

# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Nr  
1(49)/2017

KWARTALNIK POLSKIEGO STOWARZYSZENIA WYKONAWCÓW NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

ISSN 1734-1434

## KONTROWERSYJNE WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWPÓŚLIZGOWE

Terminologia, badanie, metody oceny

### Kruszywa do nawierzchni

Ekologiczne materiały do budowy dróg

### Współczesne doświadczenia ze stosowania recyklingu na gorąco w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych w Polsce

Praktyka ostatnich 20 lat

**NAWIERZCHNIE ASFALTOWE**

Kwartalnik  
Polskiego Stowarzyszenia  
Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

**ASPHALT PAVEMENTS**

Quarterly of the Polish Asphalt  
Pavements Association

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
działa od 1999 r.

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

**Wydawca**

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych

**Skład zarządu**

Andrzej Wyszyński, prezes  
Adam Wojczuk, wiceprezes  
Tomasz Przeradzki, sekretarz  
Ewelina Karp-Kręglińska, skarbnik  
Waldemar Merski, członek zarządu  
Zbigniew Krupa, pełnomocnik zarządu

**Redakcja**

Anna Krawczyk, redaktor naczelna  
Danuta Kropiewnicka, redakcja językowa, korekta

**DTP**

Krzysztof Konarski – Inventivo.pl  
Fotografia na okładce – Fotolia.com

**Biuro zarządu, adres redakcji**

Jolanta Szulhaniuk

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

ISSN 1734-1434

## Spis treści

### Nawierzchnie Asfaltowe nr 1(49)/2017

#### 6 **Kontrowersyjne właściwości przeciwpoślizgowe**

Rozmowa z dr inż. Martą Wasilewską z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Drogowej Politechniki Białostockiej

#### 9 **Kruszywa do nawierzchni**

Danuta Kukielska

#### 12 **Współczesne doświadczenia ze stosowania recyklingu na gorąco w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych w Polsce**

Andrzej Szyller, Jan Król, Wojciech Bańkowski

#### 20 **eSeMA – odsłona szesnasta**

Anna Krawczyk

#### 22 **Wspomnienie o Profesorze Józefie Judykim**

Zarząd Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

Misja Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych:

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

Czasopismo wspierane finansowo przez:

 **LOTOS Asphalt**



**M**ilo mi jest poinformować, że postanowiliśmy podnieść rangę kwartalnika „Nawierzchnie Asfaltowe” i w związku z tym zamierzamy wystąpić do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o objęcie czasopiisma systemem punktacji. Pierwszym krokiem było powołanie Rady Redakcyjnej. Mam zaszczyt przedstawić jej znakomitych członków:

- dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk, prof. PB, kierownik Zakładu Inżynierii Drogowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka;
- prof. dr hab. inż. Piotr Radziszewski, kierownik Zespołu Technologii Materiałowych i Nawierzchni Drogowych, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska;
- prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski, kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni, Instytut Badawczy Dróg i Mostów;
- prof. nadzw. dr hab. inż. Adam Zofka, zastępca kierownika Zakładu Technologii Nawierzchni, Instytut Badawczy Dróg i Mostów;
- prof. dr hab. inż. Marek Iwański, dziekan Wydziału Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska;
- prof. dr hab. inż. Antoni Szydło, kierownik Zakładu Dróg i Lotnisk, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska;
- dr hab. inż. Karol Kowalski, Zespół Technologii Materiałowych i Nawierzchni Drogowych, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska;
- dr inż. Jan Król, Zespół Technologii Materiałowych i Nawierzchni Drogowych, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska;
- dr inż. Marta Wasilewska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka;
- dr inż. Piotr Jaskuła, adiunkt w Katedrze Inżynierii Drogowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska;
- dr inż. Bohdan Dołżycki, adiunkt w Katedrze Inżynierii Drogowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska;
- dr inż. Wojciech Bańkowski, zastępca kierownika Zakładu Technologii Nawierzchni, Instytut Badawczy Dróg i Mostów;
- dr inż. Krzysztof Błazejowski, dyrektor Działu Badań i Rozwoju, ORLEN Asphalt Sp. z o.o.;
- dr inż. Ewa Oidakowska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.

Z życzeniami miłej lektury  
**Andrzej Wszyński**

# XXXVI Seminarium Techniczne PSWNA



**„Formalne i techniczne aspekty  
zapewnienia jakości  
w budownictwie drogowym  
– materiały, cechy, przepisy”**

**29–31.03 2017, HOTEL BOSS  
Warszawa Miedzeszyn**

Patronat honorowy nad Seminarium objęli:

---



**MINISTERSTWO  
INFRASTRUKTURY I BUDOWNICTWA**

---



# Program\*

## środa 29.03.2017

**12.00–13.00** Przyjazd uczestników, zakwaterowanie

**13.00–14.00** Lunch

### **SESJA I – Przepisy regulujące budownictwo drogowe w Polsce**

**14.00–14.15** Otwarcie XXXVI Seminarium  
– Andrzej Wyszyński – PSWNA

**14.15–14.45** „Zrównoważony rozwój dróg publicznych w Polsce” – Andrzej Wyszyński – PSWNA

**14.45–15.15** GDDKiA

**15.15–15.45** GDDKiA

**15.45–16.15** Przerwa kawowa

### **SESJA II – BIM – nowoczesne projektowanie infrastruktury**

**16.15–16.45** „Wpływ wysokiej temperatury podczas produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej na właściwości kruszywa grubego i asfaltu – odporność na szok termiczny kruszywa grubego i starzenie asfaltów” – Philippe Chifflet – Colas

**16.45–17.15** „Nowoczesne projektowanie w infrastrukturze – BIM” – dr inż. Janusz Bohatkiewicz – Politechnika Lubelska/EKKOM

**17.15–17.45** „BIM – Nowoczesne projektowanie w infrastrukturze” – Mateusz Turecki – Budimex SA

**17.45–18.15** „Co warto (po)wiedzieć o IRI, jako ocenie równości nawierzchni w świetle znowelizowanych wymagań technicznych z 2015/2017 roku” – dr Dariusz Godlewski/Stanisław Szpinek – Politechnika Warszawska/Polska Inżynieria

**18.15–18.45** Dyskusja i podsumowanie pierwszego dnia Seminarium

**20.00** Kolacja, spotkanie towarzyskie

## czwartek 30.03.2017

**08.00–09.00** Śniadanie (dla osób nocujących w Hotelu)

### **SESJA III – Zrównoważona konstrukcja nawierzchni drogowej**

**09.00–09.40** „APSE. Koncepcja zrównoważonej konstrukcji nawierzchni drogowej – analiza LCC i prognozy rynkowe (Concept of sustainable road structure – life cycle analysis)” – Raquel Casado Barrasa – Acciona, Hiszpania/dr Brigitte Holt Andersen – CWare, Belgia

