce organizacją skupiającą grono znakomitych ekspertów w tej dziedzinie – technologów, praktyków, producentów materiałów i maszyn.

Twoi najbardziej niezadowoleni klienci to twoje najlepsze źródło informacji – twierdzi Bill Gates, były prezes zarządu korporacji Microsoft. Branża drogowa popełniła już dosyć błędów. Paradoksalnie najwięcej

kosztowały one firmy wykonawcze. Wnioski, które wyciągnięto, są budujące. Wiele znaczących przedsiębiorstw stworzyło lub rozbudowało działy technologiczne. Wspólnie ze światem nauki realizowanych jest wiele projektów badawczych. Co możemy zaproponować? Aż i tylko wiedzę. Z tym, że wiedza ta jest oparta na doświadczeniu.

W tym wydaniu kwartalnika proponujemy m.in. technologie odpowiednie dla dróg samorządowych. Nie zapominamy o tym ważnym inwestorze. Tutaj także obowiązuje zasada zrównoważonego rozwoju, zarówno w procesie produkcji mieszanek, jak i w procesie ich układania. Właśnie tej tematyce poświęcone będzie kolejne XXXIII Seminarium Techniczne PSWNA.

I na koniec jeszcze jeden cytat, tym razem z Donalda Trumpa: „Skoro i tak będziesz myśleć, myśl odważnie”. Zapewniam więc w imieniu branży asfaltowej – mamy doświadczenie i wiedzę i nie obawiamy się ich spżytkować.

Z życzeniami miłej lektury
Andrzej Wyszynski

Wahania właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych i ich wpływ na prognozowaną żywotność dróg

Mieszanka mineralno-asfaltowa może nie spełniać naszych wymagań, nawet jeśli została odpowiednio wyspecyfikowana, a także gdy wszystkie fazy produkcji były dotrzymane. Wyrób budowlany, jakim jest MMA, użyty do wykonania warstw asfaltowych, składa się z wielu składników, posiada właściwości, które podlegają naturalnym wahaniom zarówno w trakcie produkcji jak i w czasie wbudowywania. Dlatego też w praktyce wykonawczej nie jest możliwe wyeliminowanie rozrzutów, jakie występują we właściwościach mieszanki asfaltowej, jak i wykonanej warstwy. Właściwości MMA wyznaczają żywotność wykonanej z niej nawierzchni, a ich zmiany wpływają na żywotność nawierzchni.

Institut Budownictwa Drogowego Uniwersytetu Technicznego w Brunshwiku (Technische Universität Braunschweig) podjął się badań w zakresie właściwości mieszanek asfaltowych w warunkach budowy, łącznie z ich identyfikacją i wyliczeniem wpływu na prognozowaną żywotność nawierzchni. Ustalono przy tym, że tego rodzaju odchyłki w istotny sposób wpływają na obliczeniową żywotność, co może mieć znaczenie dla inwestora przy sporządzaniu projektów drogowych, gdy stosuje „Wytyczne obliczeniowej metody wymiarowania nawierzchni z warstwami asfaltowymi” (RDO Asphalt 09; FGSV 2009).

Charakterystyka nawierzchni jest oparta na właściwościach funkcjonalnych mieszanki asfaltowej zamiast jej właściwościach konwencjonalnych (objętościowych).

W związku z tym istnieje możliwość, że badania laboratoryjne próbek pobranych z nawierzchni asfaltowej zostaną uznane za niespełniające wymagań, a wskutek tego obliczeniowa żywotność nawierzchni zostanie zaniżona w stosunku do zakładanej.

Podczas ustalania rekompensaty może dojść do znaczących różnic w wysokości potrąceń określonych zgodnie z ZTV Asphalt-StB w oparciu o podstawowe (konwencjonalne) właściwości MMA oraz wyliczonych na podstawie badań żywotności prognozowanej.

Właściwości MMA określane są poprzez cechy użytych kruszyw mineralnych, lepiszcza i skład mieszanki asfaltowej (uziarnienie mieszanki mineralnej, zawartość lepiszcza), a ponadto także jakość wbudowania określoną poprzez wskaźnik zagęszczenia (zawartość wolnej przestrzeni, rozłożenie ziaren, jednorodność warstwy). Wypadkowe parametry objętościowe MMA mają bezpośredni wpływ na właściwości mechaniczne warstw asfaltowych, co zostało wystarczająco wykazane na podstawie wykonanych laboratoryjnych cyklicznych badań dynamicznych.

Wskutek podanych uwarunkowań występują rozbieżności pomiędzy właściwościami mieszanek mineralno-asfaltowych ustalonych na podstawie badania typu, a właściwościami MMA w wykonanej warstwie. W Instytucie Budownictwa Drogowego Uniwersytetu Technicznego w Brunshwiku (ISBS) ustalono możliwy zasięg nieuniknionych wahań właściwości mieszanek asfaltowych, jakie mają miejsce w praktyce (prace Wistuby i innych; 2013 r.).

W artykule przedstawiono konsekwencje postępowania zgodnego z wytycznymi obliczeniowego projektowania warstw asfaltowych (RDO Asphalt 09), z uwzględnieniem prognozy użytkowania nawierzchni i dyskusję dotyczącą wynikających z tego skutków.

ODCHYLEKI WE WŁAŚCIWOŚCIACH MIESZANEK ASFALTOWYCH WYSTĘPUJĄCE W PRAKTYCE (NA BUDOWIE)

Na podstawie obszernej analizy danych otrzymano różne wartości odchyłek pomiędzy właściwościami (parametrami) wymaganymi dla mieszanek mineralno-asfaltowych ustalonymi w ramach badania typu a wynikami badań kontrolnych prowadzonych na budowie (Mollanhauer i Lorenzl, 2008).

Ustalono oddzielnie dla różnych rodzajów mieszanek i różnych funkcji rozkładu wartości kwantyli 5% oraz 95%, dotyczące takich właściwości jak zawartość lepiszcza w MMA oraz wskaźnik zagęszczenia wykonanej warstwy.

Przykładowe funkcje rozkładu dla mieszanki na warstwę podbudowy asfaltowej AC 22 T S, w zakresie dwóch parametrów tj. zawartości lepiszcza i wskaźnika zagęszczenia warstwy, przedstawione zostały na rysunkach 1 i 2. Ten rodzaj MMA, jak można było stwierdzić na podstawie analizowanej bazy danych, jest najczęściej stosowany przy wykonywaniu nawierzchni dróg bardzo obciążonych ruchem pojazdów.

Docelowa zawartość lepiszcza wynosiła $B_{proj,1} = 3,6\%$ i wykazuje ją 5% z łącznie badanych 677 próbek mieszanki do oceny zawartości lepiszcza $B_{kwantyl\ 5\%} \leq 3,20\%$. Kwan-

tyl 95% wynosi $B_{\text{kwantyl 95\%}} = 4,28\%$. Jedyne 5% z łącznej ilości 902 odwiertów wykazuje wskaźnik zagęszczenia poniżej $k_{\text{kwantyl 5\%}} = 96,8\%$. Odpowiada to w przybliżeniu wartości wymaganej dla wskaźnika zagęszczenia w przypadku warstwy podbudowy, wynoszącej 97%, która obowiązywała w okresie do 2012 r. Wartość kwantylu 95% wynosi $k_{\text{kwantyl 95\%}} = 103,9\%$.

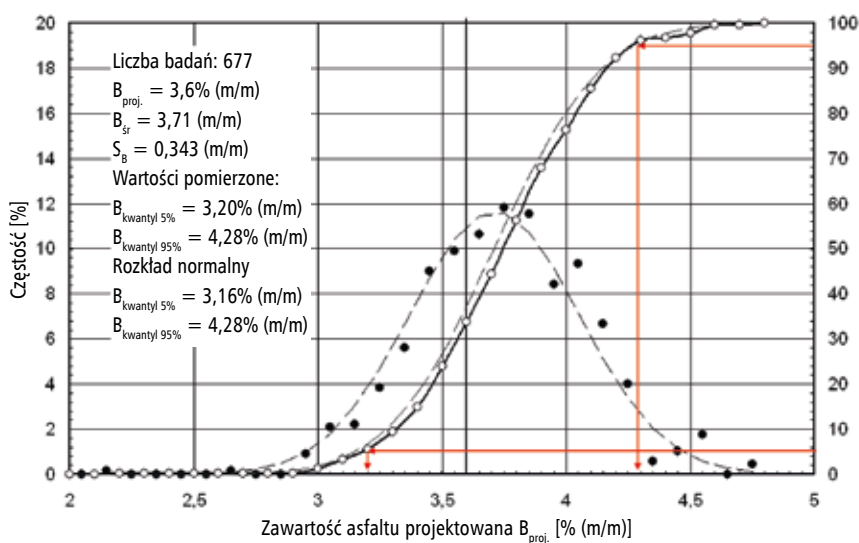
WPŁYW NA WŁAŚCIWOŚCI ZMĘCZENIOWE I PROGNOZĘ TRWAŁOŚCI NAWIERZCHNI

Wpływ zmienności na istotne parametry projektowe dotyczące trwałości nawierzchni określany był ilościowo w warunkach laboratoryjnych, a obejmował szereg badań przy systematycznej zmienności parametrów wpływających. Dokonano wyboru szeregu rodzaju mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych do wykonania warstwy podbudowy wiążącej oraz ścieralnej. W oparciu o wykonany zakres badań otrzymano wyniki odporności na zmęczenie mieszanki dla różnych wariantów mieszanki AC 22 T S.

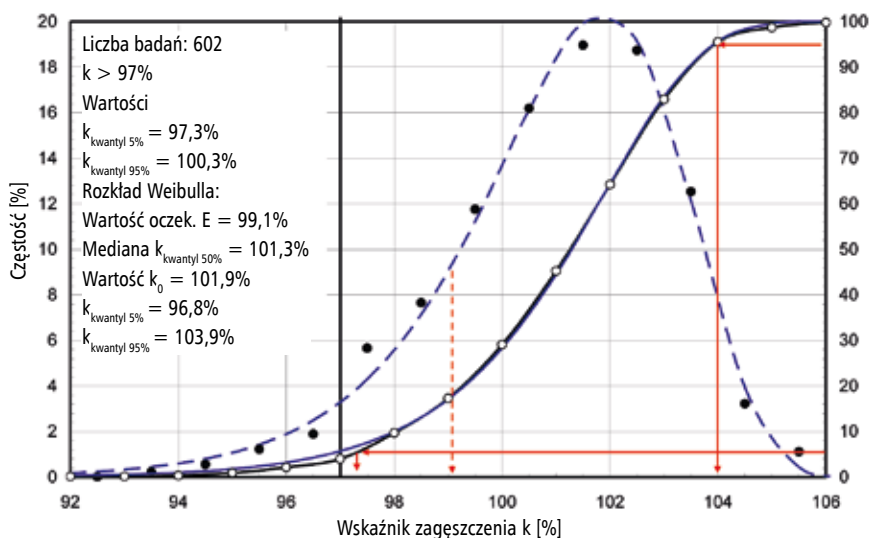
W kolejnym etapie w laboratorium użytkano 5 wariantów mieszanki AC 22 T S o różnych składach, zmieniających się zgodnie z wynikami analizy statystycznej:

- Wariant AC 22-1 – wariant referencyjny, optymalna zawartość asfaltu B, idealne uziarnienie mieszanki mineralnej; wskaźnik zagęszczenia k_{v1} osiągnięty
- Wariant AC 22-2 – wariant, w którym zagęszczenie jest jeszcze w przedziale wymaganym, niski wskaźnik zagęszczenia $k_{v2} = k_{\text{kwantyl 5\%}}$
- Wariant AC 22-3 – mieszanka dobrze zagęszczona: wysoki wskaźnik zagęszczenia $k_{v3} = k_{\text{kwantyl 95\%}}$
- Wariant AC 22-4 – mieszanka wrażliwa na zmęczenie: niewielka zawartość zaprawy asfaltowej, mała zawartość asfaltu $B_{\text{kwantyl 5\%}}$; uziarnienie mieszanki KGV $k_{\text{kwantyl 95\%}}$; krzywa uziarnienia w pobliżu dolnej krzywej granicznej uziarnienia
- Wariant AC 22-5 – wariant podatny na odkształcenia trwałe: duża ilość zaprawy, wysoka zawartość asfaltu $B_{\text{kwantyl 95\%}}$; krzywa uziarnienia mieszanki KGV $k_{\text{kwantyl 5\%}}$; przebieg w pobliżu górnej krzywej granicznej uziarnienia.

