NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

Fot. Maria Jóźwiak

Nr 1/2010(21)

ISSN 1734-1434

PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

XXII Seminarium Techniczne PSWNA - Program

WYMAGANIA TECHNICZNE W TEORII I PRAKTYCE

Warszawa 08-09 kwietnia 2010 r.

Czwartek 08.04.2010.

godz. 09:00-11:00	Przyjazd uczestników, zakwaterowanie *Śniadanie dla gości z dodatkowym noclegiem.*
Sesja I	
godz. 11:00-11:15	Otwarcie seminarium. Wprowadzenie – **Prezes PSWNA Dariusz Słotwiński**
godz. 11:15-11:45	Problemy praktyki stosowania WT-1 i WT-2 **– prof. Dariusz Sybilski** (IBDiM)
godz. 11:45-12:15	Nauka płynąca z dotychczasowych prac nad krajowymi dokumentami aplikacyjnymi do Norm Europejskich - **Konrad Jabłoński** (PSWNA)
godz. 12:15-12:45	Jakość Polskich dróg w świetle wymagań technicznych - **Wacław Michalski** (GDDKiA)
godz. 12:45-13:15	DYSKUSJA
godz. 13:15-14:15	*Przerwa obiadowa*
Sesja II	
godz. 14:15-14:35	Porównanie krzywych uziarnienia mma z WT - dotychczasowa praktyka. **- Bogdan Bogdański** (GDDKiA Laboratorium Poznań)
godz. 14:35-15:00	Próby zaprojektowania BA wg WT - **Bogdan Bogdański** (GDDKiA Laboratorium Poznań)
godz. 15:00-15:30	WT-1 propozycja dostosowania teorii do praktyki – **Andrzej Skoneczny** (PSWNA / WKSM)
godz. 15:30-16:00	Uwagi do WT-1 i WT-2 – **Paweł Jagusiak** (Lafarge Kruszywa i Beton)
godz. 16:00-16:30	*Przerwa kawowa*
godz. 16:30-17:00	Jakość nawierzchni i wymagania techniczne – **Igor Ruttmar** (TPA)
godz. 17:00-17:45	Uwagi do WT-1 i WT-2 w oparciu o badania laboratoryjne wykonane w latach 2008-2009 – **Maria Bogacka** (Badania Typu), **Halina Sarlińska** (Polimex-Mostostal), **Grażyna Jarocka** (Mota-Engil)
godz. 17:45-18:30	DYSKUSJA
godz. 20:00	***Uroczysta kolacja***

piątek 09.04.2010.

godz. 08:00-09:00	*Śniadanie*
Sesja III	
godz. 09:00-09:30	WT-3. A po co to wszystko …? – **Zenon Szczepaniak** (IBDiM)
godz. 09:30-10:00	WT-3 a z załącznik krajowy NA do normy PN-EN 13808 – **Włodzimierz Poboży**, **Andrzej Wyszyński** (PSWNA)
godz. 10:00-10:30	WT-3 największe wyzwania – **Waldemar Malczewski, Paweł Berg** (BITUNOVA)
godz. 10:30-11:00	*Przerwa kawowa*
godz. 11:00-11:30	Dotychczasowe doświadczenia firmy Arcadis w przygotowaniu Specyfikacji Technicznych na roboty asfaltowe dla Autostrad i dróg ekspresowych z wykorzystaniem WT-2 – **Ryszard Kurek** (ARCADIS)
godz. 11:30-12:00	Specyfikacje techniczne w świetle zapisów WT – **Bogdan Dołżycki** (VIA Consulting)
godz. 12:00-13:00	DYSKUSJA. Podsumowanie i zamknięcie obrad
godz. 13:00	*Obiad*

Spis treści

Emulsja do złączeń pilnie potrzebna!
– zalecenia dotyczące stosowania emulsji do złączeń
na podstawie doświadczeń firmy BITUNOVA przedstawia Paweł Berg **2**

Remonty i wzmocnienia dróg z zastosowaniem specjalnej siatki stalowej
– wykonywanie robót z użyciem siatki stalowej Bitufor®
i doświadczenia krajowe w tej technologii opisują Marek Danowski i Ryszard Wrzesień **5**

Ekologiczne technologie asfaltowe
– mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło, produkowane
przez firmy grupy Grupy COLAS, prezentuje Aldona Mizgalska **14**

Seminarium eSeMA 2010
– relację ze spotkania przedstawiają Hanna K. Walęcka i Krystyna Szymaniak **16**

Od redakcji

Szanowni Czytelnicy!

WT – a po co to wszystko…?
Jedyne takie otwarte spotkanie i dyskusja na temat WT

Redakcja kwartalnika PSWNA uprzejmie informuje, że w dniach **8-9 kwietnia 2010 r.** w Hotelu BOSS w Miedzeszynie ul. Żwanowiecka 20 w Warszawie odbędzie się **XXII Seminarium Techniczne PSWNA** pod hasłem:

„Wymagania techniczne w teorii i praktyce”.

Seminarium to jest odpowiedzią na potrzebę wdrożenia ujednoliconych przepisów technicznych, na które oczekuje środowisko drogowe związane z wykonawstwem nawierzchni asfaltowych.

Przedmiotem seminarium będzie omówienie wymagań technicznych rekomendowanych przez Ministra Infrastruktury, jak również dyskusja na ich temat:

- WT-1 – Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach publicznych,
- WT-2 – Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych,
- WT-3 – Kationowe emulsje asfaltowe na drogach publicznych.

Uznając tematykę seminarium za bardzo ważną dla bieżącego i przyszłego funkcjonowania firm wykonawstwa drogowego na polskim rynku inwestycyjnym, zachęcamy Państwa do wzięcia aktywnego udziału w seminarium. Powyższa tematyka będzie prezentowana przez grono prelegentów m.in.: twórców WT, przedstawicieli inwestora, firm wykonawczych, nadzoru inwestorskiego oraz firm consultingowych.

Spotkanie to ma na celu przybliżyć zakres zastosowania ww. dokumentów, jak również mamy nadzieję, pozwoli odpowiedzieć na wiele pytań i wątpliwości związanych z ich praktycznym wykorzystywaniem.

Karta uczestnictwa oraz oferta pakietu promocyjnego są dostępne na stronie internetowej www.pswna.pl.

REDAKCJA

Czasopismo jest wspomagane finansowo przez:

LOTOS Asfalt GRUPA

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 dzia a 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
02-261 Warszawa, ul. Trojańska 7
tel./fax (48 22) 57 44 374
tel. (48 22) 57 44 352
e-mail: biuro@pswna.pl

REDAKCJA

Maria Jóźwiak – Redaktor Naczelny
Hanna K. Walęcka

Adres Redakcji:
02-261 Warszawa, ul. Trojańska 7
tel./fax (48 22) 57 44 374
tel. (48 22) 57 44 352
e-mail: biuro@pswna.pl
www.pswna.pl

ISSN 1734-1434

Emulsja do złączeń pilnie potrzebna!

Paweł Berg*

Kationowe emulsje asfaltowe, od lat obecne w praktyce drogowej, wykorzystywane były głównie w technologiach remontowych i zabiegach utrzymaniowych takich jak: recykling na zimno (mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne, dalej w skrócie mieszanki mce), remonty cząstkowe, powierzchniowe utrwalenia, cienkie warstwy układane na zimno typu „slurry seal" czy też technologie typu „grave emulsion" (GE).

Od pewnego czasu można zaobserwować na rynku drogownictwa dość dynamiczny wzrost wykorzystywania niemodyfikowanych, a także modyfikowanych kationowych emulsji asfaltowych do złączeń konstrukcyjnych warstw asfaltowych oraz skropień podbudów niezwiązanych i związanych spoiwami hydraulicznymi. Tendencja ta, podyktowana względami technicznymi popartymi badaniami naukowymi przeprowadzanymi w skali światowej, wykazuje coroczny wzrost. Coraz większe zapotrzebowanie na tego rodzaju zabiegi związane jest przede wszystkim z rozwojem technologii, mających na celu budowę trwałych nawierzchni drogowych.

W zależności od rodzaju zastosowanego lepiszcza, stopnia modyfikacji i rodzaju złączanych warstw kationowe emulsje asfaltowe można wykorzystywać do złączania warstw konstrukcyjnych dróg o wszystkich kategoriach obciążenia ruchem.

Dlaczego sklejanie?

Najnowsze badania przeprowadzane w szeregu krajów przez różnego rodzaju naukowe jednostki badawcze (w Polsce między innymi Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie) dowodzą, że brak połączenia międzywarstwowego warstw asfaltowych lub nieprawidłowe jego wykonanie powoduje, że warstwy konstrukcyjne pracują niezależnie, w rezultacie osłabiając konstrukcję drogi.

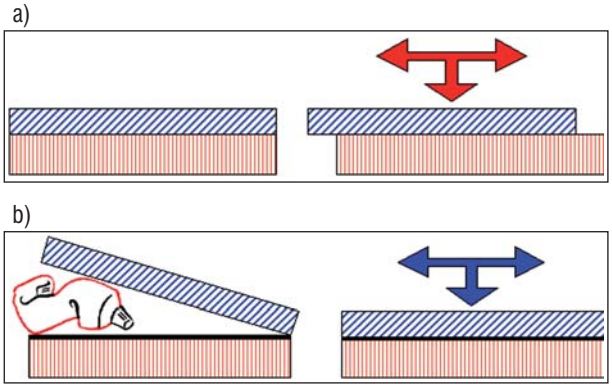
Prawidłowe złączenie konstrukcyjnych warstw asfaltowych nawierzchni znacznie zwiększa wytrzymałość całej konstrukcji drogi, co pozwala jej przenosić większe obciążenia. Dobrze złączone warstwy pracują bowiem razem, jak jedna monolityczna konstrukcja. Ilustrują to schematy na rys. 1.

Ponadto wykonywanie skropień podbudów oraz warstw asfaltowych ma za zadanie:

- ❖ dostabilizowanie podbudów z kruszyw;
- ❖ przygotowanie podłoża pod warstwy z mieszanek mineralno – asfaltowych;
- ❖ uszczelnienie poszczególnych warstw;
- ❖ wykonanie trwałego połączenia warstw konstrukcyjnych.

O skuteczności połączenia międzywarstwowego, a tym samym trwałości całej konstrukcji decydują w głównej mierze trzy zasadnicze aspekty:

* *mgr inż. Paweł Berg – BITUNOVA Sp. z o.o.*



Rys. 1 Schemat konstrukcji z warstwami bez sklejenia (a) i ze sklejeniem warstw (b)

1. właściwe dobranie stosowanej emulsji, ze względu na rodzaj lepiszcza i charakter złączanych warstw (penetracja lepiszcza wytrąconego z emulsji, indeks rozpadu emulsji, lepkość emulsji);
2. właściwe dobranie ilości stosowanej emulsji w przeliczeniu na wytrącone z niej lepiszcze;
3. jakość i warunki wykonania zabiegu.

Jakie emulsje do konkretnego zastosowania?

Obecnie do skropień międzywarstwowych wykorzystywane są cztery grupy kationowych emulsji asfaltowych, które używając „starej nomenklatury" i nowych klas indeksu rozpadu można pogrupować na emulsje:

- ❖ szybkorozpadowe – klasa indeksu rozpadu 2, 3;
- ❖ średniorozpadowe – klasa indeksu rozpadu 4;
- ❖ wolnorozpadowe – klasa indeksu rozpadu 5, 6, 7;
- ❖ nadstabilne – klasa indeksu rozpadu 5, 6, 7; klasa stabilności podczas mieszania z cementem 3.

Zawartość lepiszcza w wykorzystywanych obecnie emulsjach do złączeń międzywarstwowych wynosi odpowiednio od 40% do 65% (m/m). Zgodnie z najnowszymi opracowaniami górna wartość stężenia lepiszcza została obniżona do 60% (m/m).

Badania przeprowadzane przez uznane jednostki naukowo-badawcze, jak również badania laboratoryjne związane bezpośrednio z praktyką drogową pokazują, że lepsze połączenia międzywarstwowe uzyskiwane są przy użyciu emulsji wyprodukowanych z asfaltów o niższych penetracjach lepiszcza, tzn. z emulsji niemodyfikowanych i modyfikowanych polimerami, w których wartość penetracji wytrąconego lepiszcza jest poniżej 100 x 0,1 mm.

Ze względu na charakter złączanych warstw zaleca się stosowanie następujących rodzajów emulsji:

- ❖ do skropienia podbudów niezwiązanych i „niereaktywnych" np.:
  - – z tłucznia kamiennego,
  - – z kruszyw stabilizowanych mechanicznie,

zaleca się stosowanie emulsji niemodyfikowanych średniorozpadowych i wolnorozpadowych o niskich wartościach lepkości BTA; do skropienia podbudów niezwiązanych dopuszcza się emulsje o penetracji lepiszcza powyżej 100 x 0,1 mm, natomiast do podbudów o dużym stopniu zagęszczenia powinny być stosowane emulsje o penetracji lepiszcza poniżej 100 x 0,1 mm;

- do skropienia podbudów związanych i „reaktywnych" np.:
  – stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi (cement, wapno, aktywne popioły lotne),
  – z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (mce),
  – z betonu popiołowego,
  – z chudego betonu,
  zaleca się stosować emulsje niemodyfikowane wolnorozpadowe i nadstabilne o pH powyżej 4 oraz niskich wartościach lepkości BTA. Penetracja wytrąconego z emulsji lepiszcza powinna wynosić poniżej 100 x 0,1 mm:
- do skropienia podbudów asfaltowych oraz asfaltowych warstw wiążących np.:
  – z betonu asfaltowego,
  – z asfaltu porowatego,
  zaleca się stosować niemodyfikowane i modyfikowane polimerami emulsje szybkorozpadowe o penetracji wytrąconego lepiszcza poniżej 100 x 0,1 mm.

Należy jednakże pamiętać, że im bardziej zależy nam na wniknięciu emulsji w skrapianą warstwę, tym stosowana emulsja powinna mieć wyższy indeks rozpadu i mniejszą wartość lepkości.

Lepkość emulsji jest funkcją temperatury i zawartości lepiszcza. Zakładając, że emulsje wykorzystywane do skropień aplikuje się w stałym przedziale temperatury tj. od 60°C do 80°C, to do skropień warstw wymagających głębokiego wniknięcia emulsji należy wybierać te o małej zawartości lepiszcza.

Ile emulsji do skropienia?

Ilość emulsji potrzebna do wykonania skropienia powinna być tak dobrana, aby wytrącone z emulsji lepiszcze zapewniło możliwie najlepsze połączenie sklejanych warstw konstrukcyjnych. Ilość emulsji, a dokładniej mówiąc pozostałego po rozpadzie emulsji asfaltu, ściśle zależy od rodzaju łączonych ze sobą warstw.