**09.40–10.10** „APSE. Przyspieszone badania eko-innowacyjnej nawierzchni na torze (PTF) Pavement Test Facility (Accelerated testing of eco-innovative pavements)” – dr Damien Bateman – TRL, UK

**10.10–10.30** „APSE. Zastosowanie dodatków pochodzenia roślinnego do mieszanek mineralno-asfaltowych

z destruktem” – dr hab. inż. Karol J. Kowalski – Politechnika Warszawska

**10.30–11.00** Przerwa kawowa

### **SESJA IV – Materiały, cechy, własności**

**11.00–11.30** „Zastosowanie zeolitów do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych”

– prof. nadzw. dr hab. inż. Adam Zofka/dr inż. Agnieszka Woszuk – IBDiM/Politechnika Lubelska

**11.30–12.00** „Ocena warunków klimatycznych Polski w aspekcie doboru rodzaju funkcjonalnego (PG) asfaltu do warstw nawierzchni drogowych” – dr inż. Marek Pszczoła – Politechnika Gdańska

**12.00–12.30** „Właściwości lepiszczy asfaltowych produkowanych w Polsce” – prof. Piotr Radziszewski – Politechnika Warszawska

**12.30–13.00** „Sposoby zabezpieczania mieszanek WMS przed spękaniem” – Bogdan Bogdański – GDDKiA Oddział Poznań

**13.00–13.30** „Uszkodzenia nawierzchni na mostach i w strefie połączenia drogi z mostem z punktu widzenia mostowca” – Krzysztof Germaniuk – IBDiM

**13.30–14.30** Lunch

### **SESJA V – Innowacje**

**14.30–15.00** „Innowacje w drogownictwie – czy i komu są potrzebne?” – prof. Marek Iwański – Politechnika Świętokrzyska

**15.00–15.30** „Porównanie parametrów mechaniki spękań dla mieszanek mineralno-asfaltowych” – prof. nadzw. dr hab. inż. Adam Zofka/mgr inż. Maciej Maliszewski – IBDiM/IBDiM

**15.30–16.00** „Podtorza kolejowe z mieszanki mineralno-asfaltowej” – prof. Dariusz Sybilski – IBDiM

**16.00–16.30** Przerwa kawowa

**16.30–17.00** „Pomiary (nie)ciągłe współczynnika tarcia nawierzchni drogowych” – dr Dariusz Godlewski/Stanisław Szpinek – Politechnika Warszawska/Polska Inżynieria

**17.00–17.30** „Systemy wspomaganie decyzji w zarządzaniu zasobami na kontraktach – perspektywa managera” – dr Zbigniew Twardowski – Compono IT SA

**17.30–18.00** Dyskusja i podsumowanie XXXVI Seminarium – Andrzej Wyszyński – PSWNA

**19.30** Uroczysta Kolacja

## piątek 31.03.2017

**08.00–09.00** Śniadanie (dla osób nocujących w Hotelu)

\*PSWNA zastrzega sobie prawo do zmian w programie.



# Kontrowersyjne właściwości przeciwpoślizgowe

Prawo zamówień publicznych odnoszące się do budowy dróg mówi o stosowaniu kryteriów innych niż cena. Wiele kontrowersji budzą właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni, które są regulowane przez dokumenty prawne. Michał Rogoziński rozmawia z **dr inż. MARTĄ WASILEWSKĄ** z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Drogowej Politechniki Białostockiej o metodach oceny właściwości przeciwpoślizgowych.

**Co według Pani zasługuje na uwagę już na samym początku?**

Myślę, że na wstępie warto sprostować terminologię. W krajowych dokumentach bardzo często pojawiają się terminy „szorstkość nawierzchni”, „poślizgowość nawierzchni”, „współczynnik

szorstkości”, „współczynnik przyczepności”. Jest to niepoprawne. W przypadku nawierzchni drogowych należy używać terminu „właściwości przeciwpoślizgowe”. Są one definiowane jako zdolność do wytworzenia siły tarcia między nawierzchnią a kołami pojaz-

dów w warunkach wzajemnego poślizgu. Ich miarą jest współczynnik tarcia.

**Za co odpowiedzialne są właściwości przeciwpoślizgowe?**

Przede wszystkim za bezpieczeństwo. Warunkują utrzymanie prawidłowej tra-

jektorii ruchu, mają wpływ na drogę hamowania. Odgrywają istotną rolę w miejscach, gdzie dochodzi do przyspieszania oraz hamowania pojazdu, m.in. na pasach włączeń do ruchu i wyłączeń, łącznicach, obszarach skrzyżowań.

### **Jakie czynniki mają wpływ na właściwości przeciwpoślizgowe?**

Czynniki, które wpływają na właściwości przeciwpoślizgowe dzieli się na trzy grupy. Pierwsza z nich to charakterystyka warstwy ścieralnej – okres jej eksploatacji; makrotekstura i mikrotekstura; rodzaj lepiszcza i kruszywa; w przypadku nawierzchni betonowych sposób ich teksturowania. Druga grupa jest związana z charakterystyką pojazdu – rodzajem i rzeźbą bieżnika, typem pojazdu, obciążeniem, a przede wszystkim z prędkością z jaką się porusza. Ważne jest jego wyposażenie z dziedziny bezpieczeństwa aktywnego, np. obecność systemów ABS, ESP czy ASR.

### **A trzecia grupa?**

To oczywiście środowisko, które jest uzależnione od warunków atmosferycznych i klimatycznych. Na suchej i czystej nawierzchni siły tarcia są wystarczające, by zapewnić bezpieczną jazdę. Sytuacja przedstawia się inaczej w przypadku nawierzchni wilgotnych, mokrych czy oblodzonych. Należy również pamiętać, że współczynnik tarcia zmienia się w zależności od pory roku. W naszym klimacie po okresie zimowym rejestruje się wyższe wartości współczynnika tarcia niż w okresie jesiennym. Ma to oczywiście związek ze zjawiskami, które zachodzą na powierzchni warstwy ścieralnej.

### **W jaki sposób ocenia się właściwości przeciwpoślizgowe?**

Kompleksowa ocena właściwości przeciwpoślizgowych powinna być wykonana na podstawie współczynnika tarcia oraz makrotekstury i mikrotekstury. Tekstura odgrywa istotną rolę w zapewnieniu wymaganego poziomu współczynnika tarcia. Woda, która znajduje się na styku pomiędzy oponą a nawierzchnią, powin-

na zostać odprowadzona dzięki bieżnikowi oraz odpowiedniej makroteksturze i mikroteksturze. Makrotekstura jest związana z typem mieszanki mineralno-asfaltowej, zawartością poszczególnych frakcji kruszywa i sposobem teksturowania w przypadku nawierzchni betonowych. Natomiast mikrotekstura ma związek z odpornością na polerowanie kruszywa grubego oraz z zawartością kruszywa drobnego w mieszance zastosowanej do warstwy ścieralnej.