Warianty mieszanek AC 22-2 i AC 22-4 niewiele odbiegają od zakresów wymaganych przez przepisy ZTV Asphalt-StB i TL Asphalt-



Rys. 1. Mieszanka mineralno-asfaltowa na warstwę podbudowy AC 22 T S: rozkład częstości zawartości asfaltu



Rys. 2. Mieszanka mineralno-asfaltowa na warstwę podbudowy AC 22 T S: rozkład częstości wskaźnika zagęszczenia

-StB (przepisy obowiązujące w okresie wykonywania badań). Zestawienie parametrów dla każdego wariantu podano w tabeli 1.

Mieszanki mineralno-asfaltowe według poszczególnych wariantów zostały zagęszczane w specjalnym urządzeniu zagęszczającym w formie płyt o grubości 6 cm. Z płyt wycięte zostały próbki cylindryczne (średnica 150 mm, wysokość 60 mm). Regulacja warunków zagęszczenia następowała w warunkach kontroli energii, zgodnie z TP Asphalt St-B Część 33 – co dotyczyło wariantów AC

22- 1, AC 22-4 i AC 22- 5. W przypadku wariantów AC 22-2 i AC 22-3 energia zagęszczenia próbek była zmienna.

Badania laboratoryjne w zakresie oceny wytrzymałości na rozciąganie pośrednie zostały przeprowadzone wg AL Sp Asphalt (FGSV 2010). Wyniki badań parametrów zmęczeniowych uzyskane w laboratorium podano w tabeli 2.

W zakresie odporności na zmęczenie to warianty AC 22-3 (intensywnie zagęszczony) i AC 22-5 (wrażliwy na odkształcenia)

Tabela 1. Właściwości badanych wariantów mieszanek asfaltowych

	Warianty				
	AC 22-1	AC 22-2	AC 22-3	AC 22-4	AC 22-5
Lepiszczce	50/70				
Zawartość lepiszcza B [M.-%]	3,6			3,2	4,3
Kruszywo	wapień				
Krzywe uziarnienia	średnie		grube	drobne	
Wskaźnik zagęszczenia k [%]	99,9	97,0	101,2	-	-

Tabela 2. AC 22 TS: Rozkład funkcji zmęczeniowych – badanie rozłupywania. Warianty AC 22-1 do AC 22-5

Warianty mieszanki	Parametr C1 [-]	EkspONENTA C2 [-]	R ² [%]
AC 22-1	10,817	-3,114	93
AC 22-2	4,458	-3,244	95
AC 22-3	18,039	-2,925	96
AC 22-4	1,664	-3,657	91
AC 22-5	7,657	-3,347	99
Referencyjny RDO	2,821	-4,196	92

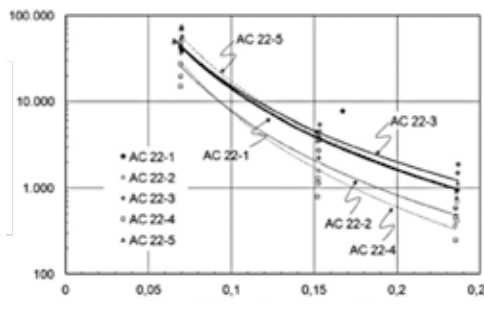


Tabela 3. Uwzględnienie wariantów budowy „Warstwa podbudowy asfaltowej na warstwie mrozoochronnej” wg RStO 01

		SV ₁	SV ₂	I	II	III
Przekrój (schematyczny)						
Grubość warstw [cm]	ścieralna	4				
	wiążąca	8				
	podbudowa – warianty	20/22/24 (Σ _{Miner} =1)	20/22/24 (Σ _{Miner} =1)	16/18/20 (Σ _{Miner} =1)	12/14/16 (Σ _{Miner} =1)	12/14/16 (Σ _{Miner} =1)
	mrozoochronna	95				
		80				

są bardziej odporne aniżeli wariant referencyjny. Natomiast bardziej wrażliwe w stosunku do wariantu referencyjnego są AC 22-2 (jeszcze odpowiednio zagęszczony) oraz AC 22-4 (mało odporny na zmęczenie).

Porównano parametry zmęczeniowe dla wariantu referencyjnego AC 22-1 z AC 22-3 (wysokie zagęszczenie) i AC 22-5 (duża zawartość lepiszcza, blisko górnej krzywej granicznej) oraz wariantów bardziej podatnych na zmęczenie AC 22-2 (niskie zagęszczenie) i AC 22-4 (niska zawartość asfaltu).

Przykładowo w badaniu zmęczeniowym, przy sprężystym odkształceniu początkowym wynoszącym 0,1‰, ilość cykli, jakie przeszła mieszanka referencyjna AC 22-1 wynosiła 14 000, podczas gdy dla wariantu AC 22-2 uzyskano 7800 cykli, natomiast dla wariantu AC 22-4 tylko 7500. Przy takiej samej amplitudzie naprężeń rozciągających liczba przeniesionych zmian obciążenia jest niemal o połowę mniejsza.

Należy zauważyć, że nieuniknione odchyłki, jakie występują na budowie, dotyczące właściwości mieszanek asfaltowych, powodują istotne zmiany we właściwościach warstw nawierzchni.

Sztynność i odporność (trwałość) zmęczeniowa stanowią podstawowe wyjściowe parametry w mechanistycznym wymiarowaniu (projektowaniu) konstrukcji nawierzchni i bezpośrednio wpływają na obliczeniową żywotność nawierzchni.

Prognozy żywotności nawierzchni przeprowadza się w zależności od rodzaju konstrukcji i obciążenia ruchem wg wytycznych wymiarowania nawierzchni asfaltowych. Dodatkowo badany był także wpływ grubości warstwy podbudowy.

Wytyczne podają łączną szkodę zmęczeniową oraz grubość warstw niezbędne do uzyskania obliczeniowej żywotności 30 lat (Wistuba i inni, 2013).

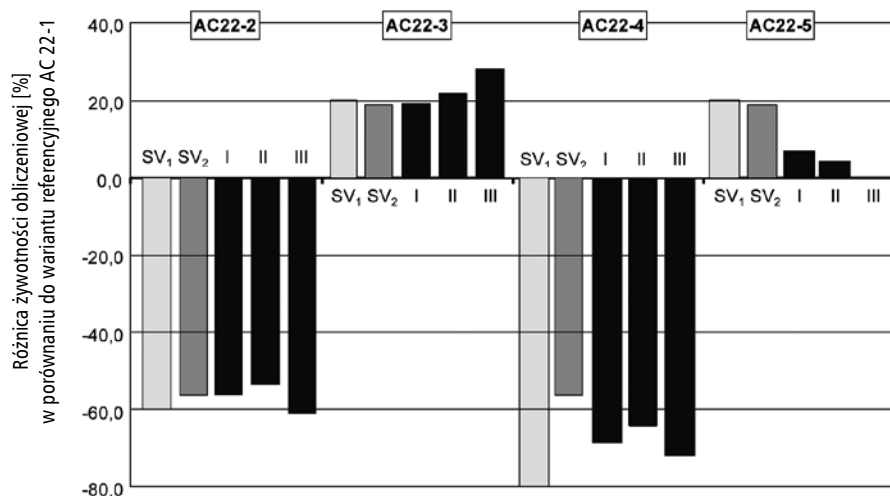
W tabeli 3 podano przykład analizowanych wariantów pod względem klasy budowy, natomiast rysunek 3 przedstawia wyniki obliczeń dla tych konstrukcji, wykorzystując różne rozwiązania podbudowy asfaltowej dla wariantów AC 22-2 do AC 22-5. Podana jest obliczona żywotność nawierzchni, stanowiąca odpowiedni procent żywotności wariantu referencyjnego AC 22-1.

Stwierdzono znaczne różnice w prognozowanych, ustalonych w sposób obliczeniowy, okresach żywotności nawierzchni. Gorszy jakościowo materiał użyty do wy-

Tabela 4. Przykład dotyczący potrąceń za niewłaściwą jakość wg ZTV Asphalt-StB 2007/2012 i „Zaleceń w sprawie umów na roboty budowlane przy zastosowaniu RDO Asphalt” [2011]

		Potrącenia w związku z wadami dla podbudowy, zgodnie z :			
		ZTV Asphalt-StB		Zalecenia...	
Grubość warstwy		$A = p/100 \cdot 3,75 \cdot EP \cdot F$		teoretyczna żywotność w zależności od odchyłki grubości w-y	
Zanizienie grubości warstwy	10%	tolerancja	0%	żywotność 80%	8%
	15%	$(15-10)/100 \cdot 3,75$	19%	żywotność 69%	18%
	20%	$(20-10)/100 \cdot 3,75$	38%	żywotność 59%	32%
Zawartość asfaltu		$p \leq 0,3\%: A = p/100 \cdot 30EP \cdot F$ $p > 0,3\%: A = (p \cdot 130 - 30) \cdot 100$		teoretyczna żywotność w zależności od odchyłki w zawartości asfaltu (oszacowanie żywotności na podstawie sum uszkodzeń – różnice wg Wellner i Dragon)	
Zanizienie o	0,35%	tolerancja (3 próbki)	0%	tolerancja	0%
	0,50%	$(0,5-0,35) \cdot 100 \cdot 30$	4,5%	żywotność 76%	15%
	0,75%		22%	żywotność 63%	25%
Wskaźnik zagęszczenia		$A = p^2/100 \cdot 3 \cdot EP \cdot F$		teoretyczna żywotność w zależności od odchyłki dla wartości wskaźnika zagęszczenia W_z	
98%		wartość graniczna	0%	tolerancja	0%
97%		$(98-97)^2 / 100 \cdot 3$	3%	żywotność 42%	58%
95%		$(98-95)^2 / 100 \cdot 3$	27%	żywotność 5,3%	100%

- A – potrącenie [euro]
 p – odchyłka powyżej wartości granicznej, względnie przekroczenie ponad tolerancję
 EP – cena jednostkowa
 F – powierzchnia oceniana



Rys. 3. Żywotność obliczeniowa przy zastosowaniu różnych wariantów podbudowy asfaltowej

konania warstwy podbudowy asfaltowej skracają wyraźnie żywotność w stosunku do wariantu referencyjnego AC 22-1. Z kolei ponadprzeciętnie dobry materiał na podbudowę powoduje wydłużenie żywotności nawierzchni. Skrócenie żywotności nawierzchni dla wariantu AC 22-2 (dostatecznie zagęszczony) zawarte jest w przedziale 54–61%, dla wariantu AC 22-4

(podatny na zmęczenie) 56–80% (!). Dla wariantu AC 22-3 (bardzo zagęszczony) wydłużenie żywotności zawiera się w przedziale 19–28%, dla wariantu AC 22-5 (nieodporny na odkształcenia) 0–20%.