Sprzęt do przygotowania nawierzchni przed skropieniem (fot. BITUNOVA)

Sprzęt do wykonania skropienia (fot. BITUNOVA)

Zbyt duża ilość lepiszcza wytrąconego z emulsji może stworzyć warstwę poślizgową i tym samym znacznie osłabić połączenie międzywarstwowe w stosunku do optymalnie wykonanego złączenia. W skrajnych przypadkach powstała warstwa poślizgowa może obniżyć siłę wiązania sklejanych warstw poniżej wartości, jaką uzyskuje się bez wykonania dodatkowego sklejania. Podobne zjawisko może wywołać zbyt duży stopień modyfikacji polimerowej na przykład lateksem kationowym (SBR).

Poza tym ta sama emulsja zastosowana w takich samych ilościach do złączenia warstw asfaltowych o różnych kombinacjach rodzajów warstw, może dać w wyniku różne wartości siły ścinającej potrzebnej do rozerwania próbki.

W tabeli 1 przedstawiono zalecane ilości asfaltu wytrąconego z emulsji, w zależności od wiązanych ze sobą warstw, przy czym w przypadku dróg o największym obciążeniu ruchem powinny być stosowane dolne granice dozowania z podanych zakresów.

Jakość i warunki wykonania zabiegu

Kolejnym krokiem do sukcesu, czyli skuteczności połączenia międzywarstwowego jest jakość i warunki wykonania zabiegu.

Właściwe określenie warunków merytorycznych, tj. dobrze dobrany rodzaj emulsji ze względu na charakter złączanych warstw oraz właściwa ilość lepiszcza pozostałego po rozpadzie emulsji nie zapewnią jeszcze w stu procentach optymalnego połączenia warstw, jeżeli nie zostaną zachowane odpowiednie reżimy technologiczne.

Najważniejszymi elementami związanymi z wykonawstwem są:

1. przygotowanie powierzchni przeznaczonej do skropienia, tj. oczyszczenie ze stałych zabrudzeń (piach, glina, ziemia, pyły, liście, igliwie, plamy olejowe itp.) również przy zastosowaniu wody;
2. wykorzystywanie sprawnego, wykalibrowanego i sprawdzonego sprzętu dozującego zapewniającego:
   – precyzyjne dozowanie ilości emulsji,
   – równomierne rozłożenie lepiszcza,
3. przestrzeganie reżimów technologicznych związanych z:
   – czasem rozpadu emulsji (zmiana barwy z brązowej na czarną),

Tabela 1. Ilość wytrąconego z emulsji asfaltu w zależności od rodzaju sklejanych warstw wg [1]		
Układana warstwa asfaltowa	Podłoże pod warstwę asfaltową	Ilość wytrąconego asfaltu, kg/m²
Podbudowa z betonu asfaltowego (AC lub AC WMS)	Podbudowa/nawierzchnia tłuczniowa	0,7 ÷ 1,0
	Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie	0,5 ÷ 0,7
	Podbudowa z chudego betonu lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	0,3 ÷ 0,5 [a)] 0,7 ÷ 1,0 [b)]
	Nawierzchnia asfaltowa o chropowatej powierzchni np. po frezowaniu	0,2 ÷ 0,5
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC lub AC WMS)	Podbudowa asfaltowa	0,3 ÷ 0,5
Warstwa wiążąca z asfaltu porowatego (PA)	Podbudowa asfaltowa	0,1 ÷ 0,3 [c)]
Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC)	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,1 ÷ 0,3
Warstwa ścieralna z mieszanki mastyksowo-grysowej (SMA)	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,1 ÷ 0,3 [c)]
Warstwa ścieralna z mieszanki BBTM (beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw)	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,4 ÷ 0,8 [c)]
Warstwa ścieralna z asfaltu porowatego (PA)	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,1 ÷ 0,3 [c), d)]

[a)] Zalecana emulsja o pH > 4
[b)] Zalecana emulsja modyfikowana polimerem posypana grysem w celu uzyskania membrany poprawiającej połączenie oraz zmniejszającej ryzyko spękań odbitych
[c)] Zalecana emulsja modyfikowana polimerem; ilość emulsji należy dobrać z uwzględnieniem stanu podłoża oraz porowatości mieszanki SMA, BBTM lub PA, jeżeli mieszanka ma większą zawartość wolnych przestrzeni, to należy użyć większą ilość lepiszcza do skropienia, które po ułożeniu warstwy ścieralnej uszczelni ją
[d)] Jeżeli warstwa jest z asfaltu porowatego, to nie należy stosować skropienia

– brakiem niekorzystnych zjawisk atmosferycznych typu deszcz i śnieg podczas wykonywania zabiegu i do momentu rozpadu emulsji,
– odpowiednią temperaturą otoczenia podczas wykonywania zabiegu (> 5°C),– odpowiednią temperaturą stosowanej emulsji (od 60°C do 80°C).

Nowe podejście

O szybkości rozpadu emulsji decydują dwa mechanizmy: fizyczny – odparowanie wody z emulsji i absorpcja wody przez kruszywo oraz chemiczny – chemiczna reakcja emulsji z kruszywem i dodatkami. Mechanizm chemiczny zachodzi na granicy dwóch faz: ciało stałe – ciecz. Ciałem stałym jest minerał, czyli kruszywo i dodatki stałe, tzn. cement, wapno itp. Fazę ciekłą stanowi emulsja, czyli mieszanina rozdrobnionego asfaltu, wody, emulgatorów i innych dodatków. O szybkości reakcji chemicznych decyduje charakter emulsji oraz reaktywność minerału i dodatków, a także zawartość drobnych frakcji pyłowych stanowiących „centra aktywne" reakcji. Mechanizm fizyczny zależy od warunków lokalnych i czynników środowiskowych, np. wilgotności powietrza, temperatury powietrza i nawierzchni, ruchów powietrza, stopnia nasłonecznienia, ukształtowania terenu oraz właściwości fizycznych surowców: wilgotności kruszywa, temperatury emulsji. Oba wyżej wymienione mechanizmy rozpadu zachodzą równocześnie, przy czym o przewadze (dominacji) któregoś z mechanizmów decyduje w głównej mierze rodzaj złączanych warstw.

W warstwach podbudów nieasfaltowych głównym mechanizmem rozpadu emulsji jest mechanizm chemiczny, natomiast w warstwach asfaltowych, w których kruszywo jest całkowicie otoczone asfaltem, o rozpadzie emulsji decyduje głównie czynnik fizyczny. Wynika z tego, że warstwy asfaltowe mogą być złączane emulsjami o dowolnym indeksie rozpadu.

Rezultaty badań prowadzonych przez firmę BITUNOVA potwierdzają tę teorię w praktyce. Przeprowadzone doświadczenia w warunkach pełnego nasłonecznienia i niewielkich ruchów powietrza, polegające na skropieniu warstwy asfaltowej emulsjami wolno i szybkorozpadowymi o średniej zawartości asfaltu 60 % pokazały, że różnica czasu rozpadu obydwu emulsji wynosiła od kilku do kilkudziesięciu sekund. Znaczącą różnicę w czasie rozpadu przy zastosowaniu ww. emulsji zaobserwowano jedynie w przypadkach, gdy warunki atmosferyczne (listopad)

podczas prowadzenia doświadczenia były niesprzyjające tj. niska temperatura otoczenia i skrapianej warstwy, duża wilgotność powietrza, całkowite zachmurzenie. W tych warunkach został zaobserwowany szybszy rozpad emulsji szybkorozpadowej. Jednak podczas dokładniejszej analizy okazało się, że rozpad emulsji szybkorozpadowej był rozpadem powierzchniowym, tzn. warstewka skropienia zmieniła kolor z brązowej na czarną, tylko powierzchniowo. W głębi warstewki była „uwięziona" emulsja, co prawda nie całkiem w postaci płynnej, lecz w postaci kruchego ciała stałego.

Emulsja wolnorozpadowa rozpadała się dłużej, lecz rozpad był równomierny i zachodził w całej warstewce wykonanego skropienia.

Przykład ten pokazuje, że z technologicznego punktu widzenia użycie emulsji wolnorozpadowej do złączenia warstw asfaltowych w warunkach opisanych powyżej byłoby, mimo dłuższego czasu rozpadu, bardziej uzasadnione.

Takie podejście do tematyki złączeń międzywarstwowych może ucieszyć przede wszystkim inżynierów budów, wykonawców skropień oraz inspektorów nadzoru, dla których ograniczenie stosowanego obecnie asortymentu kationowych emulsji asfaltowych może z logistycznego punktu widzenia być bardzo pomocne. Oczywiście, i trzeba to podkreślić z całą stanowczością, należy przestrzegać wyznaczonych reżimów technologicznych.

Wydaje się, że kationowe emulsje asfaltowe stosowane do złączeń międzywarstwowych zostały stosunkowo dobrze zdefiniowane, niemniej jednak zagadnienie złączeń warstw konstrukcyjnych nawierzchni z uwagi na dość krótki czas „istnienia" w naszej praktyce drogowej wymaga dalszych badań zarówno laboratoryjnych, jak i terenowych.

Bibliografia:
1. Wymagania Techniczne „Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych" (WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2008), IBDiM, 2008 r.

Remonty i wzmocnienia dróg z zastosowaniem specjalnej siatki stalowej

Marek Danowski, Ryszard Wrzesień*

Wstęp

W niniejszym artykule zostanie przedstawione zastosowanie siatek stalowych w remontach dróg, w tym na terenie Oddziału GDDKiA w Warszawie. Ilość wykonanych napraw nawierzchni zarówno w województwie mazowieckim, jak i na terenie naszego kraju, w których istotną funkcję we wzmocnieniu nawierzchni odgrywa stalowa siatka jest już znaczna.

Zastosowanie siatki stalowej w systemie Bitufor®[1)] umożliwiło szybkie wykonanie prac, a więc tylko w nieznacznym stopniu utrudniony był przejazd pojazdów. Remonty wykonano z reguły na takich odcinkach dróg, na których z pewnością wystąpiłyby duże problemy w sytuacji inaczej realizowanego remontu z uwagi na kilka ważnych czynników tzn.: intensywny ruch, brak możliwości objazdu dla ruchu tranzytowego oraz istotne ograniczenia w możliwości podniesienia niwelety drogi w stosunku do istniejącej powodowane np. bliską zabudową.

Stosunkowo cienkie warstwy asfaltowe wzmocnienia powodują konieczność wzmocnienia podbudowy w inny sposób i w tym przypadku rozwiązaniem może być technologia Bitufor®, a więc specjalna siatka stalowa.

Poprawa nośności tym sposobem, to również zmniejszenie dużych niekiedy różnic w nośności ze względu na występujące niejednorodności w konstrukcji nawierzchni w profilu podłużnym i poprzecznym.

Obserwacje odcinków dróg wykonanych ze wzmocnieniem siatką stalową oraz położonych obok odcinków bez tego wzmocnienia wskazują, że w podstawowym zakresie niedostosowanie nośności istniejących warstw podbudów, pozostawionych w remontach dróg do dalszej eksploatacji, stanowi najczęstszą przyczynę uszkodzeń, jakie mają miejsce na drogach krajowych i ulicach miast.

System Bitufor®

System Bitufor® jest rozwiązaniem specjalnym, które eliminuje wady, jakie występują przy geosyntetykach, jednak jako zbrojenie wymaga innego – specjalnego zamocowania i tym samym koszt wykonania wzmocnienia jest wyższy w porównaniu do rozwiązań uznawanych już jako tradycyjne.

Początki stosowania siatki metalowej w budownictwie drogowym miały miejsce w okresie II wojny światowej i to nie do samej nawierzchni, ale do wzmacniania podłoża pod konstrukcją dróg startowych i dróg kołowania. W latach 70-tych ubiegłego stulecia kontynuowano w dalszym ciągu stosowanie tego rodzaju siatki do wzmacniania podłoża na gruntach słabych. Prawdopodobnie obawy, co do trudnego rozkładania i umocowywania były powodem nie wprowadzania jej przez wiele lat do zbrojenia konstrukcji nawierzchni drogowych.

Siatka stalowa, w postaci zbliżonej do obecnie używanej, znajdowała zastosowanie w budowie dróg z podbudowami tłuczniowymi. Oczka siatki stalowej dzięki jej dużej sztywności w sposób bardzo stabilny unieruchamiały ziarna tłucznia, zapobiegając jego wnikaniu w podłoże. W efekcie ta-

** mgr inż. Marek Danowski – GDDKiA Oddział w Warszawie*
Ryszard Wrzesień – GRUPPOBITUMI Polska

1) System Bitufor jest nazwą zastrzeżoną do technologii obejmującej zastosowanie specjalnej zbrojeniowej siatki stalowej produkcji firmy Bekaert, zamocowanej do podłoża półciekłą mieszanką mineralno-emulsyjną typu „slurry seal", która po związaniu zapewnia trwałe zamocowanie siatki przy równoczesnym uszczelnieniu spękań podłoża, na którym jest rozkładana siatka, a którym najczęściej jest powierzchnia po sfrezowaniu istniejących warstw nawierzchni.

Fot. 1. Przygotowana siatka do ułożenia mieszanki mineralno-emulsyjnej (fot. GRUPPOBITUMI Polska)

kiego rozwiązania uzyskiwano bardzo dobry rozkład obciążeń na podłoże, podwyższenie nośności całej konstrukcji nawierzchni, a jako rekompensatę podwyższonego kosztu budowy redukowano grubości podbudowy.

W 1977 r. po raz pierwszy siatkę stalową firmy Bekaert użyto na jednej z dróg w Holandii bezpośrednio do wzmocnienia nawierzchni asfaltowej. Przypadek ten dotyczył nawierzchni drogi położonej wzdłuż kanału, która wskutek przemieszczeń nasypu wykazywała znaczne spękania podłużne. Ułożenie siatki na całej szerokości nawierzchni i wykonanie wzmocnienia dwoma warstwami asfaltowymi okazało się bardzo skuteczne i wyeliminowało trwale tendencję do powstawania spękań. Dzięki temu udanemu doświadczeniu siatkę stalową zaczęto stosować również w przypadkach innych uszkodzeń nawierzchni tzn. głównie przy remontach silnie uszkodzonych nawierzchni. Kolejne zastosowania w Belgii i Holandii wynikały z konieczności zmniejszenia łącznej grubości nakładek. Mocowanie siatki stalowej do podłoża w tych zastosowaniach odbywało się jeszcze poprzez kołkowanie, co było pracochłonne i ograniczało szersze użycie tego sposobu. Zastosowanie siatek stalowych, mimo tego ograniczenia, rozszerzało się również w innych krajach i wszystkie odcinki wyremontowane tym sposobem zachowywały się bardzo dobrze.