### **Jakie urządzenia są wykorzystywane do pomiarów?**

Obecnie wykorzystuje się cztery grupy mobilnych urządzeń, które umożliwiają pomiar współczynnika tarcia na nawierzchni drogowej. W Europie najczęściej wykorzystywane są urządzenia z grupy *side force tester* i *fixed slip tester*. Przede wszystkim umożliwiają one ciągły pomiar współczynnika tarcia, w sytuacji gdy koło pomiarowe porusza się względem nawierzchni z ustalonym poślizgiem w zakresie od 14 do 34 proc. Od 3 lat w Polsce do oceny właściwości przeciwpoślizgowych są już wykorzystywane urządzenia z grupy *fixed slip tester* m.in. przez GDDKiA i firmę Polska Inżynieria Sp. z o.o. Należy podkreślić, że w Oddziale GDDKiA w Lublinie od grudnia 2016 roku znajduje się norweskie urządzenie ViaFriction z grupy *variable slip tester*, które charakteryzuje się najbardziej zaawansowaną technologią pomiarową. Wykorzystanie tego typu urządzeń umożliwia określenie krytycznego poślizgu, a tym samym zdolności „hamujących” nawierzchni drogowych. Ostatnia grupa to *locked wheel tester*. Mierzą siły tarcia działające na koło w pełni zablokowane, ustawione zgodnie z kierunkiem jazdy. Do tej grupy należy zaliczyć od lat stosowane w naszym kraju urządzenie SRT-3. Są jeszcze urządzenia przenośne, takie jak wahadło angielskie, T2GO i DFT. GDDKiA oraz Politechnika Białostocka posiadają je również, jednak ich wykorzystanie w warunkach rzeczywistych na drodze wymaga zamknięcia pasa ruchu.

### **Czy SRT-3 jest obecnie dobrym rozwiązaniem do pomiaru współczynnika tarcia?**

Nie jest to nowoczesne urządzenie, jak na współczesne standardy. Z uwagi na sposób zamontowania przyczepki w osi pojazdu holującego, wykonanie pomiaru w lewym lub prawym śladzie jest niebezpieczne, szczególnie na drogach jednojezdniowych bez poboczy utwardzonych. Pomiar współczynnika tarcia nie jest ciągły. Dodatkowo woda pod koło pomiarowe jest podawana pod ciśnieniem, co powoduje jej rozproszenie, szczególnie na nawierzchniach o grubej teksturze. Ma to istotny wpływ na wynik. W urządzeniach do pomiaru współczynnika tarcia woda powinna być dozowana przez specjalny system pomp, który odzwierciedla warunki współpracy opony z mokrą nawierzchnią w rzeczywistych warunkach na drodze.

### **Zapewne duże znaczenie mają też opony?**

W urządzeniach SRT-3 stosowanych do pomiarów na polskich drogach do 2014 roku było montowane ogumienie komercyjne – opona Stomil Olsztyn z bieżnikiem tzw. generalskim, opona rowkowana Dębica, opona bieżnikowana Barum Bravura i opona bieżnikowana Barum Bravuris. Nie były one produkowane specjalnie do pomiarów współczynnika tarcia. Ponadto w żadnym z urządzeń wykorzystywanych w innych krajach nie były stosowane komercyjne opony bieżnikowe. Obecnie urządzenia SRT-3 są wyposażone w rowkowaną oponę PIARC. Jednak należy zaznaczyć, że eksperci zalecają opony gładkie.

### **W takim razie co z precyzją pomiarów?**

W 2014 roku na zlecenie GDDKiA realizowaliśmy pracę badawczą, która miała na celu porównanie parametrów opisujących właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni, ustalonych w oparciu o wyniki pomiarów współczynnika tarcia i makrotekstury przy wykorzystaniu różnych zestawów pomiarowych: SRT-3, TWO, DFT oraz CTM. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykazano, że urządzenia SRT-3 są wrażliwe jedynie na zmiany w mikroteksturze i praktycznie nie





Pomiar współczynnika tarcia urządzeniem DFT

uwzględniają wpływu makrotekstury. Natomiast urządzenie TWO z grupy *fixed slip tester* rejestruje zarówno zmiany w makroteksturze, jak i mikroteksturze. Dlatego ocena warstwy ścieralnej pod kątem zagwarantowania wymaganego poziomu właściwości przeciwpoślizgowych w okresie jej użytkowania przeprowadzona jedynie w oparciu o pomiary współczynnika tarcia urządzeniem SRT-3 budzi wątpliwości. Możemy porównać tę sytuację z przyznawaniem filmowi dodatkowych punktów za efekty specjalne. Tylko że sędziowie otrzymają możliwość oglądania filmów jedynie w wersji czarno-białej. Czy ich ocena nie będzie budziła wątpliwości? Czy będzie obiektywna?

#### Czy decyzja o zakupie nowych urządzeń przez GDDKiA jest dobra?

Tak, myślę, że bardzo dobra. Niestety nowoczesny sprzęt do pomiaru współczynnika tarcia to tylko jeden z elementów układanki pt. „Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych”. Spójna całość utworzy się po opracowaniu procedur kalibracji i harmonizacji metod pomiarowych, a następnie ustaleniu wymagań wobec współczynników tarcia zarówno na etapie użytkowania, jak i projektowania warstwy ścieralnej. Najważniejszy element to weryfikacja tych wartości pod względem

zagwarantowania bezpieczeństwa użytkowników ruchu.

#### Czyli przed nami jeszcze dużo pracy?

To prawda. Jednak możemy skorzystać z efektów i doświadczeń innych krajów, sprzęt już mamy. W 2016 roku zakończył się program ROSANNE, w ramach którego opracowano standardy kalibracji i harmonizacji metod do oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych wykorzystywanych w Europie. Od 29 maja do 2 czerwca w Instytucie Ifsttar w Nantes będzie odbywał się 1st European Pavement Friction Workshop. Podczas tych warsztatów przewidziano konferencję naukową oraz kalibrację i harmonizację metod pomiarowych. Uczestnictwo w takich spotkaniach jest bardzo ważne. Oczywiście zespół z Politechniki Białostockiej bierze udział w tym wydarzeniu. Będzie uczestniczył z przenośnym urządzeniem DFT, które w Stanach Zjednoczonych jest wykorzystywane jako urządzenie referencyjne do kalibracji mobilnych urządzeń do pomiaru współczynnika tarcia.