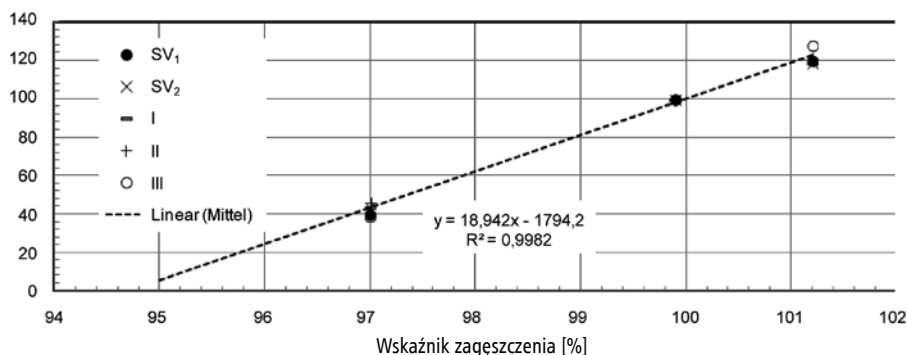
Na podstawie wyników obliczeń można wyprowadzić przybliżoną liniową zależność żywotności nawierzchni od wskaźnika zagęszczenia (rys. 4). Zgodnie z tym oblicze-

niowa żywotność, przy wskaźniku zagęszczenia wynoszącym 97%, jest zredukowana już o 42% w stosunku do żywotności zakładanej (projektowanej).

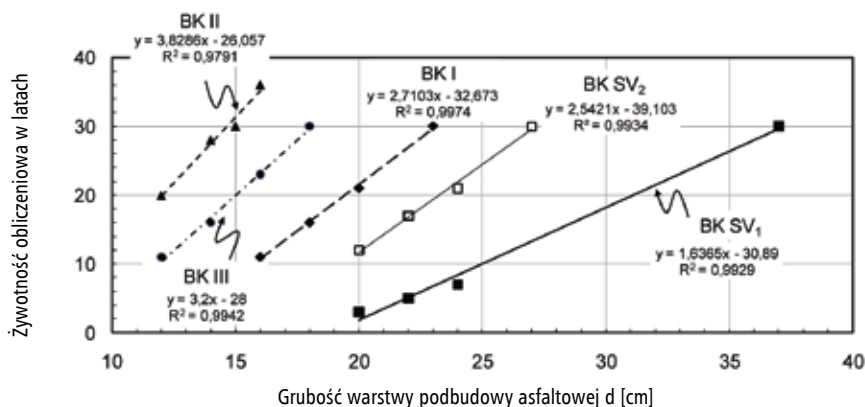
Wyniki badań potwierdzają też doświadczenia, z których wynika, że odporność MMA na powstawanie i rozwój spękań steruje strukturalną trwałością całej konstrukcji nawierzchni. W przypadku nieodpowiedniego zagęszczenia (niedogęszczenia), jak również przy wyborze mieszanki zawierającej niewielką ilość lepiszcza oraz zaprawy, MMA jest podatna na powstawanie spękań zmęczeniowych, wskutek czego obniża się trwałość nawierzchni.

W modelu obliczeniowym dla określonego obciążenia występuje zależność liniowa pomiędzy grubością a żywotnością nawierzchni. Krótki okres żywotności może być kompensowany większą grubością warstw. Na rysunku 5 przedstawiono zależność między teoretycznymi okresami żywotności nawierzchni a grubością warstw dla różnych wariantów grubości, w odniesieniu do wariantu referencyjnego AC 22-1.

Przedstawienie żywotności obliczeniowej w zależności od względnego odchylenia grubości każdej warstwy nawierzchni od grubości projektowanej, pozwala na uzyskanie

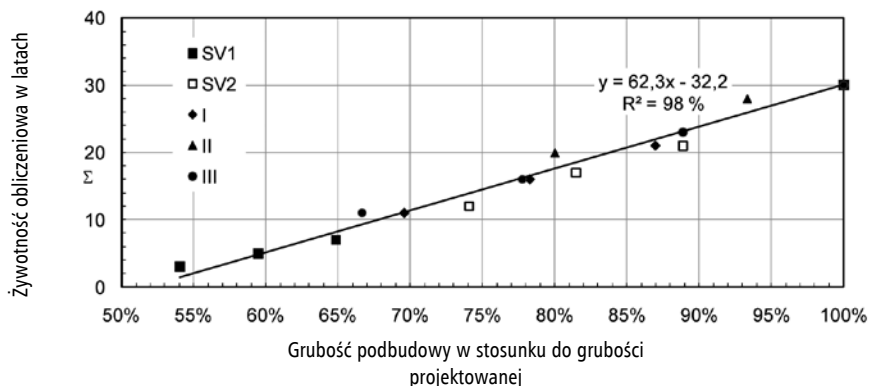


Rys. 4. Względna żywotność obliczeniowa dla wariantu AC 22-1



BK – odwierć

Rys. 5. Żywotność obliczeniowa wzmocniona z wariantem podbudowy AC 22-1 dla różnych klas obciążenia ruchem w zależności od grubości warstwy podbudowy



Rys. 6. Żywotność obliczeniowa w zależności od odchyłek grubości warstw

prostej regresji, niezależnie od przyjętego obciążenia ruchem pojazdów (rys. 6). Zmniejszenie grubości warstwy podbudowy asfaltowej o 10% prowadzi w efekcie do zmniejszenia żywotności nawierzchni o 5 lat (tzn. około 16% zakładanej żywotności wynoszącej 30 lat).

ZNACZENIE PRZEDSTAWIONYCH PROPOZYCJI DLA UMOWY BUDOWLANEJ

MMA zgodnie z przepisami technicznymi, w ramach badania typu, musi być optymalizowana w takim stopniu, by zostały speł-

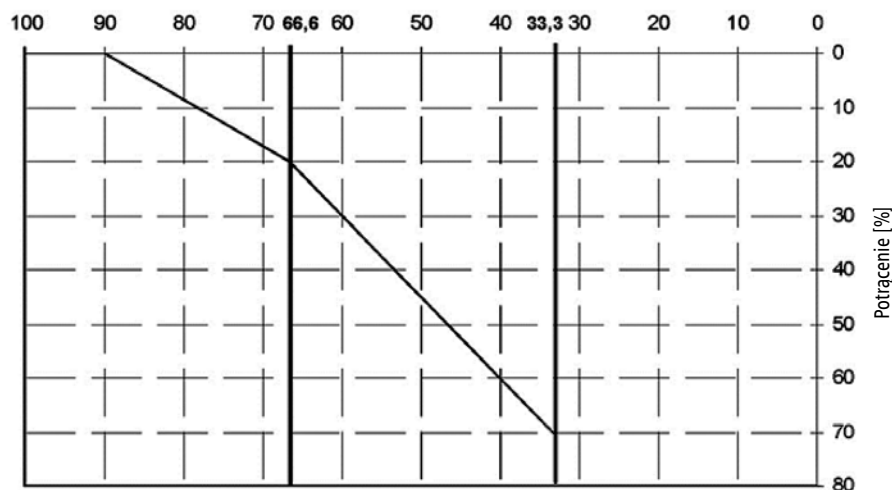
nione wszystkie wymagania podane w technicznych warunkach dostaw mieszanek mineralno-asfaltowych (TL Asphalt-StB 07). Wymagania określają parametry objętościowe mieszanki oraz dotyczące składu i uziarnienia. Zazwyczaj uziarnienie mieszanki jako element jakości jest zawarte w umowie na roboty budowlane. Kolejne przepisy tzn. Dodatkowe Techniczne Warunki Umowne i Wytyczne Wykonania Nawierzchni Asfaltowych (ZTV Asphalt-StB) ustalają m.in. w jakim stopniu istotne parametry MMA dostarczonej na budowę, a także właściwości wykonanej warstwy, mogą odbiegać od deklarowanych w dokumencie dostawy. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych tolerancji w odniesieniu do istotnych właściwości, powodujących skrócenie żywotności nawierzchni lub wzrost kosztów utrzymania, zamawiający ma prawo dokonywać kwotowych potrąceń od ustalonego wynagrodzenia. Podawane w wytycznych tolerancje są ujęte w wąskich przedziałach. Wymagania te można jednak spełnić w warunkach budowy.

Rozwiązaniem alternatywnym, w stosunku do konwencjonalnego sposobu ustalenia właściwości użytkowych nawierzchni drogi na podstawie składu ziarnowego i cech objętościowych, są metody oparte na badaniach laboratoryjnych i symulacjach matematycznych. Przy pomocy metody projektowania obliczeniowego ustalony zostaje pakiet warstw asfaltowych przy uwzględnieniu prognozowanego obciążenia ruchem pojazdów, warunków pogodowych oraz ustalonych na podstawie badań właściwości użytkowych materiałów, tzn. funkcje temperatury i sztywności dla warstwy ściernalnej, wiążącej i podbudowy, odporność na zmęczenie warstwy podbudowy.

Od czasu wprowadzenia w życie nowych przepisów tj. „Wytycznych dotyczących typowych rozwiązań dla nawierzchni przeznaczonych do ruchu” (RStO, FGSV 2012), zalecane jest stosowanie nowych „Wytycznych obliczeniowego projektowania konstrukcji stanowiących pakiet warstw asfaltowych” (RDO Asphalt 09; FGSV 2009) i to zarówno przy remontach nawierzchni i wzmocnieniu istniejących nawierzchni jak przy budowie nowych dróg o najwyższej klasie obciążenia ruchem pojazdów (klasa obciążenia BK100).

W przypadku inwestycji drogowych, dla których stosuje się projektowanie oblicze-

Czas użytkowania [%]



Rys. 7. Potrącenie w zależności od zredukowanej obliczeniowej żywotności (okresu trwałości)

niowe według RDO Asphalt 09, należy przyjmować wymagania zgodne z „Zaleceniami w sprawie realizacji umów budowlanych przy zastosowaniu RDO Asphalt” (FGSV 2011).