Nową metodą mocowania siatki stalowej jest zastosowanie mieszanki mineralno-emulsyjnej, które zostało wypróbowane po raz pierwszy w 1991 r. w Belgii na drodze krajowej nr N 368, co umożliwiło nie tylko właściwe wzmocnienie nawierzchni, ale i szybkie wykonanie remontu. Użycie mieszanki typu „slurry seal" o półpłynnej konsystencji w sensie dosłownym udoskonaliło omawianą technologię. Uzyskuje się równocześnie dwa rodzaje korzyści tzn. zamocowanie siatki oraz uszczelnienie podbudowy, które tym samym stanowią zasadniczy element umożliwiający szybkie remonty dużych powierzchni komunikacyjnych.

Od 1998 r. stosowane są siatki stalowe produkcji firmy Bekaert ze stężeniami poprzecznymi w formie płaskiej skrętki określane, jako siatki specjalne trzeciej generacji.

Od 1985 r. firma Bekaert, jako potentat w produkcji m.in. specjalnych odmian siatek stalowych do wzmacniania konstrukcji, stała się konsultantem w zakresie rozwiązywania problemów z nawierzchniami drogowymi. W ramach tej działalności do chwili obecnej opracowywane są m.in. projekty wzmocnień nawierzchni, które wykorzystują stworzony program komputerowy do ustalania grubości wzmocnień w zależności od obciążenia ruchem i nośności nawierzchni istniejącej. Należy podkreślić, że GDDKiA Oddział w Warszawie również wykorzystuje możliwości w tym zakresie.

W fazie zarówno prac doświadczalnych, jak i w późniejszych zastosowaniach współdziałał Belgijski Instytut Drogowy *(Belgian Road Research Centra* – BRRC*)*. W oparciu o wykonany zakres prac badawczych stwierdzono m. in., że poprzez zamontowanie na odpowiedniej głębokości siatki stalowej następuje redukcja naprężeń rozciągających, obserwowany jest wzrost odporności nawierzchni na zmęczenie oraz odporności na koleinowanie.

Do chwili obecnej firma Bekaert współdziała z BRRC w zakresie opisywanej technologii, przy czym na terenie Belgii siatka stalowa wykorzystywana jest również przy remontach spękanych nawierzchni z betonu cementowego.

Korzystne uwarunkowania w zakresie dostępności siatki oraz emulsji i urządzeń do wytwarzania mieszanki mineralno-emulsyjnej typu „slurry seal" przyczyniły się w znacznym stopniu do zastosowania siatki stalowej w szeregu innych krajów, co tym samym rozszerzyło możliwości w zakresie remontów uszkodzonych nawierzchni.

Uzasadnienie stosowania siatki stalowej w remontach dróg

Stosowanie w różnej formie zbrojenia w nawierzchniach drogowych jest zagadnieniem znanym od wielu lat. W przypadku nawierzchni asfaltowych, jako pierwsze używane były siatki z tworzyw sztucznych. Ich zastosowanie opisane zostało w wielu publikacjach oraz zawarte w wielu specyfikacjach. Należy wspomnieć również o szerokim zastosowaniu różnego typu geowyrobów do wzmacniania podłoża gruntowego, co

zresztą poprzedzało użycie siatek do nawierzchni. Temat ten stanowi całkowicie oddzielne zagadnienie.

Nawierzchnie drogowe muszą przenosić znaczne naciski i naprężenia oraz być odporne na szereg oddziaływań zewnętrznych, w tym duży zakres temperaturowy i oddziaływań atmosferycznych oraz stosowanych w okresie zimowym środków odladzających. Podstawowe uszkodzenia nawierzchni jak koleiny, spękania, wykruszenia itd. wywoływane są wskutek intensywnego ruchu pojazdów, w następnej kolejności uszkodzenia powodują dostawanie się wody do konstrukcji i dalszą jej degradację.

Zastosowanie siatki stalowej ułożonej w spodzie warstwy wiążącej i pojawienie się cienkiej warstwy grubości około 10 mm z mieszanki mineralno-emulsyjnej stwarza nową sytuację, która jest korzystna dla pracy nawierzchni. Można tu mówić o rodzaju wkładki zbrojeniowej w strefie największych naprężeń, która dzięki bardzo wytrzymałej siatce stalowej przejmuje znaczną część naprężeń, a przy tym zasadnicze właściwości warstwy są zbliżone do właściwości przyległych warstw asfaltowych tzn. zarówno położonej powyżej, jak i dolnej – zazwyczaj sfrezowanej nawierzchni istniejącej.

Siatka stalowa w systemie Bitufor® zastaje zamocowana nie w sposób punktowy, chociaż ma on również miejsce w pierwszej fazie po rozłożeniu siatki, natomiast zasadnicze mocowanie do podbudowy odbywa się w sposób, który określić można, jako ciągły, tzn. poprzez rozłożenie na siatce specjalnej, wytworzonej z odpowiednio dobranych składników mieszanki mineralno-emulsyjnej, która po stwardnieniu tworzy z siatką jednorodną warstwę.

Punktowy sposób mocowania, do którego używane są bolce metalowe lub kołki, jest obecnie sposobem wyłącznie pomocniczym, zabezpieczającym siatkę przed oderwaniem przez wjeżdżający na nią zestaw do układania „slurry seal", względnie pojazdy budowy dopuszczone do przejazdu po remontowanym odcinku drogi.

Na podstawie zrealizowanych remontów można przyjąć, że frezowanie istniejących warstw na zimno jest elementem koniecznym i obejmować powinno również minimum dwie warstwy, które zazwyczaj nie spełniają wymagań w zakresie odporności na odkształcenia oraz wykazują największe zużycie. Ułożenie siatki stalowej, na tak przygotowanej podbudowie po jej oczyszczeniu, a następnie ułożenie dwóch warstw asfaltowych – wiążącej i ścieralnej, to sprawdzony już sposób wzmocnienia, umożliwiający szybkie prowadzenie prac remontowych.

Zamontowane zbrojenie wywiera bardzo dobry wpływ na pracę całej konstrukcji nawierzchni z uwagi na rozkład naprężeń. Zamocowanie siatki stalowej poprzez użycie zaprawy mineralno-emulsyjnej sprawia, że po jej związaniu tworzy się cienka, ale bardzo wytrzymałą warstwa zbrojenia, której osnowę stanowi siatka stalowa o module sprężystości 200 kN/mm^2. Przejmuje ona znaczną część naprężeń, które wywołują pojazdy.

Ustalone zostało, że znaczne naprężenia ścinające powstają na pewnej głębokości, która najczęściej zawiera się w przedziale 10-14 cm. Umocowanie siatki stalowej w opisany sposób może w skali wielu lat eksploatacji drogi stanowić niezwykle ważny element, który nie tylko przejmuje i rozprasza znaczną część naprężeń, ale i poprzez to zabezpiecza warstwy asfaltowe przed negatywnym wpływem naprężeń oraz powstawaniem odkształceń strukturalnych.

Przyszłe remonty dróg zarówno krajowych, jak i wojewódzkich będą obejmować wzmocnienia nawierzchni, gdyż na wielu odcinkach wykazują one znaczne uszkodzenia, głównie z uwagi na niedostosowanie konstrukcji do wzrastającego ruchu pojazdów.

W przypadku województwa mazowieckiego szczególnie trudna sytuacja nadal występuje na wielu odcinkach przejść dróg krajowych przez miejscowości, w których pozostają one w zarządzie Oddziału. Stan nawierzchni na tych odcinkach osiągał w wielu przypadkach stan krytyczny, natomiast zakres remontu, jaki powinien zostać wykonany musiałby obejmować wymianę nawierzchni włącznie z wymianą podbudowy i podłoża.

Remont dróg w miejscowościach, w których są one często głównymi ulicami obejmować powinien zasadniczo rozbiórkę nawierzchni. Remont nawet etapowy w warunkach większości miejscowości na Mazowszu doprowadziłby do paraliżu komunikacyjnego. Dla ruchu tranzytowego koniecznością byłoby uruchomienie kłopotliwych objazdów niekiedy odcinkami dróg i ulic całkowicie nieprzystosowanymi do przejęcia tego ruchu.

Z podanych ogólnie względów dość szerokie zastosowanie znalazło rozwiązanie, którego istotą jest dodatkowe wzmocnienie nawierzchni specjalną siatkę stalową – zamocowaną w nowoczesny sposób tj. polegający na zatopieniu siatki w zaprawie z mieszanki mineralno-emulsyjnej, która po stwardnieniu tworzy z siatką zespoloną warstwę, umożliwiającą niemal natychmiast po związaniu zaprawy układanie zasadniczych warstw wzmocnienia z mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych i układanych na gorąco.

Jako zasadnicze powody użycia siatki stalowej można wymienić względy techniczne oraz niemniej ważne uwarunkowania społeczne. Należy jeszcze raz podkreślić, że odcinki przejść dróg krajowych przez miejscowości na terenie Oddziału GDDKiA w Warszawie zostały zrealizowane w okresie kilku dni – w tym przy wykorzystaniu dni wolnych od pracy w okresie tzw. wydłużonych weekendów.

W przypadku robót w mieście odcinek remontowanej ulicy wymaga oczywiście zamknięcia dla ruchu pojazdów, ponieważ zarówno układanie siatki jak i układanie warstw asfaltowych muszą następować na pełną szerokość jezdni. Zamknięcie danego odcinka ulicy następuje jednak na stosunkowo krótki okres czasu.

Dane techniczne dotyczące siatki stalowej określonej nazwą Mesh Track

Siatka stalowa, o nazwie handlowej Mesh Track, stosowana do wzmocnienia nawierzchni drogowych stanowi wyrób, który został rozwinięty przez belgijską firmę Bekaert. Firma ta jest jednym z największych producentów wyrobów ze stali.

Do wzmocnień nawierzchni najczęściej używana jest siatka typu ciężkiego tzn. Mesh Track 1. Jest to siatka pleciona (nie zgrzewana) o heksagonalnym kształcie oczek oraz stężeniach poprzecznych z pręta płaskiego krępowanego, wplecionego w splot siatki w regularnych odstępach. Siatka ta jest niewrażliwa na rdzę, dzięki specjalnej powłoce Bezinal®, którą stanowi w 95% Zn (cynk) i 5% Al (aluminium), nakładanej metodą opracowaną przez firmę Bekaert. Powłoka ta charakteryzuje się szczególnymi właściwościami szczepności z mieszanką „slurry seal". Podstawowe dane techniczne i parametry wytrzymałościowe siatek Mesh Track zestawiono w tabelach 1 i 2.

Wzmocnione z użyciem siatki stalowej odcinki dróg zachowują się w sposób bardzo korzystny tzn. pomimo bardzo dużego obciążenia ruchem nie są stwierdzane żadne uszkodzenia nawierzchni, w tym koleiny stanowiące w dalszym ciągu powszechny rodzaj uszkodzeń na sieci naszych dróg i ulic.

Tabela 1. Dane techniczne siatek Mesh Track		
Typ siatki	**Mesh Track 1**	**Mesh Track 2**
Średnica drutu; mm	2,45	2,20
Szerokość i grubość wzmocnienia; mm	7,00 x 3,00	6,50 x 2,00
Wymiary oczka; cm	8 x 10	
Rozstaw wzmocnienia; mm	245	
Powłoka Bitufor® – drut siatki min. – wzmocnienie min.	 125 g/m^2 80 g/m^2	
Standardowe szerokości rolek; m	2,0, 3,0 3,3 i 4,0 m	
Długość rolek; mb	50	

Tabela 2. Podstawowe parametry wytrzymałościowe siatek Mesh Track		
Typ siatki	**Mesh Track 1**	**Mesh Track 2**
Wytrzymałość na zerwanie: – drut – wzmocnienie	 min. 1 800 N min. 12 000 N	 min. 1 450 N min. 7 500 N
Wytrzymałość na rozciąganie: – wzdłużne – poprzeczne	 40 kN/m 50 kN/m	 32 kN/m 32 kN/m
Moduł sprężystości	200 kN/mm^2	200 kN/mm^2
Wytrzymałość osiowa oczka – wzdłuż – poprzeczna	 19 000 N/mm 29 300 N/mmm	 23 600 N/mm 20 400 N/mm

W związku z pozytywnymi doświadczeniami krajowymi, biura projektowe coraz częściej wprowadzają rozwiązania z siatką stalową w systemie Bitufor®. Dotyczy to zarówno przypadków wzmacniania nawierzchni na całej szerokości, jak również miało to miejsce w przypadku wzmocnienia poszerzeń nawierzchni tzn. w obrębie styku starej podbudowy i poszerzenia.

Zalet omawianej technologii jest wiele, a najważniejszą stanowi bardzo dobry efekt takiego rodzaju remontu tzn. zachowanie się nawierzchni w trakcie eksploatacji drogi. W trakcie realizacji tego typu wzmocnienia zalety sprowadzają się do szybkiego i stosunkowo prostego sposobu wykonania, co umożliwia zmechanizowanie układania oraz zamocowania siatki. Dzięki tym zaletom sposób zyskuje na znaczeniu w budownictwie drogowym w naszym kraju.

W fazie przygotowań są kolejne zastosowania na drogach krajowych wzmocnień z siatką stalową, nie tylko na terenie GDDKiA Oddział w Warszawie. Część zagadnień dotyczących zastosowań omawianej technologii została przedstawiona w [2].

Mieszanki mineralno-emulsyjne do mocowania siatki stalowej

Właściwie wykonana i wbudowana mieszanka mineralno-emulsyjna o konsystencji półpłynnej typu „slurry seal", obok siatki stanowi drugi ważny element w zakresie wzmacniania nawierzchni z użyciem siatek stalowych. Należy tu podkreślić, że o ile siatka stalowa stanowi wyrób przemysłowy, kontrolowany w sposób ciągły gwarantujący jego jakość, to wytworzenie oraz wbudowywanie mieszanki mineralno-emulsyjnej następuje na placu budowy. Z tym związane są znane uwarunkowania wykonawcze tj. pewna zmienność materiałów użytych do produkcji, możliwe awarie sprzętu i urządzeń oraz zmieniające się warunki pogodowe. Funkcja mocująca jest natomiast bardzo ważna i z tego względu mieszankom mineralno-asfaltowym poświęcić należy nieco więcej uwagi.

Coraz powszechniej w nazewnictwie drogowym dot. technologii „slurry seal" stosuje się termin „zaprawa" do określenia mieszanki mineralno-emulsyjnej typu półpłynnego, służącej do mocowania siatki stalowej do podłoża. Nazwa skrótowa „zaprawa" umożliwia odróżnienie od standardowych mieszanek mineralno-emulsyjnych stosowanych np. do zabiegów utrzymaniowych, których głównym zadaniem jest uszczelnienie spękanej nawierzchni. Obie nazwy stosuje się również zamiennie.