#### Jednak czy ustalone metody kalibracji zagwarantują odpowiednią jakość pomiarów?

Należy zaznaczyć, że inne kraje przywiązują dużą wagę do dokumentów

związanych z zapewnieniem jakości (*quality assurance*) oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych. Szczegóły przedstawiono w raporcie projektu ROSANNE. Metoda pomiarowa jest wiarygodna, jeśli te procedury są spełnione.

#### Jak ta kwestia wygląda u nas w kraju?

Chciałabym znać odpowiedzi na wiele pytań, m.in. na jakiej podstawie zostało wytypowane urządzenie referencyjne do kalibracji innych urządzeń do pomiaru współczynnika tarcia, na ilu odcinkach testowych jest przeprowadzana kalibracja urządzeń, w jaki sposób jest określana grubość filmu wodnego, czy kalibracja jest wykonywana przy trzech prędkościach pomiarowych: 30, 60, 90 km/h, w jaki sposób jest wyznaczana niepewność pomiaru współczynnika tarcia wykonanego przez poszczególne urządzenia, na jakim poziomie jest powtarzalność i odtwarzalność stosowanych metod pomiarowych.

#### Czyli odpowiednie standardy są priorytetem?

To jest bardzo ważne. Proszę sobie wyobrazić sytuację, kiedy Pan zgłasza się do lekarza, który do badań wykorzystuje sprzęt medyczny nieposiadający poświadczenia zgodności z określonymi wymaganiami i standardami. Na podstawie otrzymanego wyniku lekarz stawia diagnozę. Czy ma Pan świadomość jej skutków na swoje zdrowie?

#### Czy powinniśmy martwić się o bezpieczeństwo na drodze?

Dzisiaj nie odpowiem twierdząco na pytanie czy wymagania współczynnika tarcia zawarte w dokumentach są gwarancją jakości nawierzchni i bezpieczeństwa użytkowników. Za dużo mam wątpliwości. Cytując Francisca Bacona: „Jeśli człowiek na początku jest pewny, kończy na wątpliwościach, ale jeśli zaczyna od wątpliwości, dojdzie do pewników”.

Dziękuję za rozmowę



## Summary:

The article discusses specific properties of aggregates used in road surfaces – PSV and luminance. It presents how different aggregates perform in this respect. The article also features an aggregate obtained from waste and presents its potential to substitute aggregates used in the road industry to date and compares it and its features with conventional aggregates.

# Kruszywa do nawierzchni

Kruszywo do warstw ścieralnych powinno charakteryzować się kilkoma właściwościami. Podstawowe wymagania dotyczą odporności na rozdrabnianie (LA), trwałości (mrozoodporność), przyczepności do bitumów, a także odporności na polerowanie (PSV).

W świetle nowych kierunków w zakresie bezpieczeństwa drogowego kolejną ważną cechą kruszywa jest jasność (wskaźnik luminancji), poprawiająca bezpieczeństwo w warunkach ograniczonego oświetlenia lub wystąpienia opadów. Spełnienie wszystkich wymagań przez kruszywa dostępne na rynku jest bardzo trudne. Dotyczy to w szczególności uzyskania odpowiedniej barwy oraz odporności na polerowanie.

## Naturalne jasne kruszywa

Zgodnie z nazewnictwem stosowanym w krajach zachodnich nawierzchnie ja-

sne to takie, w których zastosowano jasne kruszywa oraz lepszycze syntetyczne bezbarwne lub w jasnych kolorach wywołanych obecnością odpowiedniego pigmentu. Natomiast nawierzchnie rozjaśniane to takie, w których lepszycze jest tradycyjne bitumiczne, zaś kruszywa jasne. W Polsce przyjęto, że nawierzchnie jasne mają warstwę ścieralną, która wizualnie sprawia wrażenie jasnej nawierzchni.

Kruszywa jasne stosowane w różnych krajach do wierzchnich warstw ścieralnych są produkowane z naturalnych jasnych skał, takich jak granit,

gabro (a właściwie gabroid), kwarcyt, migmatyt, amfibolit. Większość z nich ma odczyn kwaśny. Oznacza to, że kruszywa wykonane z tych skał prawdopodobnie nie będą uzyskiwały odpowiednich wyników w badaniu powinowactwa asfaltu i kruszywa (tzw. przyczepność kruszywa do spoiw bitumicznych).

Tekstura kruszyw jasnych (w nomenklaturze drogowej nazywana „makrostrukturą”) w większości przypadków sprawia, że światło odbija się od powierzchni ziarn w sposób rozproszony, a nie w sposób „kierunkowy” (tzw. odbicie lustrzane). Ten rodzaj odbicia



Osad ściekowy

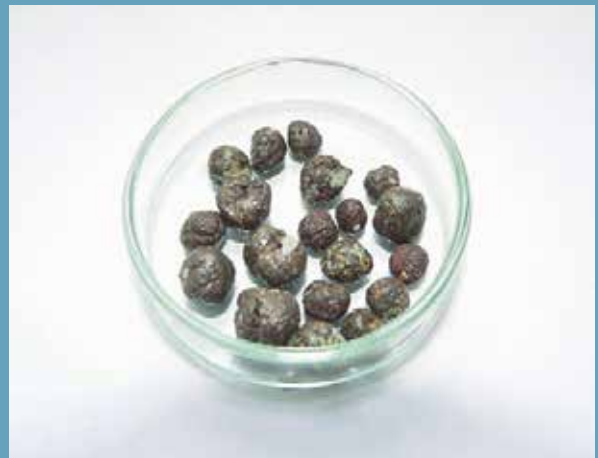


Pył



Szkło

Surowce odpadowe do produkcji kruszywa



Przykładowe kruszywa wg technologii IMBiGS

na nawierzchniach drogowych nie jest pożądaną, ponieważ może spowodować oślepienie kierowcy. Ponadto kruszywa jasne, ze względu na swą makrostrukturę, są w małym stopniu podatne na działanie deszczu. Pod wpływem opadów ich wysokie parametry jasności mogą ulec zmianie. Właściwości fizyko-mechaniczne kruszyw jasnych są na ogół słabsze od powszechnie używanych w tych zastosowaniach bazaltów. W tym kontekście nasuwa się wniosek, że naturalne jasne surowce można jedynie uznać za substytut stosowanych kruszyw, znacznie odbiegający od nich jakością.

### Polerowalność kruszyw naturalnych

Na właściwości poślizgowe nawierzchni drogowych wpływają między innymi właściwości kruszyw, w tym ich odporność na polerowanie, czyli podatność wystających ziarn kruszywa na wygładzanie ich powierzchni w wyniku ruchu samochodowego w obecności pylistych i drobnoziarnistych zanieczyszczeń i wilgoci. Miarą odporności na polerowanie kruszyw drogowych jest wskaźnik polerowalności PSV (Polished Stone Value). Wartość wskaźnika PSV, jego barwa są ściśle związane z petrograficzną charakterystyką i strukturą materiału, z którego wyprodukowano kruszywo, dlatego nie można ich korygować technologicznie w kruszywach naturalnych.