Dotychczas, zgodnie z zapisami w ZTV Asphalt-StB, umowy na roboty budowlane zawierały wymogi dotyczące przestrzegania składu mieszanek budowlanych w zakresie uziarnienia, zawartości lepiszcza, zawartości wolnych przestrzeni i wskaźnika zagęszczenia w wykonanych warstwach. Badanie typu zawarte było w umowie. Aby spełniony został warunek obliczeniowej żywotności nawierzchni (z reguły wynoszącej 30 lat), zgodnie z warunkami umownymi muszą być zachowane właściwości mechaniczne mieszanek mineralno-asfaltowych, tzn. sztywność w funkcji temperatury i właściwości zmęczeniowe. Tolerancje dotyczące właściwości mechanicznych nie zostały zdefiniowane.

W przypadku spełnienia wymagań ustalonych dla MMA, jak również właściwości zagęszczonych warstw, które są zgodne z wartościami podanymi w wytycznych ZTV Asphalt-StB, właściwości mechaniczne MMA nie wymagają dalszego sprawdzania. Jeżeli natomiast wymagania podane w ZTV Asphalt-StB nie zostały spełnione, warunek dotyczący odpowiedniej żywotności zagęszczonych warstw na drodze można wykazać na podstawie obliczeń, przy wykorzystaniu badań pobranych próbek. W sytuacji, gdy ob-

liczona żywotność nawierzchni będzie mniejsza o 10% w stosunku do zakładanej, wykonawca otrzyma niższe wynagrodzenie. Wysokość potrącenia obliczana jest jako procentowa różnica uzyskanej w rzeczywistych warunkach (na budowie) obliczeniowej żywotności w stosunku do żywotności zakładanej, z wykorzystaniem funkcji podanej w przepisach (rys. 7).

Podane uregulowania stanowią zachętę do wykonywania innowacyjnych rozwiązań w zakresie nawierzchni, ponieważ wykonawca ma możliwość zastosowania trwalszej mieszanki, która może nie spełniać wymagań TL Asphalt-StB, natomiast ma odpowiednio długą żywotność obliczeniową. W tym samym czasie mogą być jednak stosowane projekty według RDO Asphalt 09, w których brak jest tolerancji dla właściwości mechanicznych, oraz przepisy o naliczaniu potrąceń za wady. Nieuniknione wahania właściwości użytkowych wpływają na wyniki obliczeniowego projektowania. Obliczeniowa żywotność bezpośrednio określa wartość potrącenia. W przypadku gdy górne względnie dolne graniczne tolerancje według konwencjonalnych właściwości mieszanki asfaltowej w wykonanej mieszance zostaną przekroczone, można wyznaczyć istotne projektowe parametry materiałowe, a obliczeniową żywotność wyznaczyć na podstawie parametrów wykonanych warstw asfaltowych. W wyniku obliczenia potrącenie może wy-

nosić znacząco więcej niż przewiduje to ZTV Asphalt-StB, np. gdy obliczeniowa żywotność nawierzchni na podstawie badań próbek mieszanek asfaltowych wynosi mniej niż 10% zakładanej obliczeniowej żywotności. W porównaniu do standardowych zapisów umów budowlanych zgodnych z ZTV Asphalt-StB oznaczają one dla wykonawcy wysokie ryzyko finansowe.

Obliczeniowe projektowanie konstrukcji nawierzchni (np. przy wzmocnieniach) może być niekorzystne dla przemysłu materiałów budowlanych. Ilustruje to porównanie wartości potrąceń wg ZTV Asphalt-StB i wg wyżej wymienionych zaleceń, co przykładowo wyprowadzono w rekomendowanych scenariuszach obliczeniowych (tabela 4). Widać tu jak znaczne są różnice w potrąceniach.

Projektowanie nawierzchni drogowych metodą obliczeniową nie może być powodem niekorzystnych rozwiązań dla przemysłu pracującego na rzecz budownictwa. W celu ułatwienia wprowadzania nowych technologii, przy zaufaniu co do odpowiedniej jakości i siły innowacyjności niemieckiego przemysłu drogowego, należy podjąć działania, aby przy wykorzystaniu wytycznych RDO Asphalt wszelkie zasady potrącenia były każdorazowo bardziej rygorystyczne aniżeli w przypadku standardowych wymagań.

W związku z tym autorzy zalecają korektę obowiązujących w wytycznych ZTV Asphalt-StB zasad obliczania potrąceń, na przykład poprzez zwiększenie zakresu tolerancji o odchyłki požądanej żywotności (dotychczas 10%).

Alternatywnie można połączyć wymagania funkcjonalne wobec materiałów budowlanych z konwencjonalnymi. Przedstawione skutki wcześniejszych łagodniejszych odchyłek podstawowych właściwości mieszanek asfaltowych na mechaniczne właściwości warstw a tym samym trwałość nawierzchni wskazują jasno, że korzyścią rygorystycznego podejścia do parametrów mieszanek może być wzrost świadomości jakościowej podczas produkcji i wbudowywania.

**Michael Wistuba, Konrad Mollenhauer
i Axel Walther**
(artykuł pochodzi z czasopisma
„Strasse und Autobahn” nr 5, 2014);
tłumaczenie i opracowanie
Wiktor Murawski

Niezawodność nawierzchni asfaltowych – optymalizacja trwałości

Z okólnikiem budownictwa drogowego nr 11/2012 wprowadzono zmiany i uzupełnienia do podstawowych przepisów technicznych (ZTV Asphalt-StB 07, TL Asphalt-StB 07, TL Bitumen-StB 07) budowy nawierzchni asfaltowych.

Celem tych przepisów była reakcja na problemy i dyskusje na temat spadku trwałości dróg asfaltowych. Tu znalazły się przepisy dotyczące m.in. kontroli lepiszcza, zawartości lepiszcza w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz wskaźnika zagęszczenia wykonanych warstw asfaltowych. W międzyczasie przyjęto odpowiednie ustalenia do ZTV Asphalt-StB 07/13, TL Asphalt-StB 07/13 i TL Bitumen-StB 07/13.

By uaktualnić parametry objętościowe MMA i na nowo zdefiniować trwałość nawierzchni, przeprowadzono zakrojony na szeroką skalę zbiór danych. Były to dane z dużej liczby projektów budowlanych dotyczące minimalnej zawartości lepiszcza, stosunku wypełniacz–asfalt, zawartości wolnej przestrzeni (w próbkach Marshalla oraz odwiertach) i wskaźnika zagęszczenia.

W świetle obecnie obowiązujących tolerancji dla zawartości lepiszcza oraz kruszyw w mieszance asfaltowej trzeba rozważyć inne zmiany, jak np. dodanie wymagań odnośnie do stosunku wypełniacz–asfalt.

Należy wcześniej upewnić się, że wszystkie wymagania zostały postawione poprawnie, co może prowadzić do przeszacowania w systemie projektowania oraz produkcji mieszanki.

Rozważania na temat trwałości dróg nie zostały zakończone i są nadal kontynuowane w ciałach FGSV.

Dla zarządów drogowych obok aspektów, takich jak bezpieczeństwo ruchu drogowego (np. przyczepność) i komfort jazdy, trwałość dróg jest szczególnie ważna.

Ponieważ są one coraz bardziej obciążane ruchem, potrzebna jest wysoka jakość wykonania nawierzchni przy zachowaniu odpowiednich materiałów budowlanych i metod budowy.

W ostatnich latach zaobserwowano znaczne zmniejszenie trwałości nawierzchni asfaltowych, dotyczy to szczególnie warstw wiążących oraz

częściowo warstw podbudowy. Dlatego też w Towarzystwie Badawczym Dróg i Transportu (FGSV) oprócz rutynowych działań normalizacyjnych od jesieni 2011 r. podjęto te ukierunkowane na zwiększenie trwałości nawierzchni asfaltowych.

DZIAŁANIA PODJĘTE W CELU OPTIMALIZACJI TRWAŁOŚCI

W Towarzystwie Badawczym Dróg i Transportu (FGSV) w kole roboczym (Arbeitskreis) „warunki umowne – trwałość” (AK 7.1.4) od listopada 2011 były dyskutowane wnioski o zmiany w TL Asphalt-StB 07 i ZTV Asphalt-StB 07.

Stwierdzono, że przepisy TL Asphalt-StB 07 i ZTV Asphalt-StB 07 są wystarczające dla zapewnienia odpowiedniej trwałości.

Z drugiej strony z doświadczeń praktycznych wiadomo, że podczas produkcji mieszanek asfaltowych występują duże wahania właściwości materiałów wsadowych oraz samego wykonania i dlatego ostatecznie nawierzchnia nie ma pożądanych właściwości.

Podczas prac grupy roboczej (BG 1) zostały przedstawione konkretne propozycje dodatkowych względnie zmodyfikowanych wymagań i przepisów. Zostały one włączone do Okólnika Budownictwa Drogowego nr 11/2012 „Zmiany i uzupełnienia do przepisów technicznych budownictwa –asfaltowe warstwy nawierzchni” (ARS 11/2012), który został wydany w czerwcu 2012 roku. W międzyczasie zawartość ARS 11/2012 w zmienionej części została zintegro-

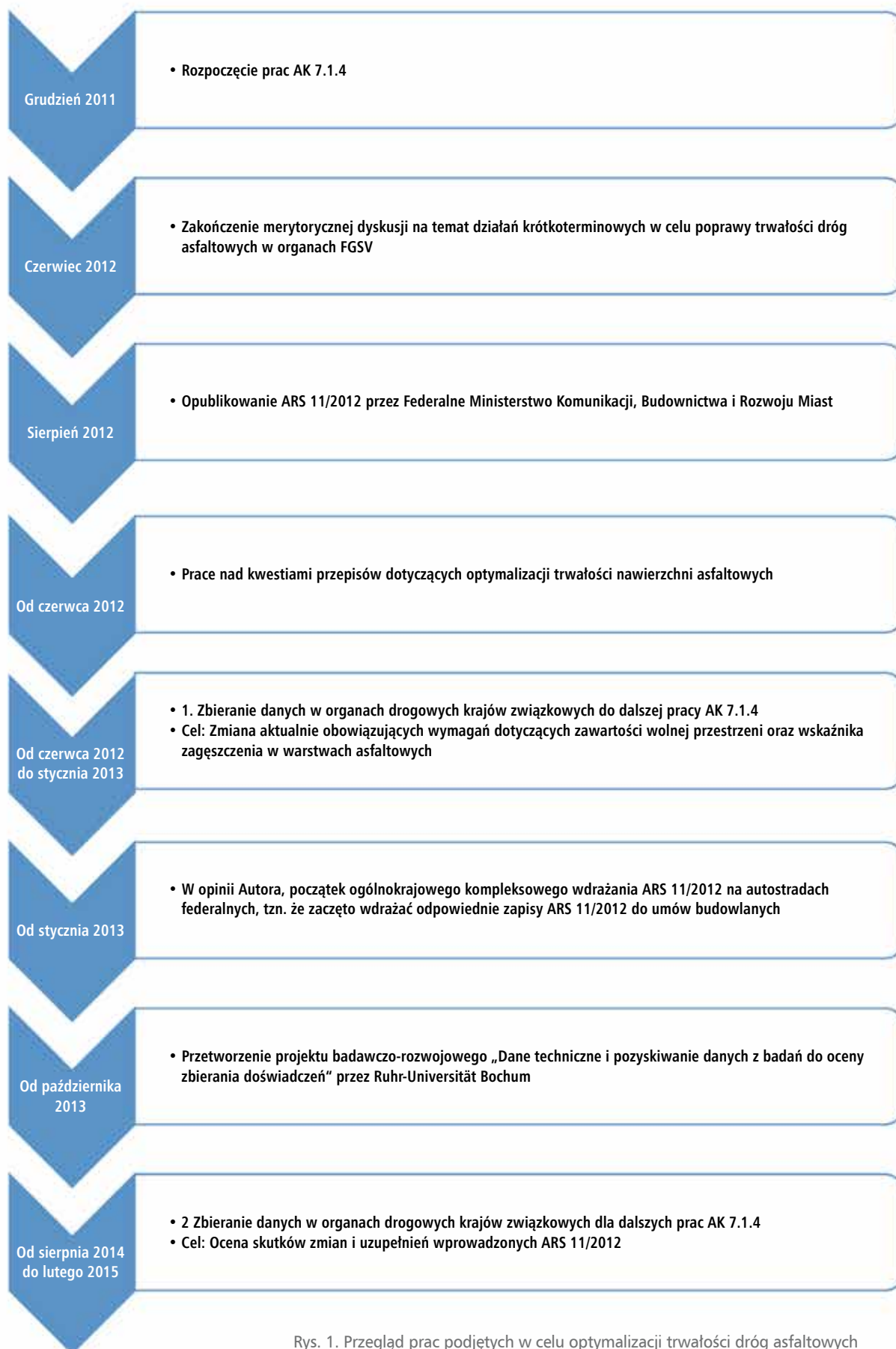
wana z TL Bitumen-StB 07/13, TL Asphalt-StB 07/13 i z ZTV Asphalt-StB 07/13. Przedstawiono cele i założenia, które były związane z przepisami ARS 11/2012.