Korzystne właściwości mieszanki mineralno-emulsyjnej typu „slurry seal" spowodowały zastosowanie jej w nowym celu tzn. do mocowania siatki stalowej do podłoża, którym jest zazwyczaj warstwa asfaltowa, uzyskiwana w wyniku sfrezowania istniejących górnych warstw nawierzchni – najczęściej uszkodzonych różnego rodzaju spękaniami. Usunięcie warstw wykazujących nieodpowiednie właściwości fizyko-mechaniczne jest w większości przypadków konieczne i umożliwia ułożenie pakietu nowych warstw asfaltowych, o grubości łącznej wynikającej ze stosownych obliczeń wzmocnienia.

Zastosowanie mieszanki mineralno-emulsyjnej do zamocowania siatki stalowej ma inną funkcję aniżeli podstawowe dotychczasowe zadanie tzn. powierzchniowe uszczelnianie nawierzchni. W systemie „slurry seal" zaprawa mineralno-asfaltowa stanowi w pewnym zakresie element konstrukcyjny w nawierzchni, ponieważ łącznie z siatką stalową, którą dzięki swoim właściwościom do rozprowadzania i penetrowania, wiąże i w trwały sposób mocuje do podłoża, tworząc warstwę konstrukcyjną poddawaną znacznym obciążeniom od ruchu pojazdów. Z tego względu właściwości tej cienkiej warstwy zbrojenia, na której układa się kolejne warstwy z mieszanek mineralno-asfaltowych, w tym odpowiednie właściwości wytrzymałościowe zaprawy, są bardzo istotne. Należy tu podkreślić, że ułożenie na siatce dwóch warstw asfaltowych o grubości 10-12 cm sprawia, że warstwa z siatką znajduje się w strefie maksymalnych naprężeń (wypadkowych) w nawierzchni drogowej, co również ma znaczenie w kwestii wzajemnego powiązania warstw.

Mieszanki mineralno-emulsyjne w dotychczasowych zastosowaniach krajowych do zamocowania siatki składały się z mieszaniny:

Fot. 2. Zestaw do wytwarzania i układania mieszanki mieszanki mineralno-emulsyjnej (fot. GRUPPOBITUMI Polska)

- drobnego grysu granitowego,
- piasku,
- emulsji asfaltowej.

Dodatkowymi składnikami były cement portlandzki oraz dodatek regulujący czas rozpadu emulsji.

Mieszankę mineralno-emulsyjną wytwarza się i przewozi w specjalnych pojazdach umożliwiających przechowywanie partii składników, dokładne wymieszanie, transport na miejsce budowy i wbudowanie. Dotychczas stosowane zestawy umożliwiają wytworzenie dość znacznej ilości mieszanki, która w normalnych warunkach pozwala na pokrycie do 1 km siatki. Nowoczesne zestawy umożliwiają podgrzanie emulsji asfaltowej, co jest niezwykle ważne w naszych warunkach klimatycznych tzn. występowania dość niskiej temperatury w porze nocnej – a co może mieć miejsce nawet w okresie letnim.

Ustalenie optymalnego składu mieszanki mineralno-emulsyjnej ma na celu uzyskanie mieszanki charakteryzującej się:

- odpowiednią konsystencją umożliwiającą przemieszczanie się pod siatkę oraz występujące stężenia siatki, wnikającą w ewentualne spękania podłoża, ale równocześnie nie rozpływającą się zbyt szybko poza układany pas siatki,
- stosunkowo krótkim okresm wiązania oraz
- odpowiednimi cechami wytrzymałościowymi po związaniu, a w pierwszym rzędzie stabilnością w wysokiej temperaturze.

Jakość mieszanki mineralno-emulsyjnej to również ważny element służący uzyskaniu odpowiedniej trwałości nawierzchni. W celu zapewnienia odpowiedniej jakości mieszanki stosowane są emulsje modyfikowane polimerem np. składające się z 64% asfaltu, 32% wody i 4% elestomeru.

Mieszanka mineralno-emulsyjna wytwarzana w warunkach budowy jest narażona na szereg oddziaływań – w pierwszej kolejności na wpływ czynników atmosferycznych np. nawilgocenie kruszyw i innych składników. Zmienne niekiedy czynniki atmosferyczne mają wpływ na proces wiązania zachodzący w gotowej mieszance. Nagły i znaczny spadek temperatury otoczenia w porze nocnej, silny wiatr lub przelotne opady atmosferyczne – to czynniki, z którymi należy liczyć się również w prowadzeniu robót.

Jak wykazała dotychczasowa praktyka, w tym na terenie województwa mazowieckiego, występowały właśnie takie sytuacje, jednak wiązanie zaprawy emulsyjnej następowało w sposób szybki, a było to m.in. wynikiem korekty składu w zakresie zawartości dodatków. Korekta dotyczyć może np. dodatku spoiwa cementowego tzn. ograniczenia do niezbędnego minimum, który zapewniłby odpowiednią wytrzymałość, jednak nieprowadzącą do zbyt dużego przesztywnienia powstałej warstwy.

Siatka stalowa w szczególności typu ciężkiego (Mesh Track 1), pomimo wysokiego modułu sprężystości nie powoduje sztywności powstałej warstwy. Wbudowana siatka zawsze zachowuje pewną elastyczność, umożliwiającą również niewielką odkształcalność, co jest korzystne z punktu widzenia nawierzchni podatnej. Ta cecha powinna charakteryzować „system" tzn. siatka + zaprawa. Doprowadzenie do zbyt dużego przesztywnienia warstwy poprzez np. zbyt duży dodatek cementu mogłoby niekorzystnie oddziaływać na wytrzymałość zmęczeniową całej konstrukcji nawierzchni.

Należy jednak mieć na uwadze fakt, że z punktu widzenia wykonawstwa jakość mieszanki, a tym samym całego zamocowania i wytrzymałość tego „systemu" musi być zagwarantowana, ponieważ najczęściej już po kilku godzinach (1-3) po rozłożeniu siatki oraz jej zamocowaniu rozpoczyna się układanie pierwszej warstwy asfaltowej w technologii na gorąco. Uzyskana cienka warstwa o grubości około 1 cm jest poddawana dość dużym naciskom, w tym od kół pojazdów dowożących mieszankę mineralno-asfaltową na gorąco układaną bezpośrednio na siatce.

Ilość zaprawy emulsyjnej zależy od stanu powierzchni i wynosi 17 do 22 kg/m^2. W efekcie ilość ta powinna zapewnić odwzorowanie się siatki w związanej już zaprawie tzn. powinny być wyraźnie widoczne oczka siatki. Widok odwzorowania pokazano na zdjęciu (fot. 3).

Fot. 3. Prawidłowo zamocowana siatka stalowa
(fot. GRUPPOBITUMI Polska)

Minimalna ilość rozkładanej mieszanki powinna wynosić 17 kg/m^2 i powinna być na bieżąco korygowana. Doświadczony personel nie ma problemu z ustawieniem odpowiedniej ilości i uzyskaniem grubości około 1 cm. Kruszywo zastosowane do produkcji powinno być o uziarnieniu maksimum do 6 mm. Roboty nie powinny następować w trakcie opadów deszczu, jak również poniżej 5°C. W normalnych warunkach istnieje możliwość układania warstwy wiążącej na stwardniałej zaprawie po okresie 2-4 godzin. Dopuszcza się ruch przy prędkości ograniczonej do 30 km/godz. Minimalna grubość warstwy układanej na siatce powinna wynosić 5 cm.

Przebieg wykonywania remontu drogi z użyciem siatki stalowej

Ogólny przebieg prac z użyciem wzmocnienia nawierzchni siatką stalową obejmuje;

- sfrezowanie warstw asfaltowych, usunięcie resztek destruktu oraz staranne oczyszczenie wzmacnianej podbudowy,
- rozłożenie siatki metalowej pasami o odpowiedniej szerokości wraz z koniecznym zamocowaniem do podłoża na końcach rolek,
- odprężenie siatki z użyciem walca ogumionego,
- wykonanie warstwy mocującej siatkę do podłoża mieszanką mineralno-asfaltową typu „slurry seal",
- ułożenie pierwszej warstwy asfaltowej na gorąco, które może następować po związaniu mieszanki mineralno-asfaltowej,
- ułożenie drugiej warstwy asfaltowej na skropionej emulsją warstwie dolnej (wiążącej),
- ułożenie w zależności od projektu warstwy ścieralnej,
- oddanie wyremontowanej nawierzchni do ruchu.

Każdy z ww. etapów robót wymaga pewnego zakresu wiedzy (informacji), ponieważ specyfika związana z układaniem i zamocowaniem bardzo sztywnej siatki, jaką jest siatka metalowa z dodatkowymi stężeniami, jest odmienna od bardziej podatnych siatek np. z włókien szklanych.

Przedstawia się tu skrótowe omówienie, ponieważ jak każda nowa technologia tak i w tym przypadku niezbędna jest znajomość wykonania dodatkowych czynności i przestrzegania zaleceń, a mianowicie takich jak:

- rozkładanie poszczególnych pasm siatki stalowej wymaga odpowiedniego pojazdu z zamontowaną w przedniej części belką do rozwijania zrolowanej siatki (fot. 4-5),
- odprężanie siatki wykonuje się z użyciem walcy ogumionych, analogicznych do stosowanych w latach poprzednich do zagęszczania warstw asfaltowych. Skutkiem kilkakrotnych przejazdów walca po danym paśmie, czyli tzw. odprężania, jest efekt w postaci dobrego przylegania siatki do podbudowy bez widocznych wybrzuszeń; stosowana siatka firmy Bekaert już po kilku przejazdach walca poddaje się naciskom kół gumowych i zasadniczo nie ma większych problemów z uzyskaniem równej warstwy, co ocenia się w sposób wizualny,
- po odprężeniu powinny następować konieczne w niektórych przypadkach wycięcia siatki np. na studzienki kanalizacyjne i innego rodzaju urządzenia obce w nawierzchni,
- mocowanie siatki do podbudowy tzw. wstępne musi w pełni zabezpieczyć siatkę przed uszkodzeniem w wyniku wolnego przejazdu zestawu do rozkładania mieszanki mineralno-emulsyjnej; najczęściej stosowane są bolce metalowe z podkładkami wstrzeliwane przy zastosowaniu standardowych pistoletów stosowanych w budownictwie ogólnym; zamocowanie bolcami musi być wykonywane na początku każdej rolki;
- zaprawa stanowi zasadniczy element zamocowania siatki i jej właściwości decydują o trwałości wykonywanego wzmocnienia nawierzchni drogowej,
- układanie pierwszej warstwy asfaltowej na gorąco bezpośrednio na ok. 1 cm warstewce „slurry seal" z siatką zatopioną w zaprawie wymaga pewnego doświadczenia, które dotyczy zarówno operatora rozkładarki, jak i kierowców pojazdów dowożących mieszankę mineralno-asfaltową, co polega generalnie na bardziej ostrożnym niż na „normalnej" podbudowie poruszaniu się w czasie dostarczania mma tzn. nie powinny być wykonywane gwałtowne manewry na zamocowanej siatce, ponieważ skutkuje to oderwaniem sztywnej siatki, zazwyczaj z jej „wybrzuszeniem", a tym samym koniecznością jej usuwania (wycinania) na pewnej powierzchni.

Prawidłowa organizacja robót remontowych z zastosowaniem technologii Bitufor® wymaga ścisłego współdziałania poszczególnych ekip wykonujących kolejne elementy prac bezpośrednio następujących po sobie tzn. ekipy rozkładającej siatkę i wstępnie ją mocującej, ekipy układającej mieszankę mineralno-emulsyjną oraz ekipy wykonującej nawierzchnię tzn. poszczególne warstwy asfaltowe wbudowywane na związanej mieszance mineralno-emulsyjnej.

W przypadku remontu nawierzchni organizacja prac zależy od sposobu realizacji, który w większości przypadków następuje metodą „połówkową". Tym niemniej zalecane jest w miarę możliwości wykonywanie remontu całą szerokością jezdni, ponieważ w takiej sytuacji układanie siatki i zaprawy mineralno-emulsyjnej można wykonać najszybciej. Szczególnie korzystna sytuacja jest w przypadku remontu drogi dwujezdniowej, na której możliwe jest zamknięcie jednej z jezdni i roboty wykonywane są bez udziału ruchu, co bardzo przyspiesza postęp robót np. dostarczanie rolek siatki, rozkładanie siatki oraz odprężanie walcem.

Fot. 4-5. Rozkładanie siatki stalowej na podbudowie
(fot. GRUPPOBITUMI Polska)

Sprawą wymagająca dopracowania jest czyszczenie sfrezowanej powierzchni. Czyszczenie z użyciem szczotki metalowej oraz sprężonego powietrza można uznać za odpowiednie w warunkach budowy poza ośrodkami miejskimi. Przy robotach prowadzonych w miastach zalecane byłoby korzystanie np. ze specjalnych odkurzaczy przemysłowych, jakie stosowane są przy usuwaniu nadmiaru grysu przy powierzchniowych utrwaleniach nawierzchni.

Należy też zwracać uwagę na możliwe wystąpienie na każdej budowie przypadku zanieczyszczenia ułożonej warstwy zbrojenia, co jest istotne z uwagi na wzajemne powiązanie warstw, ponieważ dolną warstwę asfaltową można wbudowywać bez konieczności dodatkowego sprysku emulsją. Taki właśnie sposób był dotychczas praktykowany. Eliminacja tej czynności umożliwia szybkie wprowadzanie układarki na odprężoną siatkę i wbudowywanie warstwy asfaltowej na gorąco w tym samym dniu roboczym, co także zabezpiecza warstwę zbrojenia.

Rozkładanie siatki metalowej może zostać rozpoczęte po dokładnym oczyszczeniu sfrezowanej nawierzchni. Ważne jest, aby plac składowy zarówno siatki, jak i materiałów do mieszanki mineralno-asfaltowej znajdował się w pobliżu budowy, co umożliwia szybkie dostarczanie zarówno siatki jak i załadunek zestawu do wytwarzania mieszanki „slurry seal".

Odwijanie siatki dostarczanej w rolkach następuje w sposób zmechanizowany z użyciem urządzenia zamocowanego na samochodzie (typu dostawczego), który wyposażony jest w przedniej części w takie

urządzenie, które rozwija siatkę w kierunku odwrotnym do jej zwinięcia. W czasie rozwijania kolejnych rolek siatki może zostać rozpoczęte ich tzw. odprężanie z użyciem standardowego walca ogumionego, używanego w poprzednich latach do zagęszczania warstw nawierzchni np. typu Hamm. Kilkakrotne przejścia walca po leżącym pasie siatki sprawia, że przylega ona równomiernie do podłoża, nie ma uniesień siatki ani sfalowań.

Następnie powinno zostać dokonane punktowe mocowanie siatki do podłoża, z użyciem wstrzeliwanych kołków metalowych. Wstrzeliwane kołki, w ilości kilku sztuk, mają za zadanie uniemożliwienie przemieszczenia siatki przez koła zestawu do produkcji mieszanki mineralno-emulsyjnej.