W Polsce badanie PSV jest dosyć nową praktyką. W krajach gdzie funkcjonuje ono dłużej (ponad 30 lat), wymagania wobec tego parametru są już utrwalone. Najwyższe są w Wielkiej Brytanii, gdzie przyjmuje się, że PSV powinien wynosić co najmniej 50, a dla bardziej wymagających zastosowań nie mniej niż 70. W Belgii i Danii określono, że minimalna wartość musi wynosić 53, zaś w innych krajach europejskich (Niemcy, Austria, Szwajcaria) przyjęto jeszcze niższą wartość – 50.

W Polsce kryteria dla PSV wprowadzone zostały w 2008 roku w wy-

tycznych WT-1. Przyjęto wartości w zależności od kategorii drogi – od PSV deklarowane po PSV<sub>50</sub>. Przyjęte minimalne wartości odporności na polerowanie są efektem kompromisu pomiędzy tym, co niezbędne, a tym, co możliwe dla kruszyw naturalnych. Skutki tego kompromisu uwidaczniają się w trakcie eksploatacji nawierzchni.

W Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego badania PSV zaczęto przeprowadzać w 2005 roku. Od tego czasu wykonano ok. 700 oznaczeń dla różnych rodzajów skał, z których produkowane jest kruszywo. Najwyższe kategorie, tj. 56, 62, 68, osiągnęło kilkanaście procent badanych kruszyw (głównie 56), do najniższej kategorii 44 kwalifikuje się ok. 40 proc. kruszyw, 15 proc. znalazło się poza nią. Najkorzystniejszą polerowalnością wykazały się kruszywa z granitu, gnejsu, szarogłazu oraz niektóre kwarcytowe, amfibolitowe, żuźlowe i żwirowe kruszone.

### Kruszywa sztuczne

Kruszywa sztuczne w porównaniu z kruszywami naturalnymi, nawet jaśnymi, mają bardzo wysokie współczynniki luminancji, są praktycznie białe. Mają także niski ciężar właściwy, co stanowi duży atut, gdyż w transporcie są przez to mniej kosztowne niż kruszywa naturalne. Ponadto kruszywa sztuczne mają najczęściej bardzo niską ścieralność (wysoki współczynnik PSV) oraz bardzo dobrą mrozodporność. Na rynku dostępne jest głównie sztuczne kruszywo powstające poprzez spiekanie krzemieni (bardzo jasne, PSV 57, wskaźnik luminancji powyżej 0,40 [(cd/m<sup>2</sup>)/lx], nieznacznie mniej w stanie wilgotnym). Przykładem może być Luxovit, produkowany ze spiekanych krzemieni, stosowany w Danii i w Niemczech. Przeszkodą w zastosowaniu jest cena – od 57 do 80 euro za tonę.

### Kruszywa z odpadów

Rozwiązaniem problemu mogą być kruszywa sztuczne produkowane z odpadów. Technologie opatentowane

w IMBiGS pozwalają na sterowanie właściwościami kruszyw. Ich zaletą jest możliwość modyfikacji właściwości kruszyw w szerokim zakresie poprzez zmianę proporcji składników, zastosowanie dodatków modyfikujących oraz zmianę charakterystyki procesu termicznego. Pozwala to na uzyskanie kruszywa o pożądanym właściwościach. Modyfikacje mogą być przeprowadzone w kierunku otrzymania kruszyw dla drogownictwa.

Kruszywa sztuczne z odpadów mogą być stosowane jako zamiennik kruszyw naturalnych jasnych lub jako składnik mieszanek. Taki wariant pozwoli na uzyskanie wymaganych parametrów i umożliwi wykorzystanie lokalnych surowców. Mieszanki kruszywowe spełniają wymagania w zakresie właściwości zawarte w WT-1 i WT-4 dla wszystkich kategorii ruchu i potencjalnych zastosowań. Ponadto z racji tego, że kruszywo produkowane jest z odpadów (w tym również niebezpiecznych) cena nie jest zaporowa.

Warto zauważyć, że ponieważ do warstw ścieralnych używane są wąskie frakcje (5,6/8; 8/11,2; 4/8), ich produkcja powoduje powstawanie odpadów lub wyrobów trudno zbywalnych. Kruszywo sztuczne może być produkowane w wąskich frakcjach w technologii bezodpadowej. Wytwarzane w technologii IMBiGS jest produktem w pełni ekologicznym. Jego struktura, powstała na bazie związków krzemianowych, jest analogiczna z występującą w minerałach naturalnych. Podczas eksploatacji nie są uwalniane żadne środki chemiczne. Technologia produkcji kruszyw na bazie osadów ściekowych została wdrożona i aktualnie trwają prace nad uruchomieniem produkcji w wybudowanym zakładzie przemysłowym. ■

**Danuta Kukielska**, kierownik Zakładu Górnictwa Skalnego, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego

**Summary:**

The article presents the Polish perspective on the production process of asphalt mixes with the use of RAP material heated inside a dryer drum (hot recycling technology) at a bitumen mixing plant. The effects of the last 20 years' experience gained mainly during large scale projects in Poland of such companies as: Dromex, Budimex-Dromex and Budimex are presented.

# Współczesne doświadczenia ze stosowania recyklingu na gorąco w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych w Polsce

W artykule przedstawiono polskie doświadczenia w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z destruktem asfaltowym podgrzany w specjalnym bębnie suszarki, czyli w technologii recyklingu na gorąco w wytwórni mas bitumicznych (otaczarce). Przedstawiono doświadczenia zdobyte na przestrzeni ostatnich 20 lat przez firmę Dromex i następnie przez Budimex-Dromex i Budimex. Roboty drogowe realizowane były głównie na dużych kontraktach na drogach krajowych.