Celem priorytetowym założeń ARS 11/2012 była „czerwona linia” dla poprawy trwałości warstw asfaltowych (szczególnie asfaltowych warstw ścieralnych), czyli podkreślenie, że najważniejsza jest wysoka jakość wykonania i zagęszczenia nawierzchni asfaltowej.

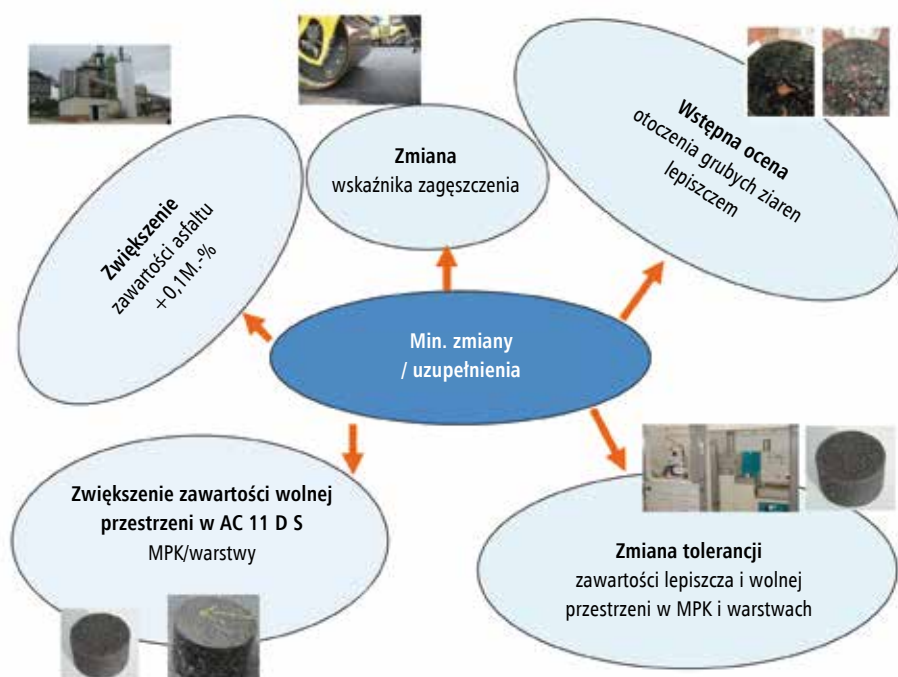
By osiągnąć założony cel, biorąc pod uwagę koncepcję MMA, należy unikać zbyt otwartych oraz suchych mieszanek. Z technicznego punktu widzenia problemy z trwałością mogą pojawić się w przypadkach mieszanek o zbyt dużej zawartości wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla (MPK) i niskiej zawartości lepiszcza. Cele założone w ARS 11/2012 będą realizowane również przy uwzględnieniu ekspansji właściwości lepiszczy bitumicznych. Dlatego przeprowadzane są też ich dodatkowe badania (rys. 2 przedstawia zasadnicze zmiany i uzupełnienia).

Federalny Instytut Badawczy Drogownictwa (BASt) został nagrodzony za projekt badawczo-rozwojowy pt. „Pozyskiwanie danych technicznych i ocena danych testowych dla zebrania doświadczeń” zrealizowany na Uniwersytecie Technicznym w Ruhr.

W trakcie realizacji projektu brano także pod uwagę badania typu wg TL Asphalt-StB. Obserwowano głównie zawartość wolnych przestrzeni w wypełniaczu, proporcjonalną głąbo-



Rys. 1. Przegląd prac podjętych w celu optymalizacji trwałości dróg asfaltowych



Rys. 2. Przykładowe zobrazowanie zmian w ARS 11/2012 w celu poprawy trwałości warstw asfaltowych

Tabela 1. Przekroczenie lub spadek podstawowych parametrów nawierzchni asfaltowej

Mieszanki asfaltowe wg rodzaju	Przekroczenia maksymalnych zawartości wolnych przestrzeni w MPK, uwzględniając tolerancje [%]	Przekroczenia maksymalnych zawartości wolnych przestrzeni w warstwach asfaltowych [%]	Przekroczenia wymaganego wskaźnika zagęszczenia od 97,0% [%]
AC 11 D S	1,6	13,9	9,9
SMA 8 S	16,5	18,9	8,2
SMA 11 S	4,9	10,6	5,9

Tabela 2. Proponowany poziom wymagań dla stopnia zagęszczenia

Warstwa asfaltowa z	ACT	AC B	AC D	SMA
Dolna granica tolerancji [%]	ZTV Asphalt-StB 07/13 Wskaźnik zagęszczenia % \geq 98,0			
Górna granica tolerancji [%]	Wartości są przedmiotem dyskusji i powinny być określone w odniesieniu do rodzaju mieszanki asfaltowej			

Tabela 3. Zawartość wolnej przestrzeni w warstwie wiążącej

Parametry warstw asfaltowych	AC 22 B S	AC 22 B S	AC 16 B N
Grubość warstwy [cm]	7,0 bis 10,0	5,0 bis 9,0	5,0 bis 6,0
Ilość materiału [kg/m ²]	175 bis 250	125 bis 225	125 bis 150
Wskaźnik zagęszczenia [%]	\geq 98,0	$>$ 98,0	$>$ 98,0
Wolna przestrzeń [Vol.-%]	\leq 8,0	$<$, 8,0	\leq 8,0

kość koleiny oraz dynamiczny moduł penetracji stemplem.

Do września 2012 r. postępy projektu były omawiane na czterech spotkaniach w ramach grona ekspertów. W obecnym stanie rzeczy szczegółowe sprawozdanie nt. oceny nie jest jeszcze możliwe.

DŁUGOTRWALY EFEKT POPRAWY PARAMETRÓW

Oprócz działań krótkoterminowych mających na celu polepszenie trwałości dróg (patrz ARS 11/2012) w czerwcu 2012 były prowadzone także prace mające dać długotrwały efekt. W tym celu pracę podjęły trzy grupy robocze AK 7.14, które zajęły się najbardziej istotnymi kwestiami.

Należy zaznaczyć, że wyniki pracy nie zostały jeszcze dogłębnie omówione.

GRUPA ROBOCZA BG I „WYMAGANIA OBJĘTOŚCIOWE ORAZ WSKAŹNIK ZAGĘSZCZENIA”

Prace grupy roboczej BG 1 skupiały się na postawieniu nowych wymagań w ZTV Asphalt-StB 07 odnośnie do zawartości wolnej przestrzeni i wskaźnika zagęszczenia.

Zainicjowano przegląd dostępnych danych na poziomie federalnych administracji drogowych. Celem było zebranie wstępnych danych dotyczących badań typu mieszank asfaltowych jak i badań kontrolnych, w szczególności wyników z odwiertów.

Należało uzyskać informacje dotyczące gęstości oraz gęstości objętościowych, zawartości wypełniacza i lepiszcza, zawartości wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla (MPK) i odwiertach oraz wskaźnika zagęszczenia. Koordynacją ankiety w dziewięciu landach zajął się dr inż. D. Marquardt.

Prof. P. Renken z Uniwersytetu Technicznego w Braunschweig zajął się oceną 4400 wiarygodnych danych.

W przypadku analizy danych mieszank na warstwę ścieralną brano pod uwagę mastyks gryzowy 8 S (SMA 8 S) i 11 S (SMA 11 S) oraz beton asfaltowy 11 S (AC 11 S). Ponadto przeanalizowano wyniki dla warstwy wiążącej AC 16 B S i AC 22 B S.

Z jednej strony dało się zauważyć małe zmiany zawartości lepiszcza i wypełniacza między badaniami typu (EP) a wynikami badań kontrolnych (KP). Z drugiej strony uzyskano większe odchyłki w proporcji wypełniacz-asfalt z badań typu oraz badań kontrolnych. W porównaniu do badań typu w badaniach

kontrolnych odnotowano wzrost wskaźnika wypełniacz-asfalt. Zidentyfikowano też niekorzystny obszar wartości (wskaźnik wypełniacz-asfalt od 1,6 do 2,4). Wyniki wszystkich rozważanych rodzajów i gatunków mieszanek asfaltowych w zakresie zawartości wolnej przestrzeni również wskazują nieprawidłowości. Widać tu istotne różnice między wynikami badań typu i badań kontrolnych. W trakcie badań kontrolnych zaobserwowano zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla poza dopuszczalną tolerancję. Wyniki te korespondują z wynikami wskaźników zagęszczenia. Uderzające jest to, że dla SMA 8 S zauważono problemy we wszystkich przypadkach (tab. 1):

- maksymalna zawartość wolnej przestrzeni w MPK (uwzględniając tolerancję)
- zawartość wolnej przestrzeni w wykonanych warstwach
- wymagana wartość wskaźnika zagęszczenia od 97,0%

Przedstawione wyniki zaobserwowano w praktyce przed wprowadzeniem w życie ARS 11/2012. Dlatego też do ich oceny stosowane są wymagania TL Asphalt-StB 07 i ZTV Asphalt-StB 07.

Przy wskaźniku zagęszczenia 97,0% wymagane zawartości wolnej przestrzeni w wykonanych warstwach wynoszą odpowiednio 6,5 Vol.-% (AC 11 D S) i 5,0 Vol.-% (SMA 8 S).