Zestaw do produkcji mieszanki mineralno-emulsyjnej wykorzystywanej do zamocowania siatki stalowej stanowi istotny element, bez którego nie byłoby możliwe wdrożenie tego rodzaju technologii. Zasady działania takiego zestawu, znanego również z przeszłości do wytwarzania zapraw emulsyjnych typu „slurry seal", a więc niemal płynnych zapraw do uszczelniania nawierzchni, są znane w drogownictwie od wielu dziesięcioleci. W Polsce zestawami takimi dysponuje szereg firm drogowych i w przeszłości służyły one do wykonania uszczelnień nawierzchni o otwartej teksturze.

Skład zestawu obejmuje: zespół napędowy, zbiorniki na: wodę, emulsję, cement i kruszywo oraz mieszalnik i system połączeń poszczególnych składników.

Postęp w dziedzinie wyposażenia zestawów oraz w zakresie możliwości produkcyjnych następował w dłuższym okresie czasu i obecnie można

Fot. 6. Układanie mieszanki mineralno-emulsyjnej na rozłożonej siatce stalowej (fot. GRUPPOBITUMI Polska)

mówić o bardzo dobrych rozwiązaniach kolejnych wersji. W szczególności przydatne w naszych warunkach klimatycznych są zestawy niemieckiej firmy Breining. Obsługa tego w znacznym stopniu skomplikowanego urządzenia wymaga odpowiedniego przeszkolenia operatorów.

Doświadczenia z dotychczasowej produkcji mieszanek mineralno-emulsyjnych wskazują na konieczność wyposażania zbiornika emulsji do podgrzewania emulsji, co umożliwia prowadzenie robót w okresie jesiennym i wiosennym, kiedy temperatura otoczenia w szczególności w porze nocnej może być niska. Lekkie podgrzanie emulsji jest bardzo korzystne w celu uzyskania mieszanki mineralno-emulsyjnej o dobrych właściwościach, umożliwiającej jej odpowiednio szybki rozpad.

Kolejnym zagadnieniem, ale o znacznie trudniejszej skali jest zaprojektowanie i wytworzenie mieszanki mineralno-emulsyjnej o odpowiednim składzie oraz tym samym korzystnych właściwościach użytkowych. W skład takiej mieszanki wchodzą:

- ❖ kruszywo łamane drobne najczęściej o uziarnieniu do 2/5 mm,
- ❖ kruszywo naturalne tj. piasek 0/2 mm – suchy,
- ❖ emulsja modyfikowaną polimerem,
- ❖ dodatek uszlachetniający – latex,
- ❖ cement portlandzki.

Z dotychczasowej praktyki wynika, że najlepsze rezultaty osiąga się stosując:

- ❖ piasek łamany granitowy,
- ❖ kruszywo łamane granitowe,
- ❖ emulsję asfaltową kationową wolnorozpadową modyfikowaną elastomerem.

Doświadczenia krajowe w realizacji remontów dróg z użyciem siatki stalowej

W okresie ostatnich 5-ciu lat na terenie Polski została wykonana znaczna ilość remontów dróg krajowych i wojewódzkich oraz ulic w Warszawie, Katowicach i we Wrocławiu oraz innych powierzchni komunikacyjnych (np. nawierzchni pętli autobusowych, na terenie Warszawy i podstołecznych miejscowości), których zrealizowanie umożliwiła nowa technologia polegająca na wbudowaniu pod nowe warstwy asfaltowe zbrojenia ze specjalnej siatki stalowej produkcji firmy Bekaert. Siatka zamocowana została do podłoża z użyciem mieszanki mineralno-emulsyjnej warstwą o grubości ok. 1 cm.

Jedno z pierwszych zastosowań technologii Bitufor® na drodze krajowej miało miejsce w 1999 r. na terenie Oddziału GDDKiA w Bydgoszczy. Siatka została przewidziana do wzmocnienia w obrębie umocnionego pobocza drogi krajowej nr 1 (odcinek doświadczalny). W wyniku obniżonej nośności pobocza wytworzyło się podłużne pęknięcie o znacznej szerokości. Zaprojektowanie siatki z zamocowaniem mieszanką umożliwiło szybki remont, który do chwili obecnej zapewnia prawidłową eksploatację wyremontowanego odcinka tej drogi.

W Warszawie znacząca próba z technologią Bitufor® miała miejsce przy okazji remontu nawierzchni w Al. Krakowskiej, wykonanego w 2003 r. Efekt jest widoczny dla tysięcy użytkowników tej arterii i stanowi przykład pozytywnego oddziaływania siatki, ponieważ przyległe odcinki nawierzchni bez zbrojenia uległy w ciągu 6 lat bardzo silnym uszkodzeniom (spękaniom), które powodują konieczność kolejnego remontu. Odcinek, o długości 300 m, wykonany z siatką nie wykazuje dotychczas uszkodzeń, a stan jego można określić jako bardzo dobry.

Pierwsze zastosowanie omawianej technologii na terenie Oddziału GDDKiA w Warszawie miało miejsce w 2004 r. na drodze krajowej w miejscowości Maków Mazowiecki i obejmowało odcinek o długości ok. 500 mb, na którym są dwie rozdzielone jezdnie w ciągu przejścia drogi krajowej nr 60 (odc. Ciechanów-Ostrów Maz.) przez to miasto.

Na terenie Oddziału GDDKiA w Warszawie wykonano z użycie systemu Bitufor® wzmocnienia na odcinkach dróg krajowych nr 7, 10, 61 i 62. Długości odcinków nie były duże, natomiast lokalizacja ich miała miejsce na fragmentach nawierzchni, na których w przeszłości wielokrotnie konieczne były kolejne naprawy, ale po ich wykonaniu i tak szybko występowały uszkodzenia.

Tabela 3. Wykaz lokalizacji zastosowań siatki stalowej w latach 2004-2009 na drogach administrowanych przez GDDKIA Oddział w Warszawie

Droga	Lokalizacja	Rok wykonania	Powierzchnia [m²]
Nr 7	Skrzyżowania w obrębie remontowanego przejścia przez m. Łomianki	2007	3 000
Nr 61	Przejście przez m. Pułtusk	2008-2009	35 000
Nr 60	Przejście przez m. Maków Mazowiecki	2004	1 600
Nr 60	Przejście przez m. Raciąż	2006	3 900
Nr 60	Przejście przez m. Ciechanów	2007	5 700
Nr 62	Odcinek drogi Wyszków-Serock	2008	93 000
Nr 10	Przejście przez m. Gójsk	2008-2009	10 000

Tabela 4. Wykaz ważniejszych zastosowań siatki stalowej w latach 2006-2009 na drogach administrowanych przez inne Oddziały GDDKiA

Droga	Lokalizacja	Rok wykonania	Powierzchni [m²]
Nr 4	Obwodnica Tarnowa	2008-2009	230 000
Nr 73	Przejście przez m. Szczucin	2008	6 674
Nr 11	Środa Wlkp.-Kórnik	2008	4 950
Nr 94	Krze-Bolesław	2008	56 640
Nr 77	Przejście przez m. Nisko	2008	7 000
Nr 9	Przejście przez m. Kolbuszowa	2008	5 840
Nr 3	Przejście przez m. Skwierzyna	2007	7 840
Nr 94	Zederman-Jerzmanowice	2007	53 330
Nr 36	Przejście przez m. Krotoszyn	2007	8 639
Nr 73	Przejście przez m. Smęgorzów, Szczucin	2007	13 349
Nr 8	Szczytna-Polanica	2006	19 232
Nr 73	Przejście przez m. Dąbrowa Tarnowska	2006	17 300

Wykaz zastosowań siatki stalowej firmy Bekaert na drogach administrowanych przez GDDKiA Oddział w Warszawie przedstawia tabela 3, a tabela 4 na drogach administrowanych przez inne Oddziały GDDKiA.

Największe do chwili obecnej zastosowanie systemu Bitufor® w Polsce miało miejsce na terenie GDDKiA Oddział w Krakowie przy remoncie Obwodnicy Tarnowa w ciągu drogi krajowej nr 4 Kraków-Rzeszów.

Nawierzchnia obu jezdni na ww. obwodnicy, o długości około 9 km, wykonana została w 1999 r. i w ciągu kilku następnych lat uległa licznym uszkodzeniom oraz deformacjom wskutek intensywnego ruchu pojazdów ciężarowych, w tym pojazdów TIR.

Konieczny stał się remont i wzmocnienie nawierzchni, który przewidziano etapami – oddzielnie na każdej z dwóch jezdni. Szerokość nawierzchni jezdni obwodnicy wynosi 10 m, a przekrój jezdni 2 x 3,75 m + 2,5 m +1,0 m = 11, 0 m.

W ramach projektu opracowanego przez Biuro Projektów TRAKT w Katowicach przewidziano:

- sfrezowanie istniejących warstw asfaltowych na głębokość ok. 5 cm,
- wykonanie zbrojenia z zastosowaniem siatki metalowej typu ciężkiego Mesh Track 1 z zamocowaniem jej do podłoża mieszanką mineralno-asfaltową typu „slurry seal" – o grubości ok. 1 cm,
- ułożenie na warstwie powstałego zbrojenia warstwy wiążącej z betonu asfaltowego – grubości 8,0 cm,
- ułożenie warstwy ścieralnej z SMA – grubości 4,0 cm.

Ponadto przewidziano naprawę nawierzchni w miejscach spękań poprzecznych poprzez pełną wymianę konstrukcji.

Wykonanie zasadniczego podłużnego zbrojenia z siatki metalowej na działce roboczej o długości ok. 500 mb wykonywane było w następujący sposób: siatkę stalową układano na sfrezowanej uprzednio nawierzchni w trzech pasach tj.: 4,0 + 4,0 + 3,30 m – z zakładami o szerokości ok. 30 cm. Siatkę kotwiono na początku każdej z rolek, po jej rozwinięciu, przy użyciu bolców metalowych wstrzeliwanych w nawierzchnię. Siatkę rozkładano i mocowano sukcesywnie na całej szerokości remontowanej nawierzchni tzn. na rozłożonym i rozprężonym z użyciem walca skrajnym pasie siatki układano mieszankę mineralno-asfaltową z zastosowaniem zestawu do wytwarzania i wbudowywania mieszanki typu „slurry seal" (produkcji niemieckiej firmy Breining). Pozostawiany był nieprzykryty pasek o szerokości około 30 cm, w celu wykonania zakładu przy układaniu kolejnego pasma siatki. Następnie rozkładano kolejną rolkę siatki metalowej, na której również po rozprężeniu z użyciem walca ogumionego układano mieszankę mineralno-asfaltową. Długość działki roboczej wynikajaca z możliwości zestawu do „slurry seal" wynosiła ok. 500 m.

Z uwagi na znaczne spękania poprzeczne projekt wzmocnienia nawierzchni Obwodnicy Tarnowa przewidywał wykonanie pełnych napraw nawierzchni w miejscach stwierdzonych uszkodzeń. Duża ilość tzw. przekopów w miejscach spękań spowalniała tempo prac (dziennie wykonywano średnio 20 przekopów).

Naprawa obejmowała:

- rozebranie całości pozostałych warstw asfaltowych oraz istniejącej warstwy podbudowy do warstwy odsączającej (podłoża gruntowego) – na szerokość około 2 m,
- wykonanie w powstałym przekopie nowej warstwy podbudowy z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie – o grubości 30 cm,
- ułożenie dolnego zbrojenia z pasa siatki metalowej Mesh Track 1,
- ułożenie warstwy wyrównawczej z betonu asfaltowego 0/20 mm – o grubości koniecznej (do poziomu sfrezowanej nawierzchni).

Na całej długości remontowanej drogi (przekopy i odcinek wzmocnienia) układano następnie siatkę stalową i dwie warstwy asfaltowe tj. wiążącą z betonu asfaltowego grubości 8,0 cm i ścieralną z SMA o grubości 4,0 cm.

Prace remontowe rozpoczęto w lipcu 2008 r. a zakończono w kwietniu 2009 r. Wykonawcą robót była firma POLDIM S.A. z Tarnowa.

Podsumowanie

W wyniku zastosowania do remontu konstrukcji nawierzchni rozwiązania z siatką metalową w systemie Bitufor uzyskuje się szereg efektów, z których jako pierwszy należy wymienić uzyskanie stabilnej warstwy o grubości ok. 10 mm, składającej się z siatki o dużej wytrzymałości zamocowanej szczelną zaprawą „slurry seal", która uszczelnia także wszelkie spękania występujące w podbudowie, w tym również takie, które uwidaczniają się po sfrezowaniu istniejących warstw asfaltowych.

Kolejnym efektem jest możliwość znacznego zredukowania potrzebnych grubości warstw wzmocnienia, jakie byłyby konieczne w przypadku nie zastosowania siatki stalowej.

Następną zaletą omawianego rozwiązania jest szybki termin wykonania prac. Ułożona w celu związania siatki z podłożem warstwa z mieszanki mineralno-emulsyjnej ma dobre właściwości użytkowe i bez uszkodzeń może być po niej prowadzony ruch pojazdów ciężkich (z ograniczoną prędkością), co może nastąpić np. w sytuacji awaryjnej i braku możliwości wbudowania w danym dniu pierwszej warstwy asfaltowej na wbudowanej siatce.

Wnioski wypływające z doświadczeń zrealizowanych z użyciem siatki stalowej są bardzo pozytywne. Właściwie przygotowany front robót umożliwia szybkie rozwijanie i odprężanie siatki i jej zamocowanie. Doświadczony zespół może w ciągu jednej zmiany wbudować siatkę na powierzchni ok. 6 000 m^2. Prace powinny być tak zorganizowane, aby po siatce w pierwszych dwóch godzinach od jej wbudowania nie odbywał się żaden ruch pojazdów ani osób. Po tym okresie można już jednak dopuścić przejazdy z małą prędkością.

Przedstawiona technologia jest bardzo istotnym rozszerzeniem sposobów remontów nawierzchni asfaltowych w Polsce. Należy podkreślić, że może być ona również stosowana w remontach nawierzchni betonowych.