## 1. Wprowadzenie

Nawierzchnie asfaltowe są dominującym rodzajem konstrukcji nawierzchni drogowej w Polsce i na świecie. W cyklu życia nawierzchni występują naprawy, remonty, wzmocnienia i przebudowy. W procesie frezowania nawierzchni asfaltowej pozyskiwany jest materiał, który powinien zostać poddany recyklingowi i być powtórnie wykorzystany do budowy warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych [1]. Pozyskany materiał, nazywany destruktem asfaltowym, jest materiałem wartościowym, ponieważ w jego składzie znajduje się kruszywo oraz asfalt. Powtórne użycie tych materiałów to mniejsze zużycie surowców naturalnych, mniejsze potrzeby transportowe i nawet znaczne oszczędności ekonomiczne [2]. Przetworzony i rozdrobniony destruk asfaltowy o udokumentowanej jakości i właściwościach nazywamy granulatem asfaltowym [3]. Destruk lub granulak może zostać

powtórnie wykorzystany przy użyciu metody recyklingu na zimno lub na gorąco [4]. Technologie na zimno, takie jak mieszanki cementowo-emulsyjne (MCE) czy asfalt spieniony stosowane są zasadniczo do podbudów, natomiast technologia recyklingu na gorąco umożliwia wykorzystanie granulatu asfaltowego do każdej z górnych warstw konstrukcyjnych. Kraje przodujące w dziedzinie drogownictwa dążą do maksymalnego powtórnego użycia granulatu asfaltowego w produkcji nowych mieszanek mineralno-asfaltowych. Jest to możliwe dzięki stosowaniu przystosowanych do tego wytwórni mas bitumicznych. Dane publikowane przez European Asphalt Pavement Association (EAPA) pokazują [5], że są kraje w których większość wytwórni jest przystosowanych do recyklingu na gorąco. Należy tu wymienić np. Holandię (100% wytwórni), Niemcy, Francję, Szwecję, Czechy (70%) czy Finlandię. W Polsce dostępne są 4 wy-

twórnie do recyklingu na gorąco, co wobec całkowitej ich liczby w Europie (300) jest ilością znikomą. Statystyki zaprezentowane przez EAPA podają również, że w kilkunastu krajach europejskich ponad połowa pozyskanego destruktu przetwarzana jest w recyklingu na gorąco. Natomiast w Niemczech, Słowacji, Finlandii i Hiszpanii ilość ta jest większa od 90%.

Skala stosowania recyklingu na gorąco w otaczarce nie zależy wyłącznie od wyposażenia technicznego producentów mieszanek mineralno-asfaltowych, ale przede wszystkim od polityki danego państwa, dokumentów technicznych i prawnych. Przykładowo w Niemczech obowiązuje przepis, który wymusił na producentach odpowiedzialność za cały cykl życia stosowanego materiału wraz z jego wykorzystaniem po zużyciu. Cykl kończy się ponownym zastosowaniem (recyklingiem) produktu lub, gdy nie jest to możliwe, składowaniem na wy-



sympisku. Ustanowione w 1998 r. prawo zakłada recykling 90% materiałów stosowanych w budownictwie drogowym. Wykonawcom bardzo trudno jest obecnie uzyskać pozwolenie na składowanie odpadów, w szczególności destruktu asfaltowego, co z kolei wymusza zastosowanie go do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych [6]. W innych krajach, jak np. w Danii, Szwecji wprowadzane są wysokie opłaty za składowanie odpadów, co również wymusza stosowanie recyklingu. Oprócz aspektów prawnych, polityki państwa w zakresie recyklingu czy bazy sprzętowej ważne są oczywiście kwestie technologiczne związane z recyklingiem na gorąco w otaczarce. Należy tu wymienić ocenę przydatności granulatu asfaltowego pod względem jakości i jednorodności, wpływ postarzonego lepiszcza, stosowanie środków odświeżających [7, 8] technologii na ciepło [9], projektowanie mieszanek z granulem i dobór jego ilości w nowej mieszance mineralno-asfaltowej [10, 11, 12]. Oczywistym warunkiem stosowania granulatu asfaltowego jest uzyskanie mieszanki spełniającej wymagania techniczne.

## 2. Technologie recyklingu w wytwórni

Współczesne nawierzchnie asfaltowe, jeśli nie zawierają w swoim składzie smoły, można poddać w 100% recyklingowi. Może on odbywać się na zimno bezpośrednio na drodze, poprzez zastosowanie tzw. głębokiego recyklingu lub na gorąco, poprzez zastosowanie remixingu. Najczęściej jednak nawierzchnie są zrywane i odwożone poza pas drogowy. Tak pozyskany destruk asfaltowy ma postać bryłek o wymiarze kilku centymetrów. Materiał ten bez żadnej przeróbki wykorzystuje się do utwardzenia dróg lokalnych, placów lub poboczy. Może być on też użyty jako składnik mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej w stacjonarnej lub mobilnej maszynie tzw. mixerze. Najbardziej zaawansowaną technologicznie formą recyklin-

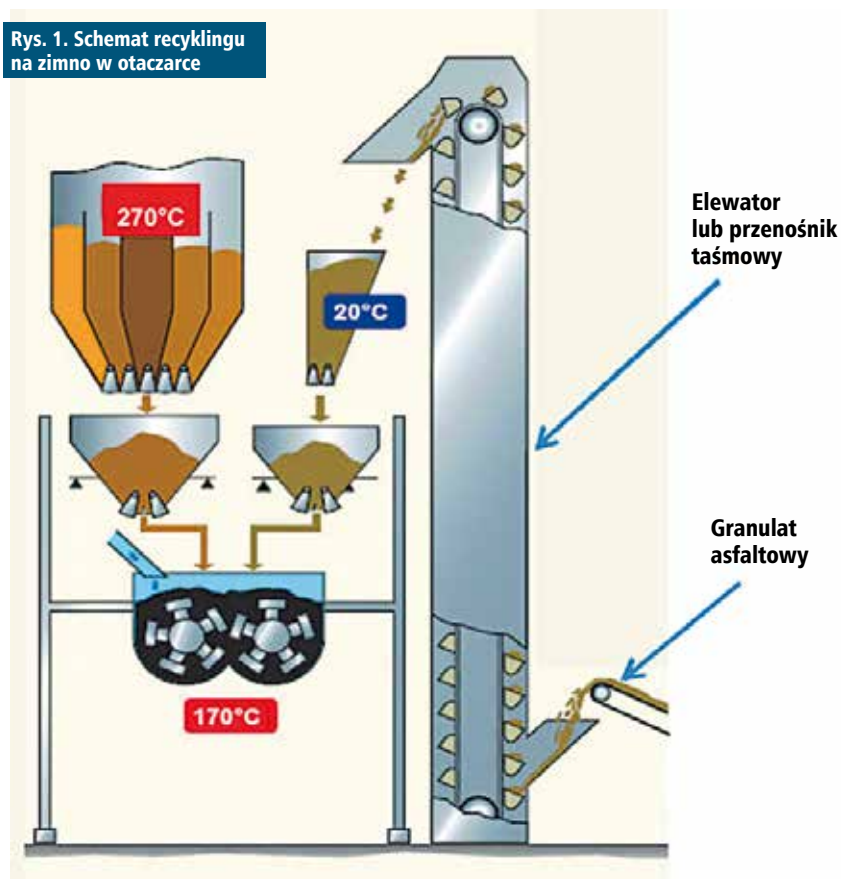
gu nawierzchni asfaltowej jest użycie destruktu lub granulatu asfaltowego jako składnika mieszanki mineralno-asfaltowej produkowanej w otaczarce. Można wyróżnić dwie technologie recyklingu mieszanek mineralno-asfaltowych w otaczarce:

- recykling na zimno,
- recykling na gorąco.