Dla maksymalnych zawartości wolnej przestrzeni w MPK wyniki będące kryterium oceny uwzględniają tolerancję, czyli 6,0 Vol.-% (= 4,5 + 1,5 dla AC 11D S) i 4,0 Vol.-% (= 3,0 + 1,0 dla SMA 11 S). W odniesieniu do maksymalnej zawartości wolnej przestrzeni w MPK dla mieszanek typu AC 11 D S wynik 1,6 Vol.-% spełnia postawione wymagania. W przypadku mieszanki SMA 11 S wynik 4,9 nie spełnia wymagań. Uderzające jest to, że przy wyniku 16,5% dla mieszanki SMA 8 S znacznie zostały przekroczone dopuszczalne tolerancje zawartości wolnej przestrzeni. Zdaniem autora, jak zaobserwowano przy założonej w badaniu typu zawartości wolnej przestrzeni w MPK w stosunku do SMA 8 S, może to powodować duże problemy praktyczne przy wbudowaniu. Wartości graniczne dla zawartości wolnej przestrzeni w wykonanej warstwie w przypadku AC 11 D S były przekroczone o 13,9%. Dla mieszanek SMA przekroczenia wynosiły odpowiednio 18,9% (SMA 8 S) i 10,6% (SMA 11 S). Przekroczenie wartości wolnej przestrzeni jest tłumaczone dwójako. Oprócz niedostatecznego zagęszczenia wysoka zawar-

Tabela 4. Tolerancje dla zawartości lepiszcza [M.-%]

Liczba próbek	1	2	3 do 4	5 do 8	9 do 19	Powyżej 20
ACT	± 0,5	± 0,45	± 0,40	± 0,35	± 0,30	± 0,25
ACB AC D SMA PA MA ACTD	± 0,4	± 0,40	± 0,35	± 0,30	± 0,25	± 0,20

Tabela 5. Tolerancje zawartości lepiszcza i wypełniacza <0,063 mm [M.-%]

Ilość próbek	1	2	3 do 4	5 do 8	9 do 19	Powyżej 20
ACT	+ 7,0 -3,0	+ 6,7 -2,7	+ 6,4 -2,4	+ 6,1 -2,1	+ 5,8 - 1,8	+ 5,5 -1,5
AC B AC D SMA ACTD	± 3,0	± 2,7	± 2,4	± 2,1	± 1,8	± 1,5
MA	± 4,5	± 3,6	± 3,2	± 2,8	± 2,5	± 2,2
PA	± 2,0	± 1,7	± 1,5	± 1,4	± 1,3	± 1,2

$$\frac{\text{Udział wypełniacza (wg EP) + tolerancja (w. ZTV)}}{\text{Założona zawartość lepiszcza (w. EP)}} = \text{F-B-V-Faktor}$$

Zasada ustalania F-B V-Faktor

$$\frac{8,0 + 3,0}{6,1} = 1,8$$

Obliczanie współczynnika F-B-V-Faktor

Tabela 6. Tolerancja dla zawartości lepiszcza rozpuszczalnego

Cecha	Dopuszczalny zakres [Masa-%]	Obszar poza dopuszczalnym poniżej/powyżej zakresu [Masa-%]		
		<0,05	0,06 bis 0,20	≥0,21
Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego	Wartość zadozowana wg deklaracji ± 0,30 Masa-%			
Punkty kontrolne	–	2	5	10

tość wolnej przestrzeni może być również spowodowana niewłaściwym składem mieszanki mineralno-asfaltowej, co mogło utrudnić firmom drogowym uzyskanie odpowiedniej zawartości wolnej przestrzeni. W zasadzie w ba-

daniach należy zawsze oceniać każdy przypadek indywidualnie, uwzględniając warunki wbudowania i przekroczenia. Przedstawione tu dane dla AC 11 D S i SMA 11 S odnośnie do przekroczenia maksymalnej

Tabela 7. Łączna ocena wszystkich odchyłek

Przypadek	Klasyfikacja	Łączna ocena	
		ścieralna/wiążąca	podbudowa
a	nieznaczne odchyłki	0–2	0–2
b	małe odchyłki	3–9	3–14
c	istotne odchyłki	10–19	15–24
d	znaczące odchyłki	>20	>25

zawartości wolnej przestrzeni w MPK (1,6 oraz 4,9%) dotyczą relatywnie niewielu przypadków. Z drugiej strony zostały zidentyfikowane dość częste przekroczenia maksymalnej zawartości wolnej przestrzeni w wykonanych warstwach wynoszące dla AC 11 D S 13,9% i dla SMA 11 S – 10,6% (mimo dobrych warunków zagęszczania warstw asfaltowych). Jest to godne uwagi, ponieważ mieszanki AC 11 D S jak również SMA 11 S są w porównaniu z SMA 8 S dużo bardziej zagęszczalne. Sugeruje to, że w praktyce (z jakiegokolwiek powodu) jest to warunkiem nieodpowiedniego zagęszczenia. Przekroczenie zawartości wolnej przestrzeni w MPK dla mieszanki SMA 11 S wynosi 18,9% i jest to wartość największa spośród analizowanych przekroczeń wolnej przestrzeni w MPK.

W wykonanych warstwach wartości wskaźnika zagęszczenia były przekroczone odpowiednio od 5,9% do 9,9%. Należy zauważyć, że wartość graniczna wskaźnika zagęszczenia była określona na poziomie 97,0%. Jest to szczególnie ważne, gdyż zapis umowy budowlanej, czyli wskaźnik zagęszczenia do 97,0%, prowadzi do błędnych interpretacji, ponieważ z technicznego punktu widzenia powinien on wynosić 100% zgodnie z [9]. Wskaźnik zagęszczenia nie jest wystarczający, obowiązuje też maksymalna zawartość wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie. W związku z tym przedsiębiorstwo drogowe musi uwzględnić poprawkę w odniesieniu do wskaźnika zagęszczenia. Jeśli wartość wymaganego wskaźnika zagęszczenia 97,0% została przekroczona 6–10%, zawartość wolnych przestrzeni w warstwach wzrosła o 18,9% co jest oznaką nieodpowiedniego zagęszczenia. Oczywiście jest również, że wskaźnik zagęszczenia na poziomie 97,0% nie zapewnia spełnienia łącznie wymagań odnośnie do zawartości wolnych przestrzeni w warstwach i wskaźnika zagęszczenia. Okazuje się, że środki przewidziane w ARS 11/2012 (częściowe zmniejszenie zawartości wolnej przestrzeni w warstwie oraz zwiększenia wskaźnika zagęszczenia) są odpowiednim kierunkiem dla zwiększenia trwałości warstw asfaltowych.

W poprzednich wersjach było to zgłaszane dla odpowiednich rodzajów mieszanek asfaltowych względnie dla wszystkich warstw asfaltowych. Dodatkowo należy zauważyć, że wolne przestrzenie w rdzeniach pobranych z warstwy wynosiły nawet do 12,0 Vol.-%. Maksymalne zawartości wolnej przestrzeni w MPK leżały w przedziale dla AC 11 D S od 7,5 Vol.-% i dla SMA od 10,5 Vol.-% (SMA 8 S) i 8,5 Vol.-% (SMA 8 S).

Należy jeszcze raz podkreślić, że dane te były zebrane przed wdrożeniem ARS 11/2012. Następnie pod tym względem przeanalizowano wyniki z praktyki budowlanej otrzymane po zmianach w ARS 11/2012. Konieczne jest zatem dalsze zbieranie danych, by pokazać wpływ zmian i uzupełnień w ARS 11/2012.

WYMAGANIA DLA WSKAŹNIKA ZAGĘSZCZENIA

Wymagany wskaźnik zagęszczenia w warstwach asfaltowych należy określić na $k=100\%$. Parametr ten określa znaczenie zagęszczenia dla trwałości poszczególnych warstw. Ta wartość musi być wymagana przy rozliczaniu robót budowlanych wg umów przy uwzględnieniu odpowiednich tolerancji dla różnych warstw (tab. 2).

Dolna wartość graniczna tolerancji powinna być tak dobrana, aby obecne wymaganie $k=98,0\%$ było spełnione. Oznacza to, że dla wymaganej wartości $k=100\%$ tolerancja wynosiłaby 2,0%. Dla górnej granicy tolerancji odpowiednie wartości są dopiero dyskusyjne. Będą one zależne od rodzaju mieszanki asfaltowej. Zaznacza się także, że podczas zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych należy unikać ich przegęszczenia.

WYMAGANIA DLA ZAWARTOŚCI WOLNYCH PRZESTRZENI W WARSTWIE WIĄŻĄCEJ

W związku z problemem trwałości asfaltowych warstw wiążących w ramach AA 7.1 dyskutowano nad wprowadzeniem maksymalnej zawartości wolnych przestrzeni w asfaltowych warstwach wiążących wynoszącej 8,0%. Ten wymóg nie był

do tej pory postawiony. Tabela 3 przedstawia wymagania dla warstw wiążących wraz z dodatkowymi wymaganiami dla maksymalnej zawartości wolnych przestrzeni. W tym kontekście maksymalna zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla wg TL Asphalt-StB powinna wynosić 5,5 Vol.-% ($V_{max} 5,5$).

GRUPA ROBOCZA BG 2 „ZAWARTOŚĆ LEPISZCZA, STOSUNEK WYPEŁNIACZ-ASFALT”

Należy zauważyć, że obecnie zarówno w TL Asphalt-StB jak i ZTV Asphalt-StB nie stawia się wymagań odnośnie do stosunku wypełniacz-asfalt (F-B-V) (Füller-Bitumen-Verhältnis). Jednakże w celu poprawy trwałości warstw asfaltowych stosunek wypełniacz-asfalt jest przedmiotem zainteresowania. W trakcie prac grupy roboczej BG 2 wskaźnik wypełniacz-asfalt określono na podstawie wielu receptur dla różnych typów mieszanek asfaltowych i dokonano analizy wrażliwości mieszanek (z uwzględnieniem dopuszczalnych tolerancji). Tolerancje dla zawartości lepiszcza jaki i wypełniacza, które przewidziano w ZTV Asphalt-StB (tab. 5), prowadzą z technicznego punktu widzenia do wykorzystania tolerancji (zawartość lepiszcza, np. dolny zakres, i udział wypełniacza, np. górny zakres) stosunku wypełniacz-asfalt do oceny warstw asfaltowych w sensie krytycznego obszaru trwałości. Dodatkowo na podstawie wyników badań kontrolnych została przedyskutowana możliwość wprowadzenia wymagań i tolerancji w tym zakresie.

W ramach AK 7.1.4 omówiono wprowadzenie różnych modeli (dyskutowano zalety i wady względne i bezwzględne wymagania) wymagań dla stosunku wypełniacz-asfalt. Wychodząc z istniejących tolerancji w odniesieniu do zawartości wypełniacza, celem jest ograniczenie stosunku wypełniacz-asfalt F-B-V-Faktor w badaniu typu (EP).

Podstawową zasadą jest unikanie małej ilości lepiszcza i dużej ilości wypełniacza. Biorąc pod uwagę, że w ramach badań kontrolnych zawartość asfaltu może być niższa niż w badaniu typu, dla uzyskania odpowiedniego stosunku wypełniacz-asfalt została określona nowa górna granica zawartości wypełniacza.

Począwszy od zawartości wypełniacza 8,0 M.-% z badania typu i tolerancji dla pojedynczego wyniku zawartości wypełniacza $<0,063$ mm do 3,0 M.-% (tab. 5) przy założonej zawartości lepiszcza 6,1 M.-% z badania typu otrzymujemy stosunek wypełniacz-asfalt równy 1,8.