W podsumowaniu artykułu można podać szereg stwierdzeń wynikających z dotychczasowych doświadczeń:

- korzystna sytuacja w zakresie dostępności w naszym kraju do specjalnej siatki stalowej, zestawów do wytwarzania mieszanek mineralno-emulsyjnych oraz emulsji modyfikowanych stworzyła nowe możliwości wykonywania remontów nawierzchni z zastosowaniem technologii Bitufor®,
- sposób remontów z użyciem siatki stalowej umożliwia wzmacnianie nawierzchni cieńszymi warstwami asfaltowymi, ponadto wykorzystywane są podbudowy, które w „tradycyjnym rozwiązaniu" tzn. wzmacniania sposobem „w górę" byłyby nieodpowiednie tj. o zbyt małej nośności do przeniesienia wzrastających obciążeń pochodzących od kół pojazdów samochodowych,
- duży zakres wykonanych już w okresie ostatnich lat remontów dróg krajowych, ulic na terenie miast i innych powierzchni komunikacyjnych np. pętli autobusowych wykazał, że technologia ta jest bardzo efektywna,
- prowadzone obserwacje stanu nawierzchni wykazują, że wzmocnione tak nawierzchnie nie ulegają uszkodzeniom, tak jak powierzchnie przyległe bez zastosowania siatki,
- należy w tym miejscu podkreślić, że występujące niekiedy uszkodzenia o niedużym zresztą zakresie nie są z pewnością spowodowane użyciem siatki, ale innymi przyczynami np. niewłaściwymi warunkami wbudowywania warstw,
- okresy eksploatacji odcinków zrealizowanych na terenie Polski gwarantują, że nie należy obawiać się siatek stalowych zarówno w zakresie ich „wychodzenia" na powierzchnię jak i innych rozpowszechnianych uprzednio niekorzystnych informacji dotyczących negatywnego wpływu siatki.

Drogownictwo w naszym kraju zyskało kolejny sposób napraw, przydatny w szczególnych warunkach usytuowania drogi i to może być powodem do zadowolenia. Oczywiście nie należy ustawać w poszukiwaniach dalszych udoskonaleń omawianej technologii, która tym samym będzie coraz szerzej stosowana. Opracowana w 2007 r. Ogólna Specyfikacja Techniczna [3] stanowi w chwili obecnej odpowiedni materiał wyjściowy dla projektantów i administracji drogowej, przydatny przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu tego rodzaju rozwiązania w remontach konstrukcji nawierzchni drogowych.

Bibliografia:

1. Aprobata Techniczna IBDiM nr AT/2001-04-1156 Siatka Bitufor® do wzmacniania nawierzchni drogowych,
2. M. Danowski, R. Wrzesień „Zastosowanie siatki metalowej przy wzmacnianiu nawierzchni dróg w technologii opracowanej przez firmę Bekaert", Polskie Drogi nr 5/2007,
3. OST Zastosowanie siatki z drutu stalowego w warstwach asfaltowych nawierzchni,
4. Wytyczne stosowania geowyrobów w warstwach asfaltowych nawierzchni drogowych, IBDiM Zeszyt nr 66, Warszawa, 2004 r.

Fot. 7. Lotnisko Pyrzowice – roboty z zastosowaniem technologii Bitufor (fot. GRUPPOBITUMI Polska)

Ekologiczne technologie asfaltowe

Aldona Mizgalska*

XX Seminarium Techniczne PSWNA (22-24 kwietnia 2009 r.) odbywało się pod hasłem „Nowoczesne technologie w drogownictwie". Większość referatów dotyczyła zastosowania mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło.

Wśród prelegentów był Jean Paul MICHAUT, dyrektor techniczny COLAS S.A. na Europę Centralną i Północną. Przedstawił referat: „Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło; doświadczenia francuskie".

Dziś do tych doświadczeń firma COLAS dołożyła doświadczenia w innych krajach europejskich. Firmy Grupy COLAS w kilku krajach również mogą pochwalić się osiągnięciami w dziedzinie produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło.

Poniżej krótkie „tech-news", dotyczące zastosowania ww. technologii w Chorwacji, na Węgrzech oraz w Polsce.

CHORWACJA

W listopadzie 2009 roku, Cesta Varazdin, firma należąca do Grupy COLAS w Chorwacji wykonała testowe odcinki z dwóch mieszanek mineralno-asfaltowych (AB 16E PmB 45/80-65 – AC 16 PmB 45/80-65) z dodatkiem CWM z Chemoranu.

Odcinki te zostały zrealizowane w ramach projektu autostrady Zagreb – Macelj, w pobliżu Krapiny-Macelj przy granicy ze Słowenią, dla firmy Croatian Highways Ltd oraz dla OGH d. d. Zagreb. 834.

Mieszanka AB 16E PmB, w ilości 420 ton, została wyprodukowana z dodatkiem 0,3% CWM w temperaturze 155°C i wbudowana w zakresie temperatury wahającym się od 140° do 100°C. Obniżenie temperatury produkcji i wbudowywania tej mieszanki pozwoliło na zaoszczędzenie energii o około 13,9%.

Mieszanka AC 16 PmB 45/80-65, w ilości 470 ton, zawierająca 0,5% CWM została wyprodukowana w temperaturze 138°C i wbudowana w zakresie temperatury wahającym się od 124°C do 90°C, zaoszczędzono w ten sposób 21,6% energii.

Obydwie ww. mieszanki mineralno-asfaltowe zostały wyprodukowane w zakładzie zlokalizowanym 24 kilometry od miejsca ich wbudowania. Temperatura powietrza w okresie wykonywania robót wynosiła średnio od 17°–18°C.

Fot. 1-2. Roboty na autostradzie Zagreb – Macelj (fot. COLAS)

WĘGRY

14 listopada 2009 roku, firma Hungaria Zrt z Grupy COLAS rozpoczęła testy produkcji i zastosowania mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło na odcinku próbnym na południu Węgier.

Mieszanka mineralno-asfaltowa AS 11 50/70 została wyprodukowana w zakładzie produkcyjnym w Szekszard z 0,4% dodatkiem CWM. Temperatura mieszanki w zakładzie w momencie wytworzenia wynosiła 130°C.

Wyprodukowaną na ciepło mieszankę wbudowano układarką na 300 metrowym odcinku próbnym usytuowanym na drodze 5603, niedaleko drogi szybkiego ruchu M6. Mieszankę można było z łatwością zagęścić w temperaturze tak niskiej jak 80°C. W fazie aplikacji nie napotkano na żadne przeszkody.

Była to pierwsza tego typu próba wykonania nawierzchni drogowej z mieszanki na ciepło, zastosowana na sieci dróg publicznych na Węgrzech. Eksperci z całego kraju, którzy przybyli na miejsce wykonywania robót, aby ocenić odcinek próbny, jednomyślnie uznali potencjał zastosowania tego typu mieszanek na większą skalę na terenie Węgier.

** mgr inż. Aldona Mizgalska - COLAS Sp. z o.o.*

Fot. 3-4. Wykonywanie odcinka z mma na ciepło na drodze 5603 (fot. COLAS)

POLSKA

We wrześniu 2009 roku w Polsce zastosowano dodatek CWM do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze.

Firma COLAS Polska wyprodukowała i wbudowała beton asfaltowy (AC WMS 16) z dodatkiem CWM na warstwę wiążącą na ulicy Aleja Solidarności w Poznaniu. Ułożyliśmy 5600 m^2. Dodatek CWM był dozowany do asfaltu na wytwórni mma.

Temperatura mieszanki: podczas produkcji 130-140°C; podczas rozładunku 125-130°C; podczas zagęszczania 130-100°C.

Nie pojawiły się żadne problemy zarówno w trakcie wytwarzania mieszanki na ciepło jak i jej wbudowywania. Wyniki porównawcze mieszanki bez dodatku i z dodatkiem CWM nie odbiegają od siebie.

Fot.5. Układanie nawierzchni na ulicy w Poznaniu (fot. COLAS)

Seminarium eSeMA 2010

*** Hanna K. Walęcka, Krystyna Szymaniak**

W dniach 18-19 lutego 2010 r. w Zakopanem odbyło się już 10. z kolei seminarium techniczne zorganizowane przez firmę RETTENMAIER Polska Sp. z o.o.

Powitania uczestników seminarium, w imieniu organizatora, dokonała Krystyna Szymaniak, która kieruje działem drogownictwa w tej firmie. W swoim wystąpieniu przypomniała m.in. kalendarium i tematykę dotychczasowych spotkań. Pierwsze z nich (w 2001 r.) i drugie (w 2002) odbyły się w Niemczech, w formie tzw. warsztatów technologicznych.

Następne seminaria były organizowane: 2003 r. – w Wiśle, 2004 r. – w Szczyrku, a począwszy od 2005 r. – w Zakopanem. Tematyka omawiana w wystąpieniach prelegentów dotyczyła przede wszystkim zagadnień związanych z produkcją i wbudowywaniem SMA, materiałów do jej wytwarzania, a także wymagań i metod badań, w tym zarówno krajowych jak i zagranicznych. Wiedzą i doświadczeniami dzielili się z uczestnikami prelegenci z Polski i z zagranicy (Niemcy, Holandia, Wielka Brytania) reprezentujący zaplecze naukowo-badawcze, laboratoria drogowe, producentów SMA, kruszyw i lepiszczy oraz dodatków, wykonawców robót drogowych, producentów sprzętu do wytwarzania i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych.

W 2005 r. ogłoszony został konkurs na nazwę seminariów organizowanych przez RETTENMAIER Polska, który został rozstrzygnięty w 2006 r. – zwyciężyła propozycja: **eSeMA**. (nazwa seminarium na dobre wpisała się w kalendarz drogowych spotkań).

Od 2005 r. relacje z seminariów eSeMA ukazują się w kwartalniku NAWIERZCHNIE ASFALTOWE, wydawanym przez Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych (PSWNA).

W przygotowaniu merytorycznym eSeMA 2010 wspomagała organizatorów rada programowa, w której pracach uczestniczyli również wybitni specjaliści branży drogowej.

Następnie głos zabrał **Horst Erdlen** – kierujący działem drogownictwa w firmie JRS Niemcy. W swoim wystąpieniu scharakteryzował główne zadania drogownictwa w Niemczech. Są nimi: redukcja hałasu, naprawa szkód zimowych, stosowanie zrównoważonych technologii, „zielonego" asfaltu i recykling. Realizacja tych celów wymaga harmonijnej współpracy wszystkich uczestników procesu budowlanego, a w tym szczególnie pomiędzy administracją i firmami wykonawczymi.

W kolejnym punkcie oficjalnej części seminarium został odczytany, przez panią **Marię Jóźwiak** – Dyrektora Biura PSWNA, list gratulacyjny od Stowarzyszenia, z okazji jubileuszowego 10. seminarium organizowanego przez RETTENMAIER Polska.

W pierwszym dniu seminarium odbyły się trzy sesje. Do prowadzenia pierwszej sesji organizatorzy zaprosili Konrada Jabłońskiego i Ewę Wilk, drugiej Sebastiana Witczaka i Hannę K. Walęcką, trzeciej Krzysztofa Błażejowskiego i Halinę Sarlińską. W tym dniu przedstawione zostały następujące prezentacje:

** mgr inż. Hanna K. Walęcka – Redakcja kwartalnika PSWNA*
mgr Krystyna Szymaniak RETTENMAIER Polska Sp. z o.o.

Fot. 1. Krystyna Szymaniak wita uczestników seminarium
(fot. K. Jabłoński)

I sesja:

- **Kryteria wyboru rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej w Dyrekcji Autostrad Północnej Bawarii – Kerstin Gärtner /Dyrekcja Autostrad Północnej Bawarii**

Dyrekcja Autostrad Północnej Bawarii, z siedzibą w Norymberdze, administruje siecią autostrad federalnych o długości 1 320 km, na której znajduje się około 3 000 obiektów mostowych, w tym 148 dużych. Wybór rodzaju mma zależy od: klasy budowy (natężenia i struktury ruchu), użytkowania (jezdnie główne, parkingi, chodniki), specjalnych wymagań (np. zmniejszenie hałasu), aspektów ekonomicznych. Od lat 90. ubiegłego wieku na sieci autostrad w Północnej Bawarii wzrasta udział warstw ścieralnych z SMA i obecnie jest to dominujący rodzaj warstwy (ok. 63%), w tym ok. 1,5% stanowią warstwy z SMA LA (tzw. ciche SMA). Na drogach obciążonych największym ruchem (w Niemczech są to klasy budowy SV i I) do wykonywania warstw ścieralnych stosowane są tylko SMA 8S lub SMA 8S LA. Jest to związane z koniecznością spełnienia wymagań wobec nawierzchni asfaltowych takich jak: stabilność i trwałość, zapewniających odpowiednie właściwości użytkowe w trakcie eksploatacji drogi (równość, brak spękań, szorstkość, odporność na odkształcenia). Dodatkowym wymaganiem jest obniżenie hałasu. Z dotychczasowych badań niemieckich wynika, że zastosowanie warstwy z SMA 8S bez posypki powoduje zmniejszenie hałasu o -2 dB (A), z asfaltu porowatego PA 8 o -5dB (A); liczby te znalazły się już w przepisach technicznych. Obniżenie hałasu na warstwie z SMA 8 S LA, wg dotychczasowych doświadczeń, wynosi od -4 dB (A) do -6 dB (A). W swoim wystąpieniu K. Gärtner podkreśliła także, że istotną rolę odgrywa rodzaj warstwy wiążącej, na której układana jest warstwa ścieralna z SMA, w tym nowy rodzaj mieszanki mastyksowo-grysowej do warstwy wiążącej. Zwróciła ponadto uwagę na aspekt ekologiczny budownictwa drogowego, w którym stałym dążeniem powinno być oszczędzanie naturalnych zasobów i możliwie jak największe stosowanie recyklingu.

❖ **Warstwa wiążąca z mieszanek mastyksowo-grysowych – Marco Schünemann / KEMNA**

W prezentacji autor przedstawił aktualny stan prac badawczo-wdrożeniowych dotyczących mieszanki mastyksowo-grysowej do wykonywania warstwy wiążącej. Już w latach 80. XX wieku firma KEMNA rozpoczęła prace, których celem było opracowanie takiej mma do warstwy wiążącej, która charakteryzowałaby się ekstremalną sztywnością, odpornością na zmęczenie i szczelnością po ułożeniu oraz była bardzo łatwa do wbudowania, w pełni przydatna także w niesprzyjających warunkach, wytrzymała, a więc niewrażliwa, „wybaczająca błędy" i zadawalająca, pod względem umownym i technicznym, wszystkich uczestników procesu budowlanego. Konwencjonalne warstwy wiążące z mma są często projektowane jako zbyt bogate w wolne przestrzenie i jeśli dochodzi do opadów przed wbudowaniem warstwy ścieralnej, to przenikająca woda gromadzi się w niżej położonych warstwach asfaltowych. Gdy wykonywana jest asfaltowa warstwa ścieralna, para wodna ulega zamknięciu, tak, że często nie uzyskuje się wymaganego wskaźnika zagęszczenia i związania warstw. Poza tym istnieje niebezpieczeństwo, że miejsca występowania wody i tzw. „rosnące pęcherze" ograniczą trwałość warstwy ścieralnej. Stabilność konwencjonalnych asfaltowych warstw wiążących jest zazwyczaj „wyłudzana" najmniejszą zawartością lepiszcza, przez co te bardzo „suche" mieszanki wykazują skłonność do segregacji. Natomiast konwencjonalne mieszanki do warstwy wiążącej zaprojektowane jako bardzo szczelne są często podatne na koleinowanie, także przy zastosowaniu lepiszcza o wysokiej lepkości. W wyniku prowadzonych prac nad optymalizacją mieszanki mastyksowo-grysowej do warstwy wiążącej opracowano jej skład, w którym jest więcej lepiszcza i wypełniacza (wysokowartościowy wypełniacz wapienny) w porównaniu do konwencjonalnego betonu asfaltowego, a w mieszance mineralnej jest mniej kruszywa 2/5 a więcej 11/16. Mieszanka mastyksowo -grysowa do warstwy wiążącej wytwarzana jest z użyciem wysokowartościowych włókien i wbudowywana w warstwie o grubości 6 – 8,5 cm. Przedstawione wyniki badań laboratoryjnych i kontrolnych z wykonanych odcinków (m. in. na autostradzie A3, południowej obwodnicy Berlina) potwierdziły w pełni zalety mieszanki mastyksowo-grysowej „systemu KEMNA" do wykonywania warstwy wiążącej.