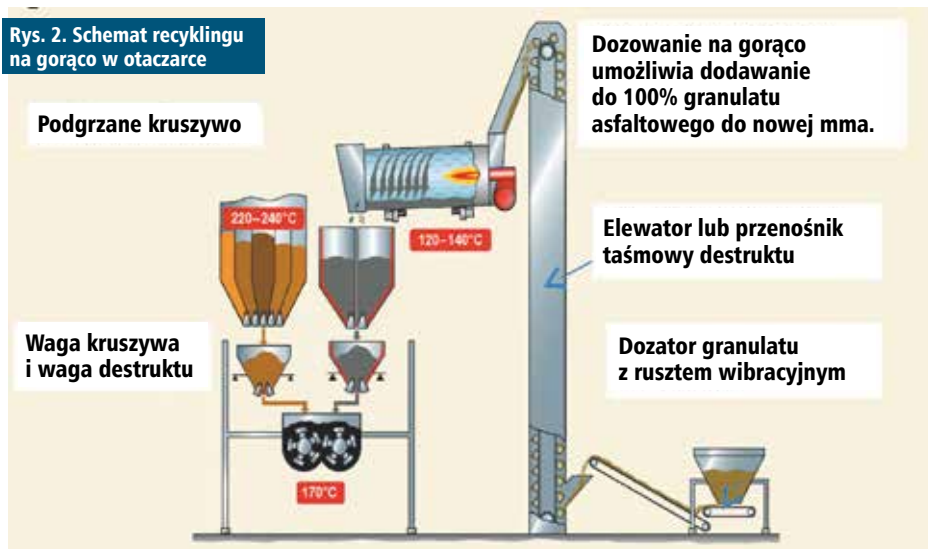
W technologii recyklingu na zimno granulaty dodawany jest bezpośrednio do mieszalnika otaczarki jako zimny składnik (rys. 1), tam jest w sposób pośredni podgrzewany gorącym kruszywem, rozdrabniany i mieszany z pozostałymi składnikami mieszanki mineralno-asfaltowej. Im wyższy procentowo dodatek granulatu i im większa jego wilgotność, tym wyższa musi być temperatura kruszywa. Aby uzyskać odpowiednią temperaturę wynikową mieszanki, niekiedy kruszywo jest podgrzewane nawet do 300°C. Tak wysoka temperatura może powodować

zarówno osłabienie ziaren kruszywa, jak i pogorszenie właściwości lepiszcza asfaltowego. Dodatkowym problemem wynikającym z dużej wilgotności granulatu jest powstawanie w mieszalniku otaczarki dużej ilości pary wodnej, która może zakłócać pracę maszyny oraz ma niekorzystny wpływ na pracę urządzeń filtracyjnych. W wytycznych technicznych WT-2 z 2014 roku [3] przedstawiono zależność między pożądaną temperaturą kruszywa a ilością dozowanego zimnego i suchego granulatu oraz tabelaryczne zestawienie wielkości dodatkowej korekty tej temperatury w zależności od jego wilgotności. Przy zbyt dużej wilgotności (>5%) oraz wysokiej zawartości granulatu (>30%) produkcja mieszanki z dozowaniem granulatu bezpośrednio do mieszalnika staje się praktycznie niemożliwa.

W technologii recyklingu na gorąco istnieje możliwość stosowania zarówno



Rys. 2. Schemat recyklingu na gorąco w otaczarce



granulatu asfaltowego, jak i destruktu asfaltowego. Materiał z recyklingu jest podgrzewany w osobnym ciągu technologicznym do temperatury ponad 120°C–140°C i dodawany w postaci rozdrobnionej mieszanki mineralno-asfaltowej do mieszalnika (rys. 2). W tym przypadku można programować i kontrolować zarówno temperaturę granulatu/destruktu, jak i gotowej mieszanki. Temperatura wynikowa mieszanki jest w bardzo niewielkim stopniu uzależniona od temperatury i wilgotności granulatu/destruktu oraz od jego udziału procentowego. Nie trzeba nadmiernie podgrzewać kruszywa, ani wydłużać cyklu mieszania w celu rozdrobnienia i ogrzania granulatu asfaltowego.

### 3. Uwarunkowania technologiczne stosowania recyklingu na gorąco w wytwórni

Użycie materiału z recyklingu asfaltowych nawierzchni drogowych jest uregulowane w następujących przepisach krajowych:

- Ogólne Specyfikacje Techniczne D-05.03.11 RECYKLING;
- Polska Norma PN-EN 13108-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 8: Destrukt asfaltowy z 2006 r. z późniejszymi zmianami;

- Wymagania Techniczne WT-2 Mieszanki mineralno-asfaltowe z 2014 r.

W obecnie obowiązującym dokumencie odnoszącym się do dróg krajowych (WT-2 2014) dopuszcza się zastosowanie jedynie granulatu asfaltowego w ilości do 30% w technologii na gorąco do betonu asfaltowego do warstwy podbudowy, warstwy wiążącej i wyrównawczej oraz do mieszanki WMS. W przypadku recyklingu na zimno maksymalny dopuszczalny udział granulatu wynosi 20%. W WT-2 nie przewidziano możliwości stosowania destruktu asfaltowego oraz zwiększenia ilości materiału z recyklingu ponad 30%, co nie stoi w sprzeczności z Normami Europejskimi, gdzie taki udział dopuszcza się. Norma PN-EN 13108-8 Destrukt asfaltowy nie różni technologii na zimno i na gorąco, a przecież zarówno wielkość kawałka destruktu, jak i konieczność granulowania destruktu ma bardzo duże znaczenie przy recyklingu na zimno, a jest mniej istotne przy recyklingu na gorąco. Przygotowanie destruktu w technologii na gorąco powinno polegać na odsianiu zanieczyszczeń, doprowadzeniu do jednorodności bez rozdrabniania i odpowiednim zbadaniu jego parametrów. Granulacja mechaniczna powoduje

powtórne, po frezowaniu, rozdrobnienie ziaren kruszywa, co często skutkuje niemożnością prawidłowego zaprojektowania składu mieszanki z założonym udziałem procentowym granulatu. Wymagania normy co do warunków składowania destruktu ze względu na ochronę przed nadmiernym zawilgoceniem też mają istotne znaczenie tylko w przypadku technologii na zimno.