Przy założeniu, że zawartość lepiszcza w badaniu kontrolnym będzie wynosiła 5,7 M.-%, biorąc pod uwagę obliczony stosunek wypełniacz-asfalt, otrzymujemy nową górną granicę tolerancji zawartości wypełniacza do 10,3 M.-% ($5,7 [M.-%] \times 1,8 = 10,3 [M.-%]$). Nowa granica jest niższa od dotychczasowej górnej granicy tolerancji zawartości wypełniacza wg ZTV Asphalt-StB wynoszącej 11,0 M.-% ($= 8,0 [M.-%] + 3,0 [M.-%]$).

W opinii autora, opisana powyżej procedura ograniczenia zawartości wypełniacza bierze pod uwagę wyżej opisane pojęcia podstawowe, przepisy ZTV Asphalt-StB i odpowiednie badania typu. Prezentowana metoda przedstawia inny sposób zwiększenia trwałości nawierzchni asfaltowych bez znacznej ingerencji w istniejący system. W odniesieniu do opinii wypracowanej w ramach AK istnieje wyraźna tendencja wprowadzenia wymagania stosunku wypełniacz-asfalt jako relatywnie dobrego wymagania na etapie badania typu. Obecnie członkowie AK w ramach grup roboczych zwracają szczególną uwagę na wypracowanie praktycznego modelu oceny skutków wprowadzenia powyższej zmiany.

GRUPA ROBOCZA BG 3 „OBLICZENIOWA ZAWARTOŚĆ LEPISZCZA”

Celem prac grupy roboczej BG 3 było określenie przyczyn zbyt chudych w składzie mieszanek asfaltowych. Należy rozważyć (zwłaszcza ze względów ekonomicznych w projektowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych) unikanie projektowania wg minimalnych zawartości lepiszcza wg TL Asphalt-StB. Powinno to być m.in. bodźcem do nieredukowania bardzo potrzebnych zielonych (ekologicznych) lepiszczy zwłaszcza w fazie ich wyboru. Ten cel można osiągnąć m.in. przez zastosowanie uregulowań premia/kara.

W przeszłości w Niemczech w ramach krajów związkowych opracowano różne warianty wyznaczania obliczeniowej zawartości lepiszcza. Stało się tak m.in. za przyczyną władz budowlanych dla specyfikacji cenowej zawartości lepiszcza przy różnych typach i rodzajach mieszanek asfaltowych, które miały być później wykorzystywane jako podstawa do obliczeń cenowych.

W ramach prac BG 3 okazało się, że zagadnienie to jest bardzo krytycznie oceniane w Federalnym Ministerstwie Transportu i Infrastruktury Cyfrowej (BMVI) w zakresie ceny umownej

i ceny ofertowej. Z perspektywy BMVI brak jest działań w celu wprowadzenia w przepisach zasady premii/kary dla określania zawartości lepiszcza. Takie zasady są możliwe do wprowadzenia jedynie na późniejszym etapie (np. przedłużenie terminu zgłaszania roszczeń i wad).

W tym kierunku są prowadzone dalsze prace w ramach AK 7.1.4. Kwestia ta powinna być przedyskutowana w momencie gdy będą już widoczne efekty zmian wprowadzonych odpowiednimi zapisami w ARS 11/2012.

DAŻENIE DO POPRAWY TRWAŁOŚCI NAWIERZCHNI

Kwestia trwałości dróg asfaltowych i zapewnienia jakości w budownictwie drogowym jest przedmiotem dyskusji także w krajach sąsiednich. W tym kontekście, zmiany wg AK 7.1.4 w procedurach zapewnienia jakości były przedmiotem dyskusji z kolegami dr. inż. Z. Hansem-Peterem Beyelem z Federalnego Urzędu Dróg (ASTRA) ze Szwajcarii.

W zasadzie, szwajcarskie przepisy dotyczące zapewnienia jakości są oparte na dążeniu do standaryzacji przepisów obowiązujących w poszczególnych kantonach. Znalazło to wyraz w „Transfer: Wymagania jakości warstw bitumicznych – Działania w przypadku odchyłek” [10] i szwajcarskiej normie 640 434a: „Plan badań dla mieszanek wałowanych” [11]. Zasadniczo, przepisy te oparte są, podobnie jak w Niemczech, na aktualnych normach europejskich.

Podstawową zasadą w przepisach szwajcarskich dotyczących zapewniania jakości jest to, że dostarczone w specyfikacji parametry techniczne muszą być spełnione, ponieważ są bardzo istotne dla trwałości nawierzchni. Należy do nich np. zawartości lepiszcza, zawartość wolnej przestrzeni w warstwie, szepność. Jeżeli po zakończeniu realizacji projektu budowlanego występują różnice w założonych parametrach umownych, powinno być to rozpatrywane indywidualnie. W tabeli 6 pokazano przykładowe wymagania dla zawartości lepiszcza rozpuszczalnego.

Jeżeli wynik badania zawartości asfaltu jest poza dopuszczalnym zakresem wskazanym tolerancją $\pm 0,30 M.-%$ wartości założonej, każdy przypadek rozpatruje się odrębnie. Dodatkowo przekroczenia od dopuszczalnej odchyłki oraz w zależności od poziomu przekroczenia tolerancji klasyfikuje się wg trójstopniowego systemu ($< 0,05\% M.-%$, $0,0$ do $0,20 M.-%$, $2 > 0,21 M.-%$). Dla każdego po-

ziomu odchyłek poza dopuszczoną tolerancją w systemie trójstopniowym, przypisane są punkty kontrolne.

Procedura ta jest przeprowadzana dla wszystkich istotnych parametrów technicznych. Jest ona całościową oceną wszystkich odchyłek (tab. 7). W przedstawionych przypadkach należy podjąć odpowiednie czynności, brak działania (przypadek a), poprawa lub odliczenia (przypadek b), naprawa, wymiana lub wycofanie (przypadek c), sprostowanie lub wymiana (przypadek d).

Należy zauważyć, że w szwajcarskim systemie zapewnienia jakości występuje szereg połączonych ze sobą warunków brzegowych, które znacząco różnią się od przyjętych w Niemczech norm.

Jednakże w ramach AK 7.1.4 po dogłębnej dyskusji oraz ocenie postępowania Szwajcarów i porównaniu do niemieckiego systemu zapewnienia jakości, zauważono szereg pozytywnych aspektów, dlatego AA 7.1 poleciło ponownie podjąć temat szwajcarskich sposobów działania i podejścia do trwałości dróg asfaltowych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że w pracy tej, są opisane działania, które zostały podjęte i przeprowadzone w ostatnich latach w celu optymalizacji trwałości nawierzchni asfaltowych. Należy zauważyć, że optymalizacja trwałości w celu stworzenia trwałych nawierzchni asfaltowych, pozostaje problemem szczególnej wagi.

Doświadczenia z przeszłości pokazują, że cele krótkoterminowe ARS 11/2012 wyznaczane dla poprawy trwałości są krokiem w dobrym kierunku.

Należy jeszcze raz podkreślić, że dyskusje nad średnioterminowymi zmianami w grupie roboczej „Budownictwo asfaltowe” FGSV nie zostały ostatecznie zakończone. Istnieją problemy, które powinny być zawarte w podstawowej wersji głównych przepisów technicznych dotyczących nawierzchni asfaltowych. Zbliżający się w następnym roku przegląd ZTV Asphalt-StB i TL Asphalt-StB, musi odbyć się również z powodu zmian w Europejskim Systemie Normalizacyjnym dotyczących nawierzchni asfaltowych, których wdrożenie jest oczekiwane do 2017 roku.

Hans-Hermann Weßelborg
(artykuł pochodzi z czasopisma
„Strasse und Autobahn” nr 6, 2015);
tłumaczenie i opracowanie
Wiktor Murawski



Nowe podejście do technologii asfaltowych nawierzchni drogowych

Łączna długość sieci drogowej w Polsce wynosi ok. 380 000 km, z tego ok. 5% to drogi krajowe administrowane przez GDDKiA, ok. 6% to drogi wojewódzkie i ok. 89% to drogi powiatowe i gminne. Dziś przebudowywane i to na wielką skalę są drogi podlegające GDDKiA oraz w mniejszym stopniu drogi wojewódzkie. Drogi powiatowe i gminne są właściwie tylko remontowane – głównym celem jest utrzymanie ich przejezdności.

Realizacje firmy PPUH Efekt, Krakowiany

Wzrastający z roku na rok ruch drogowy wymusza poszukiwanie nowych, bardziej trwałych konstrukcji drogowych. Dotyczy to nie tylko ulic w miastach, ale również dróg zamiejskich. Budowa autostrad i dróg ekspresowych pociąga za sobą konieczność przebudowy sieci drogowej, na którą skierowany zostanie ruch samochodowy z węzłów autostradowych i dróg ekspresowych. Istniejąca sieć dróg samorządowych (drogi wojewódzkie, powiatowe i gminne) nie ma odpowiednich parametrów technicznych, które pozwoliłyby jej ten ruch przejąć. Niedostateczna nośność mostów i wiaduktów, konstrukcji nawierzchni dróg, nieodpowiednia szerokość pasów korpusu drogowego i linii rozgraniczających, nienormalatywne spadki podłużne to powody, dla których drogi te powinny zostać gruntownie przebudowane i zmodernizowane.

Wzrost wymagań dotyczących jakości nawierzchni drogowych i jednocześnie stały niedobór środków na realizację inwestycji na drogach samorządowych wymuszają poszukiwanie nowoczesnych, a zarazem tanich rozwiązań w zakresie utrzymania, modernizacji i budowy infrastruktury komunikacyjnej.

CO NIECO O TECHNOLOGII

Zanizowana nośność konstrukcji nawierzchni drogowych to przede wszystkim skutek zastosowania zbyt cienkiego pakietu warstw konstrukcyjnych. Na warstwy gruntu przekazywane są zbyt duże naprężenia, a konstrukcja ugina się zbyt mocno i na spodach warstw konstrukcyjnych powstają zbyt duże odkształcenia pionowe, a na spodach warstw wykonanych z mieszanek mineralno-asfaltowych powstają zbyt duże naprężenia rozciągające i zbyt duże odkształcenia poziome. Konsekwencją tego wszystkiego jest pękanie warstw.

Stałym przedmiotem dyskusji drogowców jest to, czy konstrukcja nawierzchni pracuje na ściskanie czy na rozciąganie. Oczywiście w naturze występują oba zjawiska i trzeba się z nimi zmierzyć jednocześnie.

Jeżeli założyć, że konstrukcja pracuje na ściskanie, to do jej budowy należałoby użyć mieszanek typu betonowego o ciągłym uziarnieniu, charakteryzujących się

dużą stabilnością i małymi odkształceniami.

Jeżeli założyć, że konstrukcja pracuje na rozciąganie, to do jej budowy należałoby użyć mieszanek charakteryzujących się dużymi odkształceniami granicznymi, co jest konsekwencją wprowadzenia dużych ilości lepiszcza, a dokładniej pokrycia ziaren kruszywa stosunkowo grubą powłoką asfaltową. Taka otoczka zwiększa odkształcenie graniczne przy rozciąganiu oraz zwiększa wytrzymałość na rozciąganie.