II sesja:

❖ **Projektowanie SMA metodą czeską – Halina Sarlińska/ Polimex-Mostostal, Krzysztof Błażejowski/ORLEN Asfalt**

Autorzy przedstawili porównanie mieszanki SMA 0/11 zaprojektowanej wg polskich wymagań (WT 2) i czeskiej normy ČSN EN 13108-5. Opis czeskiej metody projektowania mieszanki SMA czytelnicy NA mogą znaleźć w książce Krzysztofa Błażejowskiego pt.: „SMA. Teoria i praktyka" wydanej w 2007 r. przez RETTENMAIER Polska Sp. z o.o.

Cykl projektowania mieszanki SMA składa się w tej metodzie z następujących etapów:

– zaprojektowanie mieszanki mineralnej na podstawie analizy wpływu zawartości kruszywa grubego (> 4 mm) na właściwości mieszanki SMA,
– zaprojektowanie optymalnej zawartości lepiszcza asfaltowego do wybranego uziarnienia mieszanki mineralnej.

W pierwszym kroku zaprojektowano skład mieszanki mineralnej odpowiadającej krzywym uziarnienia w ww. czeskiej normie, a następnie, zgodnie z tą normą, dokonano zmiany zawartości kruszywa 4/11 w granicach:

Fot. 2. Od prawej: Marco Schünemann, Kerstin Gärtner i Ewa Wilk
(fot. K. Jabłoński)

(± 3% i ± 6%), zmieniając jednocześnie o tą samą różnicę zawartość kruszywa drobnego (zawartość wypełniacza pozostawała bez zmian). Następnie wykonano po 4 próbki mma z każdym wariantem mieszanki mineralnej i z jednakową zawartością asfaltu 6,2% (taką jaka wynikała z zaprojektowanej „polskiej" mieszanki SMA), które poddano badaniom, mającym na celu wybranie najkorzystniejszego uziarnienia mieszanki mineralnej.

Wykonane próbki poddano badaniom w celu oznaczenia:

– stabilności wg Marshalla (powinna być 6 KN),
– objętości lepiszcza asfaltowego (powinna być 14,5% (v/v) w mieszance SMA 0/11 i 15,0 (v/v) w mieszance SMA 0/8),
– zawartości wolnych przestrzeni w próbkach zagęszczonych 2x50 uderzeń (powinna być od 3,0 do 4,5% (v/v)),
– zawartości wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej,
– wypełnienia wolnych przestrzeni lepiszczem asfaltowym.

Po naniesieniu uzyskanych wyników na wykresy analizuje się je i wybiera najlepszą mieszankę na podstawie:

– analizy punktu przegięcia linii zależności zawartości wolnych przestrzeni w próbkach mieszanki SMA od zawartości frakcji > 4 mm,
– analizy punktu przegięcia linii zależności zawartości wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej od zawartości frakcji > 4 mm,
– doświadczenia projektanta.

Na podstawie analizy wyników badań próbek z mieszanek SMA, wykonanych w poprzednim etapie, dokonuje się oszacowania optymalnej zawartości lepiszcza asfaltowego w odniesieniu do wybranego wariantu uziarnienia i wykonuje się dodatkowe serie próbek Marshalla z zawartością asfaltu ± 0,3% (m/m) od ilości przyjętej na początku badania jako wstępnej (tu 6,2% (m/m)). Optymalna zawartość lepiszcza asfaltowego powinna spełniać wymagania stabilności wg Marshalla oraz minimalnej objętości lepiszcza asfaltowego w próbkach i zawartości wolnych przestrzeni w próbkach mieszanki SMA zagęszczonych 2x50 uderzeń.

Na próbkach mieszanki SMA z optymalną zawartością lepiszcza należy wykonać dodatkowe badania:

– zawartości wolnych przestrzeni z próbkach mieszanki SMA zagęszczonej energią 2x100 uderzeń (wymaganie: 2,5% (v/v)),
– koleinowania (w małym urządzeniu koleinującym – 5000 cykli w temperaturze 50°C; wymaganie: PRDAIR5,0 i WTSAIR0,07),
– spływności Schellenberga (wymaganie: < 0,3%).

Jeśli ww. wymagania są spełnione, kończy się proces projektowania mieszanki SMA.

W przypadku konkretnie użytego rodzaju kruszywa zawartość ziaren > 4 mm wyniosła 65 – 67%, co odpowiadało zawartości 73 – 75% ziaren > 2 mm. Parametry SMA sprawdzono na próbkach z zawartością asfaltu 6,2% i 5,9%. Wszystkie warianty mieszanek porównano z wymaganiami polskimi i czeskimi. Mieszanka SMA z zawartością asfaltu 5,9% spełnia zarówno wymogi czeskie jak i polskie, natomiast z zawartością asfaltu 6,2% nie spełnia czeskich wymogów.

W podsumowaniu prelegenci stwierdzili, że w Czechach dokładnie sprecyzowany jest sposób projektowania mieszanki SMA. Zbadane mieszanki SMA wg wymogów polskich i czeskich różnią się od siebie. Wariant czeski jest bliższy oryginałowi wg Zichnera niż wariant polski. Czeski załącznik krajowy do normy EN 13108-5 zawiera więcej wymagań (np. minimalna zawartość objętościowa lepiszcza) i ostrzejsze wymagania dotyczące koleinowania w porównaniu do wymagań wg WT 2. Przeprowadzone badania wskazują na celowość wprowadzenia w Polsce dwóch charakterystycznych sit 4 i 8 mm (zamiast jednego 5,6 mm).

❖ **Właściwości przeciwpoślizgowe mma, a w szczególności SMA – Klaus Graf**

W prezentacji autor przedstawił aktualnie stosowane w Europie metody pomiaru szorstkości, ze szczególnym uwzględnieniem metod i urządzeń pomiarowych oraz wymagań i przepisów technicznych stosowanych w Niemczech. Obowiązkową metodą w Niemczech jest SKM (metoda pomiaru siły bocznej). Pomiar kalibrowanym urządzeniem dokonywany jest po 4-8 tygodniach po oddaniu nawierzchni do ruchu, przy prędkościach 40, 60 lub 80 km/h. Metoda zastępczą jest wahadło SRT (stosowaną na chodnikach, rondach, zatokach itp.).

Wykorzystywane dotychczas urządzenia pomiarowe są ciągle doskonalone. W ramach programu SPENS przeprowadzono badania porównawcze urządzeń stosowanych w Europie (z Polski – SRT 3), a w raporcie z badań stwierdzono, że żadne urządzenie nie dało statystycznie wiarygodnych wyników. Szorstkość nawierzchni zmienia się w zależności od pory roku. Średnia wartość w okresie lata jest mniejsza od średniej w okresie zimy. Skutecznym „lekarstwem" na eliminowanie „początkowej śliskości", która występuje zawsze po wykonaniu warstwy ścieralnej z mma, jest zastosowanie posypki, ale zabieg ten zwiększa jednocześnie hałas. Posypka jest w Niemczech standardowo wymagana przy wykonywaniu warstw ścieralnych z mma na gorąco (AC, SMA, MA) w celu uzyskania początkowej szorstkości (wymóg ten nie dotyczy warstw z PA i SMA LA). Pewien potencjał w jej uzyskaniu tkwi także w optymalizacji składu mma pod kątem ograniczenia udziału materiału mineralnego o dużej polerowalności, a także w warunkach wbudowywania (dobór walców, temperatura) i w technice posypywania (ilość posypki, materiał, rozłożenie). Aby zapewnić szorstkość warstwy z SMA zaleca się stosowanie ciężkich (statycznych) walców, kontrolowanie zagęszczenia, unikanie „lustra" na powierzchni, dotrzymywanie grubości warstwy, dobór właściwego rodzaju posypki i sposobu jej rozłożenia, przestrzeganie wymaganego przedziału czasu przekazania warstwy do ruchu od momentu jej wbudowania.

❖ **Problem technologiczny „zbyt zamknięte" SMA – Bohdan Dołżycki/Politechnika Gdańska**

Problem wymieniony w tytule prezentacji może wystąpić zarówno podczas zagęszczania warstwy z SMA jak i w trakcie jej eksploatacji.

Fot. 3. Prelegenci i prowadzący II sesję w dniu 18 lutego 2010 r
(fot. K. Jabłoński)

Przyczynami jego wystąpienia mogą być: zły projekt SMA (nieodpowiedni dobór materiałów wejściowych), zmiany materiałów w okresie stosowania recepty (inne materiały do produkcji niż użyte do projektowania), zmiany właściwości materiałów (zmiana uziarnienia, jakość – zapylenie) i błędy technologiczne. Szczególną rolę odgrywa ilość mastyksu, którego nadmiar może być wyciskany – powstają plamy, a także jego właściwości – zbyt miękki i o złej przyczepności do grubego kruszywa łatwo wydostaje się na powierzchnię warstwy.

Konsekwencje powstawania plam to obniżenie bezpieczeństwa na drodze i jej trwałości, a także estetyki. Problem jest jednak coraz rzadziej spotykany w naszym kraju, co świadczy o tym, że SMA są coraz lepsze.

III sesja:

❖ **LOTOS Asfalt – „Otwarci na przyszłość" – Waldemar Gańko/LOTOS Asfalt**

Rafineria LOTOS realizuje PROGRAM 10+, w ramach którego zrealizowane inwestycje pozwolą na zwiększenie przerobu ropy naftowej z 6 mln t/rok do 10,5 mln t/rok. Jest to największe przedsięwzięcie w tej branży w Europie Środkowej. Tak znaczny wzrost przerobu surowca, a więc i wielkości produkcji poszczególnych wyrobów (w tym asfaltów do budowy dróg) wymaga zwiększenia możliwości dostaw do klientów (logistyka). Rozbudowane zostały terminale, zbiorniki i nalewaki. Opracowano system pozwalający nawet na trzykrotne wykorzystanie środków transportu w ciągu doby. Wprowadzono e-obsługę klientów (e-sprzedaż i e-faktury). Od 2009 r. w zakładzie w Jaśle uruchomiono produkcję materiałów hydroizolacyjnych, w tym pap mostowych.

❖ **Jakość złoża kamienia wapiennego w Wapiennie – Marek Krajewski/Lafarge Kruszywa i Beton (LKiB)**

W prezentacji autor przedstawił realizowany od 2008 r. Projekt „Kujawy". Głównym celem tego projektu jest wyselekcjonowanie skały o najlepszych parametrach mrozoodporności i zapewnienie stabilności tego parametru. W projekcie przewidziano nie tylko badanie mrozoodporności skały, ale znalezienie innych cech materiału, które wskażą w sposób możliwie najszybszy partie surowca do produkcji kruszywa o wysokiej odporności na działanie mrozu. Znalezienie takich cech dokonywane jest poprzez określenie korelacji pomiędzy parametrami kruszywa. Projekt realizowany jest we własnym laboratorium LKiB na Kujawach przy współpracy Lafarge Cement (LC). Zakres badań kruszywa

przez LKiB obejmuje: oznaczenie mrozoodporności i nasiąkliwości (na frakcji 8/16 mm), badanie błękitem metylenowym (na frakcji 0/2 mm). Natomiast laboratorium LC przeprowadza badania podstawowego składu chemicznego skały. Bardzo szczegółowa lokalizacja miejsca pobrania prób skały do badań przed odstrzałem oznaczana jest za pomocą odbiornika GPS. Dotychczasowe badania wykazały, że dzięki określeniu takich parametrów skały wapiennej jak: nasiąkliwość, wartość błękitu metylenowego, skład chemiczny istnieje szybka możliwość wykazania z dużym prawdopodobieństwem jak bardzo kruszywo jest odporne na działanie mrozu. Producent kruszywa może więc prowadzić selektywną eksploatację złoża i dobierać, do produkcji kruszywa drogowego, skałę wapienną o najwyższych parametrach. Projekt „Kujawy" będzie rozszerzony o dodatkowe badania i nadal kontynuowany.

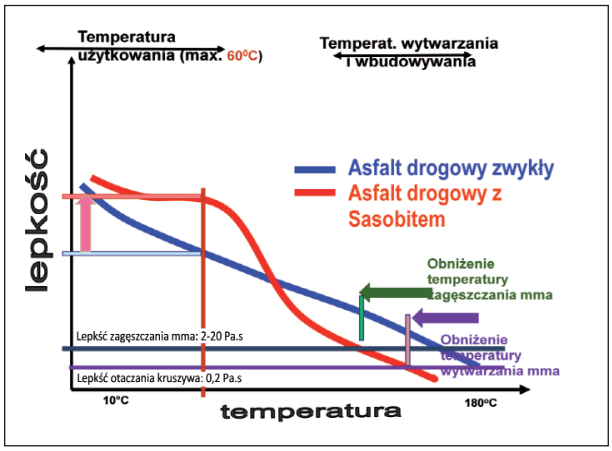
❖ **Paleta produktów JRS jako trwały składnik wymagań budowy nowoczesnych dróg asfaltowych – Krystyna Szymaniak/RETTENMAIER Polska**

Gamę produktów oferowanych przez JRS przedstawiła Krystyna Szymaniak. W prezentacji skoncentrowała się na ostatnio oferowanych stabilizatorach VIATOP plus AD 10 i VIATOP plus CT 40. Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na trwałość nawierzchni jest przyczepność asfaltu do kruszywa. VIATOP plus AD 10 jest stabilizatorem, który jednocześnie pełni rolę środka poprawiającego adhezję, gdyż zawiera dodatek aminy kwasu tłuszczowego. Zalecane dozowanie tego produktu – 0,35% (m/m) w stosunku do mma. Natomiast VIATOP plus CT 40 jest nie tylko stabilizatorem, ale umożliwia również obniżenie temperatury wytwarzania mma oraz podwyższenie odporności na koleinowanie warstwy SMA z tym stabilizatorem, gdyż zawiera on wosk Fischera – Tropscha (o nazwie handlowej Sasobit). Zalecane dozowanie tego produktu – 0,5% (m/m) w stosunku do mma. Korzyści ze stosowania VIATOP plus CT 40, to przede wszystkim oszczędność energii i zmniejszenie emisji CO_2 w produkcji i wbudowywaniu mma, wzrost odporności warstwy asfaltowej na odkształcenia, ułatwione zagęszczanie, zmniejszenie podatności lepiszcza na starzenie i możliwość szybszego oddania nawierzchni do ruchu. Zastosowanie VIATOP plus AD 10 i VIATOP plus CT 40 na wytwórni mma nie wymaga żadnych dodatkowych instalacji do dozowania.