Wykonanie otoczek asfaltowych jest możliwe dzięki dodaniu do mieszanek mineralno-bitumicznych włókien stabilizujących. Dodatek włókien oznacza wprowadzenie do mieszanki mineralnej składnika o dużej powierzchni właściwej, który sprawia, że na powierzchni całości mieszanki utrzymuje się zwiększona ilość lepiszcza, i który zapobiega spływaniu lepiszcza z ziaren kruszywa. Obecność włókien celulozowych nie ma wpływu na parametry mechaniczne mieszanki.

Gdyby grubą warstwą lepiszcza asfaltowego pokryć ziarna mieszanki mineralnej typu betonowego, uzyskalibyśmy mieszankę mineralno-asfaltową całkowicie pozbawioną wolnych przestrzeni. Zmniejszyłoby to jej wytrzymałość na ściskanie oraz pozbawiłoby ją odporności na koleinowanie.

Alternatywnym rozwiązaniem, pozwalającym na wprowadzenie dużych ilości lepiszcza asfaltowego do mieszanki mineralno-asfaltowej, jest użycie mieszanek zawierających kruszywo mineralne o nieciągłym uziarnieniu. O tym, w jaki sposób mieszanki te zachowują się podczas ściskania, decyduje kąt tarcia wewnętrznego, czyli bezpośrednie kontaktowanie się ze sobą grubych ziaren.

Właśnie taką mieszanką, przeznaczoną do wbudowywania do warstwy ścieralnej, wiążącej i/lub profilowej, jest mieszanka mastyksowo-grysowa. Wchodząca w jej skład mieszanka mineralna ma nieciągle uziarnienie, a otoczka asfaltowa ziaren jest o 15–30% grubsza niż w mieszankach stosowanych do tej pory (SMA 11, AC 11).

Mieszankę tę można wbudować w jednej warstwie o grubości od 4 do 10 (i więcej) cm, stąd jej polska nazwa SMA 16 JENA (JEDnowarstwowa Nawierzchnia Asfaltowa).

Koncepcja mieszanki typu SMA polega na stworzeniu bardzo silnego szkieletu mineralnego z grysów i wypełnieniu przestrzeni między grubymi ziarnami mastyksem asfaltowym, tj. mieszaniną asfaltu, wypełniacza oraz stabilizatora (najczęściej włókien celulozowych).

Rozkład oraz wielkość ziaren kruszywa wskazują rodzaj mieszanki mineralnej. W mieszankach o ciągłym uziarnieniu, głównie typu betonowego, udział ziaren każdej frakcji jest podobny. Mieszanki o nieciągłym uziarnieniu zawierają ziarna bardzo drobne i drobne oraz grube i bardzo grube. W mieszankach SMA nieciągłość uziarnienia polega na braku tzw. frakcji pośrednich.

Wyraźna nieciągłość uziarnienia mieszanki mastyksowo-grysowej SMA umożliwia uzyskanie silnego szkieletu mineralnego (zdecydowanie bardziej odpornego na deformacje trwałe – koleiny – niż w betonie asfaltowym), w którym grube ziarna opierają się o siebie i wzajemnie się klinują, dzięki czemu mogą przenosić bardzo duże obciążenia pochodzące od ciężkiego ruchu samochodowego.

„To zjawisko nazywane jest w USA stone-to-stone contact, co jest następstwem nieciągłości uziarnienia”.*

Występujące w mieszance o nieciągłym uziarnieniu grube ziarna zapewniają zbudowanej warstwie dużą nośność, ale mieszanka zawierająca wyłącznie grube ziarna nie jest odpowiednio odporna na niszczące oddziaływanie wody, szczególnie w okresie zimowym. Właśnie dlatego mieszanka mastyksowo-grysowa SMA oprócz grubych ziaren zawiera wiele mniejszych ziaren wypełniacza, czyli mączki wapiennej, oraz lepiszcze asfaltowe. Z połączenia asfaltu, wypełniacza i drobnego kruszywa powstaje mastyks asfaltowy, który wykazuje dużo większą kohezję niż samo lepiszcze asfaltowe. Mastyks silnie skleja (wiąże) ziarna kruszywa, wypełnia przestrzenie między grubymi ziarnami oraz uszczelnia mieszankę, w efekcie czego staje się ona odporna na niszczące działanie wody i mrozu.

Wskutek zwiększenia odkształceń granicznych (za pomocą grubych otoczek asfaltowych) nawierzchnia wykonana z mieszanek bogatych w lepiszcze asfaltowe może ugiąć się dużo bardziej niż nawierzchni



Realizacja firmy PPUH TUGA, droga nr 2903 w gminie Mątowy Małe

nie wykonane z mieszanek tradycyjnych. Ponadto nie występują w niej spękania siatkowe świadczące o przekroczeniu nośności konstrukcji.

Koncepcja doprowadzenia dróg lokalnych do stanu tzw. przejezdności (przy ograniczonych funduszach) za pomocą nakładek wykonanych ze sztywnych mieszanek mineralno-bitumicznych jest błędna z założenia. Tego typu remonty powinny polegać na wbudowywaniu warstw o du-

żych odkształceniach granicznych przy rozciąganiu, co w znacznym stopniu umożliwia nawierzchniom dopasowanie się w trakcie eksploatacji do zwiększonych odkształceń podłoża. Oczywiście nie jest to rozwiązanie idealne, ale może znacząco przedłużyć żywotność nawierzchni.

Mieszanki typu SMA są w Polsce powszechnie stosowane, głównie do warstw ścieralnych na autostradach, drogach ekspresowych, obwodnicach miast, drogach

krajowych i wojewódzkich obciążonych większym ruchem, ulicach miejskich, w warstwach ochronnych na obiektach mostowych, jak również na płytach lotniskowych, placach i ścieżkach rowerowych.

Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzuje się bardzo wysokimi parametrami mechanicznymi oraz dużą odpornością na niszczące działanie wody i mrozu. Jej odporność na deformacje plastyczne jest znacząco większa od odporności tradycyjnych mieszanek typu SMA – jest to efekt zastosowania dużej ilości grubych grysów (ok. 50% ziaren powyżej 8 mm). Mieszanka ta nie wymaga dodatkowych zabiegów przy projektowaniu, produkcji i wbudowywaniu w porównaniu do tradycyjnych, sprawdzonych mieszanek typu SMA. Wbudowywana w jednej warstwie (4–10 cm) zastępuje dwie warstwy.

W latach 2010–2014 na wielu odcinkach w Polsce ułożono jednowarstwowe nakładki nowego typu, z użyciem mieszanek o nieciągłym uziarnieniu i o dużej zawartości lepiszcza asfaltowego.

Wyniki badań wbudowanych mieszanek mastykowo-grysowych SMA 16 JENA oraz wykonanych nakładek potwierdziły zalety nowego rozwiązania:

- wchodząca w skład mieszanki mastykowo-grysowej mieszanka mineralna zawiera dużo ziaren grubych; charakteryzuje się ona dużą stabilnością i odpornością na odkształcenia oraz na zużywanie się podczas eksploatacji nawierzchni
- w składzie mieszanki może się znaleźć standardowy asfalt drogowy (najczęściej 50/70) oraz standardowy wypełniacz wapienny
- w składzie mieszanki może się znaleźć granulaty z destruktu asfaltowego odpowiadającego wymaganiom PN-EN 13108-8
- grubość układanej warstwy może wynosić od 4 do 10 cm, na istniejących nawierzchniach nie trzeba więc układać warstw wyrównawczych, co pozwala zdecydowanie skrócić czas trwania robót
- grubsza warstewka asfaltu na ziarnach kruszywa (w porównaniu do mieszanki typu beton asfaltowy) zapewnia warstwie wykonanej z mieszanki mastykowo-grysowej większą trwałość, to zaś oznacza mniejsze 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. Zastosowanie takiego rozwiązania umożliwia w przyszłości dostosowanie nośności konstrukcji nawierzchni do zwiększonego obciążenia ruchem
- po założonym okresie eksploatacji nawierzchni można wykonać na niej cienki dywanik na gorąco, cienki dywanik na zimno lub powierzchniowe utwardzenie i w ten sposób przywrócić jej właściwości przeciwpoślizgowe
- brak konieczności wykonywania skroplenienia międzywarstwowego (tzn. między warstwami wiążącą i ścieralną) oraz ułożenie warstwy asfaltowej za jednym przejazdem rozkładarki oznacza mniejsze

koszty oraz znaczne skrócenie czasu trwania robót

- nie ma przeszkód prawnych, aby mieszanki SMA o uziarnieniu do 16 mm wprowadzać do obrotu. Każdy producent mieszanek, który ma wdrożony certyfikowany system Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) w systemie 2+, może wprowadzać swój wyrób na rynek europejski, znakując go znakiem CE na zgodność z normą PN-EN 13108-5.

SMA 16 JENA okazała się bardzo dobrą mieszanką mineralno-asfaltową do budowy nawierzchni dróg samorządowych. Ze względu na wysokie parametry mechaniczne tego typu mieszanek mogą one być stosowane na drogach wszystkich kategorii ruchu.

Dobry stan wszystkich powstałych w latach 2010–2014 odcinków, na których wy-

konano jednowarstwowe nakładki z mieszanki SMA 16 JENA, najlepiej świadczy o zaletach tej technologii.

W celu ułatwienia zarządcom i wykonawcom wdrożenia tej technologii oraz uzyskania zdecydowanej poprawy jakości i trwałości dróg firma Rettenmaier Polska przygotowała specjalną publikację pt. „Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa. SMA 16 JENA. Poradnik dla zarządców i wykonawców dróg samorządowych”. Poradnik zawiera Wzorcową Specyfikację Techniczną i jest dostępny bezpłatnie zarówno w formie książkowej, jak i w internecie.

Krystyna Szymaniak

* Błajejowski K.: „SMA. Teoria i praktyka”, Warszawa, Rettenmaier Polska 2007 r.

Zdjęcia: Marcin Borowicz/Lotos Asfalt, Andrzej Sackowski, Krystyna Szymaniak



VIATOP®
Das Pellet.
20 lat w Polsce

VIATOP®
Das Pellet.

JEDNOWARSTWOWA NAWIERZCHNIA ASFALTOWA z SMA 16 JENA

**Dla dróg samorządowych -
najwyższa trwałość, niskie koszty**

- Szybki zwrot kosztów inwestycji
- Trwałość i wysoka odporność na koleinowanie
- Duża zawartość grubego kruszywa
- Największe ziarna kruszywa 16 mm
- Jednowarstwowe wbudowywanie (5 -10 cm)
- Nawierzchnia nieprzepuszczalna dla wody
- Możliwość zastosowania destruktu asfaltowego
- Prosta przy modernizacji, przebudowie, recyklingu



INNOWACYJNY ASFALT

DO BUDOWY DRÓG
W TECHNOLOGII NA CIEPŁO WMA

NOWOŚĆ
WMA

WIĘCEJ MOŻLIWOŚCI ASFALTU



Wykorzystanie
Materiału z Recyklingu



Wydłużenie Sezonu
Budowlanego



Oszczędność
Energii

www.lotosasfalt.pl