Fot. 4. Egbert Beuving w trakcie prezentacji (fot. K. Jabłoński)

❖ **Mieszanki mineralno-asfaltowe o obniżonej temperaturze – „porady z praktyki do praktyki" – Konrad Jabłoński**

W prezentacji autor przedstawił publikację pt. „Mieszanki mineralno-asfaltowe o obniżonej temperaturze – porady z praktyki do praktyki", wydaną przez niemieckie stowarzyszenie Deutscher Asphaltverband e. V (DAV), która za zgodą uzyskaną przez JRS została przetłumaczona, na zlecenie RETTTENMAIER Polska, na język polski i przekazana wszystkim uczestnikom seminarium. Zachęcając do lektury tej publikacji, K. Jabłoński zwrócił uwagę na zależności pomiędzy lepkością zwykłego asfaltu drogowego i z dodatkiem Sasobitu, (oznaczaną w reometrze dynamicznego ścinania DSR), a temperaturą wytwarzania i wbudowywania mma oraz temperaturą użytkowania nawierzchni (wykres poniżej).



W drugim dniu seminarium odbyły się dwie sesje. Pierwszą prowadzili Bohdan Dołżycki i Maria Bogacka, drugą Konrad Jabłoński i Barbara Mierzwa. W tym dniu przedstawione zostały następujące prezentacje:

I sesja:

❖ **SMA w Europie – Egbert Beuving/EAPA**

Według danych zebranych przez EAPA w 12 krajach europejskich udział SMA do warstw ścieralnych nawierzchni wynosi od 6,7% do 20,0% całej produkcji mma. Europejska Grupa Wykonawców Nawierzchni Długowiecznych (ang. ELLPAG = *European Long-Life Pavement Group*) zdefiniowała pojęcie nawierzchni długowiecznej (ang. *Long Life Pavemen-LLP,* niem. *Langlebiger Straßenbelag*), jako szczególnego rodzaju nawierzchnię drogową, w której nie wystąpią żadne zjawiska zmęczeniowe w podłożu lub w podbudowie, przy założeniu, że zagwarantowane jest utrzymanie górnej (ścieralnej) warstwy. W koncepcji nawierzchni długowiecznych najważniejszą zasadą jest to, że wystąpienie możliwych uszkodzeń będzie ograniczone tylko do warstwy ścieralnej. Komitet techniczny EAPA badał trwałość warstw ścieralnych na europejskich drogach. Wyniki uzyskano na podstawie ankiet i dyskusji ekspertów. Zarówno na drogach obciążonych najcięższym ruchem (autostrady) jak i na drogach o małym ruchu mieszanka SMA okazała się doskonałą mma na warstwę ścieralną w konstrukcji nawierzchni długowiecznej (LLP).

❖ **Asfaltowe warstwy ścieralne zmniejszające hałas – doświadczenia ze stosowania SMA LA – Kerstin Gärtner/ Dyrekcja Autostrad Północnej Bawarii**

Celem opracowania koncepcji SMA LA było znaczne zmniejszenie hałasu, o co najmniej – 4 dB (A) w porównaniu do warstwy referencyj-

nej (W Niemczech jest to warstwa z asfaltu lanego), przy założeniu, że będzie to standardowa technologia tj. nie będą stawiane żadne szczególne wymagania wobec materiałów i sposobu wbudowywania oraz nie wymagająca żadnych szczególnych nakładów na odwodnienie. Warstwy ścieralne z SMA LA 8 są wykonywane już od 2005 r., głównie na autostradach. Stosowane były różne warstwy wiążące (z AC 0/22 S i AC 0/16 S, a ostatnio z powodzeniem z mieszanki mastyksowo-grysowej AC 16 B S-typ SMA). W prezentacji autorka przedstawiła analizę wyników badań kontrolnych mma oraz związanych z hałasem i właściwościami przeciwpoślizgowymi. Dokonała także porównania obszaru zastosowań, wymagań na etapie budowy i utrzymania warstwy ścieralnej nawierzchni z asfaltu porowatego PA 8 i mieszanki SMA 8 S LA. Zastosowanie PA 8 zapewnia obniżenie poziomu hałasu ≥ - 5 dB (A), jednakże z wyższymi wymaganiami wobec materiałów i wbudowywania oraz utrzymania. Badania tłumienia dźwięku uzyskane na warstwie SMA LA wykazały obniżenie poziomu hałasu ≥ - 4 dB (A), ale nie stawiane są szczególne wymagania, jak w przypadku PA. Warstwa wiążąca i obniżająca hałas warstwa ścieralna traktowane są w Dyrekcji Autostrad Północnej Bawarii jako pakiet: mieszanka mastyksowo-grysowa na warstwę wiążącą + SMA LA.

Fot. 5. Od prawej: prelegenci – Marek Krajewski i Bogdan Bogdański
(fot. K. Jabłoński)

❖ **Wielkopolskie doświadczenia w budowie SMA LA – Bogdan Bogdański/Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Poznaniu**

Na terenie Wielkopolski występuje zapotrzebowanie technologii nawierzchni asfaltowych o obniżonym poziomie hałasu, zarówno w aglomeracji miasta Poznań jak i na drogach krajowych na odcinkach przejść przez miejscowości. W 2009 r. wykonane zostały 3 odcinki nawierzchni z warstwą ścieralną (grubości 3 cm) z mieszanki SMA 8 LA (na drogach krajowych: nr 32 w m. Wolsztyn, nr 5 w m. Poznań – na ul. Żeromskiego i w m. Jarogniewice). Założenia do SST zostały opracowane we współpracy z ekspertem z Niemiec i na podstawie wymagań niemieckich. Produkcja SMA LA odbywała się bez problemów po właściwym ustawieniu kolejności i czasu mieszania, zgodnie ze schematem zaprezentowanym na eSeMA 2007 przez pana Klausa Grafa. Nie napotkano na jakiekolwiek problemy z układaniem i zagęszczaniem SMA LA. Wszystkie wyniki badań powykonawczych spełniły wyjściowe wymagania. Ocenę hałaśliwości nawierzchni z SMA LA przeprowadzono metodą CPX. Urządzenie do pomiaru tą metodą zostało zbudowane systemem gospodarczym w Laboratorium Drogowym GDDKiA Oddział w Poznaniu. Obniżenie hałasu np. na ul. Żeromskiego w Poznaniu wyniosło -6,1 (dB) w stosunku do sąsiedniej starej nawierzchni. Pomiary hałasu, a także szorstkości na wykonanych odcinkach z SMA LA będą kontynuowane w 2010 r. W strategii remontu dróg krajowych Oddział GDDKiA w Poznaniu zakłada wykonywanie warstw ścieralnych (grubości 3 cm) z SMA LA 8 na odcinkach przejść przez miejscowości.

II sesja:

❖ **Badania porównawcze asfaltów modyfikowanych – Krzysztof Błażejowski/ORLEN Asfalt**

W 2009 r. zostały przeprowadzone badania porównawcze asfaltów modyfikowanych produkowanych w Czechach, Słowacji, Polsce i Austrii. Badania wykonało niezależne laboratorium w Czechach. Badane były asfalty rodzaju PMB 25/55-60 na zgodność z normą EN 14023 oraz dodatkowo wg Superpave (określono górną i dolną temperaturę krytyczną – DSR, PG i kąt przesunięcia fazowego). Asfalt ORBITON 25/55-60 (dawniej 30B) produkcji ORLEN Asfalt zajął 2. miejsce (na 5 badanych).

❖ **Jednowarstwowa nawierzchnia dla dróg samorządowych – Klaus Graf**

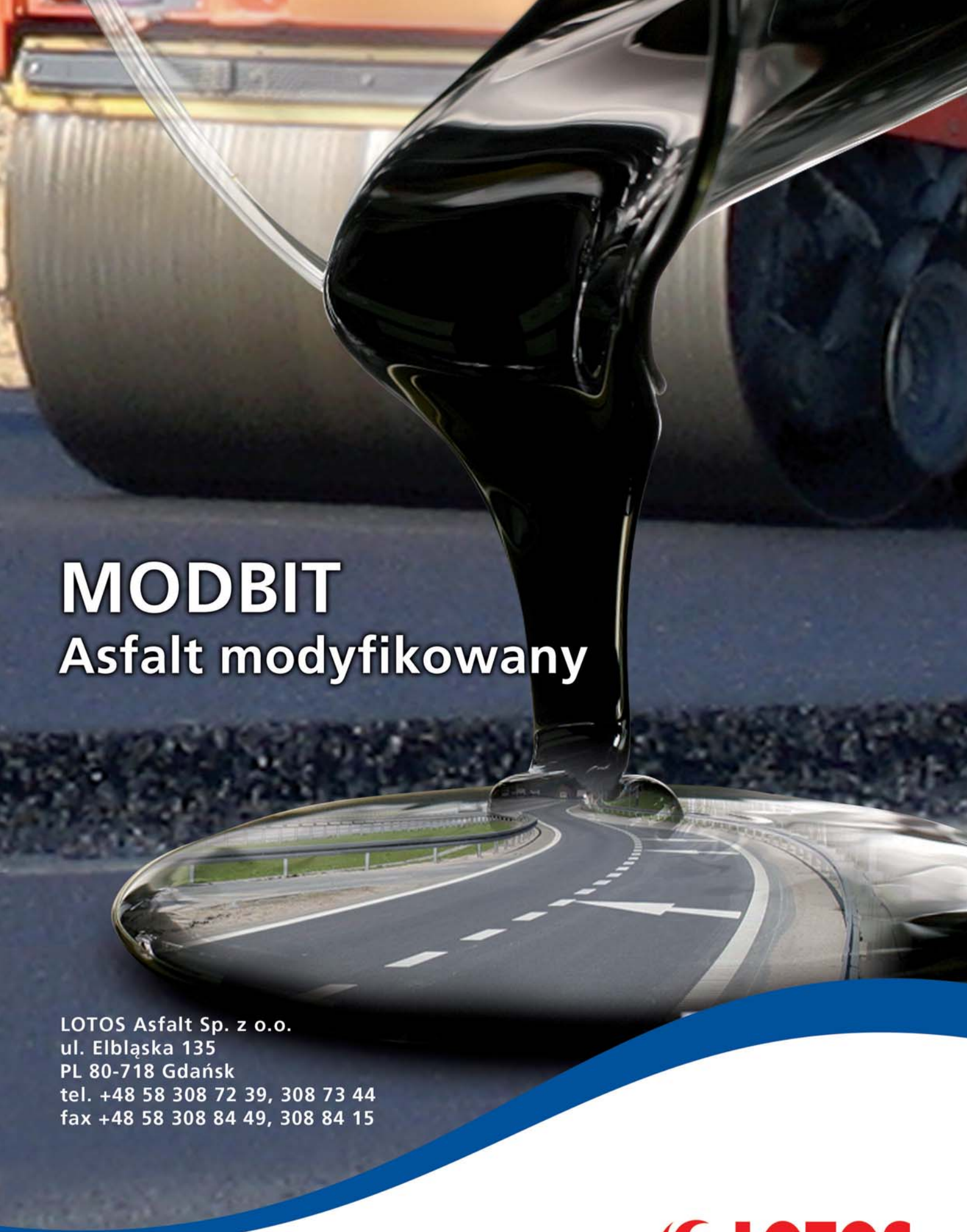
W Niemczech długość dróg samorządowych (wiejskich) wynosi 395 400 km, powiatowych 91 428 km, co stanowi odpowiednio 63,1% i 14,6% całkowitej długości sieci drogowej (wynoszącej 626 820 km). Stan techniczny nawierzchni na tych drogach oceniany jest jako wysoce niezadawalający i niebezpieczny dla użytkowników. Wynika on m.in. z niedostatecznych środków przeznaczanych na te drogi. W prezentacji autor przedstawił koncepcję jednowarstwowej nawierzchni (niem. *Decktragschicht* – DTS) wg zasady SMA na drogi o mniejszym obciążeniu ruchem tj. do klas budowy IV-VI. Grubość warstwy wykonywanej z mieszanki o uziarnieniu do 16 mm (DTS 16) wynosi 4 – 8 cm. Dobre właściwości DTS 16 takie jak: wysoka stabilność i odporność na odkształcenia, dłuższa trwałość z powodu grubszej warstewki asfaltu na kruszywie i odporność na przenikanie wody przemawiają za jej upowszechnieniem na drogach samorządowych.

Po każdej sesji odbywała się ożywiona dyskusja. Pytania uczestników seminarium do prelegentów dotyczyły prezentowanych zagadnień i wypełniły cały czas przeznaczony w programie na dyskusję.

Wystąpienia prelegentów z zagranicy były tłumaczone symultanicznie, ale jak zwykle doskonale, przez pana Igora Domańskiego.

Organizatorzy zadbali też o atrakcje w czasie wolnym od wykładów i dyskusji. W dniu 17.02.2010 r. zaprosili uczestników seminarium na kolację w regionalnej karczmie. Następnego dnia odbyło się uroczyste spotkanie na kolacji w sali hotelu Belvedere. Niespodzianką był występ Roberta Janowskiego i towarzyszących artystów z Jego zespołu, przyjęty z ogromnym aplauzem przez uczestników seminarium. Robert Janowski poprowadził też konkurs, w formule znanej polskim telewidzom, pt. „Jaka to melodia?".

Już wiadomo, że kolejna eSeMA (11.), odbędzie się w Zakopanem w dniach 27-29 stycznia 2011 r., na którą RETTENMAIER Polska serdecznie zaprasza.


MODBIT
Asfalt modyfikowany
LOTOS Asfalt Sp. z o.o.
ul. Elbląska 135
PL 80-718 Gdańsk
tel. +48 58 308 72 39, 308 73 44
fax +48 58 308 84 49, 308 84 15
LOTOS
www.lotosasfalt.pl

Połączyła nas wiedza i doświadczenie. Zrealizowaliśmy tysiące inwestycji. Połączyła nas pasja. Rozwijamy się i doskonalimy technologie. Połączyła nas dbałość o środowisko. Wiemy, jak tworzyć, nie niszcząc. Połączyła nas odwaga. Podejmujemy wyzwania nowoczesnego świata. Połączyła nas troska o życie przyszłych pokoleń. Bezpieczne i wygodne. Połączyliśmy się. Budimex SA i Budimex Dromex SA.

budimex