Do realizacji produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii recyklingu na gorąco w otaczarce konieczne jest posiadanie otaczarki z niezależnym ciągiem technologicznym służącym do podgrzania, rozdrobnienia i dozowania gorącego destruktu. Głównym elementem ciągu jest specjalna suszarka bębnowa służąca do podgrzania i rozdrobnienia destruktu (rys. 3) zwana bębniem równoległym lub potocznie „czarnym bębniem”.

Destrukt jest podawany do suszarki na zimno specjalnym elewatelem lub przenośnikiem taśmowym. Pozostałe elementy ciągu technologicznego to specjalne dozatory z rusztem wibracyjnym i regulacją wydajności, układ odpylania i odprowadzania pary i spalin, układ dozowania i naważania oraz odpowiednie oprogramowanie, pozwalające prawidłowo sterować procesem. Sam bęben równoległy posiada palnik z płomieniem skierowanym zgodnie z przepływem destruktu oraz specjalne półki w formie grzebieni służące do rozdrobnienia podgrzanych kawałków destruktu. W chwili obecnej stosuje się wyniesienie „czarnego bębna” na poziom powyżej wagi, z którego gorący destrukt można grawitacyjnie przemieścić do zbiornika pośredniego, a następnie, poprzez wagę, do mieszalnika.

Do realizacji technologii recyklingu na gorąco w otaczarce niezbędne jest posiadanie odpowiednio wykwalifikowanej i doświadczonej kadry do jej obsługi. Niezbędny jest również dostęp do laboratorium wyposażonego w odpowiedni sprzęt, w tym do odzysku asfaltu (ekstraktor, wyparka

Rys. 3. Bęben równoległy z półkami grzebieniowymi do rozdrabniania destruktu

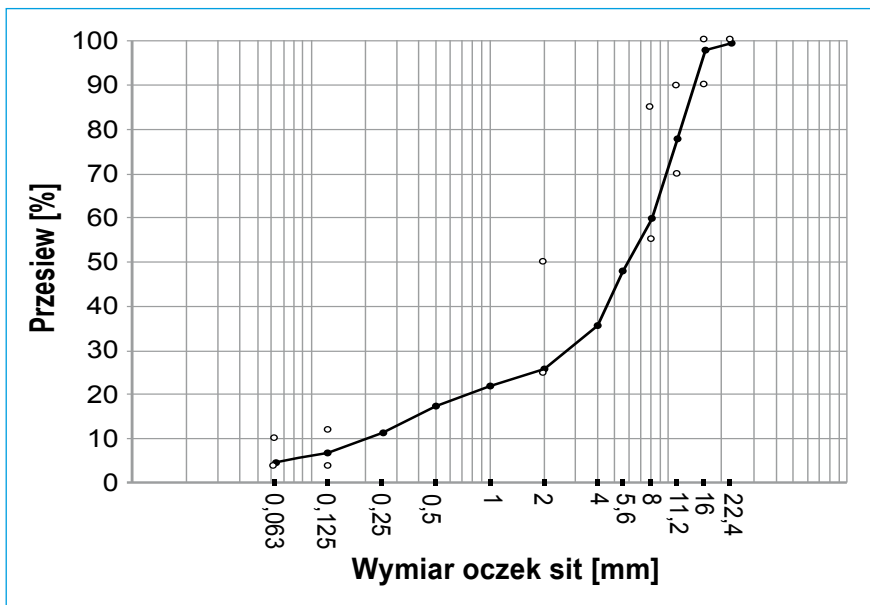


tek wszystkich materiałów będących składnikami materiału z recyklingu. Należy dodatkowo sprawdzić parametry asfaltu wynikowego. Bardzo istotne jest dozowanie gorącego destruktu w ilości dokładnie takiej, jak przewidziano w zaprojektowanym składzie. Przykładowe uziarnienie mieszanki mineralnej przedstawiono na rys. 4. Jest to krzywa uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy AC 16 W PMB 25/55-60 przewidziana do kategorii ruchu KR 3-6. Do mieszanki tej użyto dodatku 30% destruktu asfaltowego w technologii na gorąco i zastosowano ją na lotnisku Okęcie w Warszawie.

#### 4. Wybrane realizacje kontraktów z wykorzystaniem produkcji mieszank mineralno-asfaltowych w technologii recyklingu na gorąco w otaczarkach

##### 4.1. Modernizacja drogi krajowej nr 1 na odcinku Częstochowa–Katowice

Jednym z pierwszych dużych przedsięwzięć w Polsce, w którym zastosowano recykling nawierzchni asfaltowej w technologii na gorąco w wytwórni był remont nawierzchni DK 1 Warszawa–Katowice. Remont obejmował odcinek o łącznej długości około 45 km i był wykonany w latach 1995–1996. Kontrakty były realizowane w ramach projektu likwidacji kolejin. Modernizacja obejmowała wykonanie 372 tys. m<sup>2</sup> warstwy wiążącej metodą remixingu na gorąco. Zgodnie z dokumentacją kontraktową wykonano nową warstwę ścieralną z dodatkiem 23–25% destruktu asfaltowego pochodzącego z frezowania starej warstwy ścieralnej. Łącznie wykorzystano 35 tys. ton destruktu asfaltowego z tej warstwy. Na potrzeby prowadzonych prac firma Dromex kupiła i zainstalowała w Aleksandrii k. Częstochowy otaczarkę firmy AMMANN, typ Euro Quick MEA o wydajności 200 t/h, w tym czasie najnowocześniejszą i jed-



Rys. 4. Uziarnienie mieszanki mineralnej betonu asfaltowego z dodatkiem 30% destruktu asfaltowego

próżniowa) i do badań lepiscza asfaltowego pochodzącego z destruktu. Zanim destruktu asfaltowy zostanie użyty jako składnik mieszanki mineralno-asfaltowej musi być zbadyany pod kątem jednorodności, składu, właściwości kruszywa oraz właściwości asfaltu. Pomimo, że użycie technologii na gorąco nie wymaga dodatkowego rozdrabniania destruktu, wskazane jest wstępne przesianie go w celu oddzielenia ewentualnych materiałów obcych.

Mieszanka mineralno-asfaltowa z granulatem asfaltowym, niezależnie od tego w jaki sposób jest on dodawany, musi spełniać dokładnie takie same wymagania jakościowe jak mieszanki mineralno-asfaltowe bez granulatu. Badania kontrolne i odbiorcze są również takie same. Projektowanie recepty laboratoryjnej (opracowanie badania typu) z destruktem asfaltowym odbywa się w taki sam sposób jak recepty z nowych materiałów. W jej składzie uwzględnia się doda-



ną z pierwszych tego typu w Europie, gdzie połączono system dwususzarkowy z systemem szybkiego montażu Euro Quick (rys. 5).

#### 4.2. Modernizacja Autostrady A4 na odcinku Kraków–Katowice

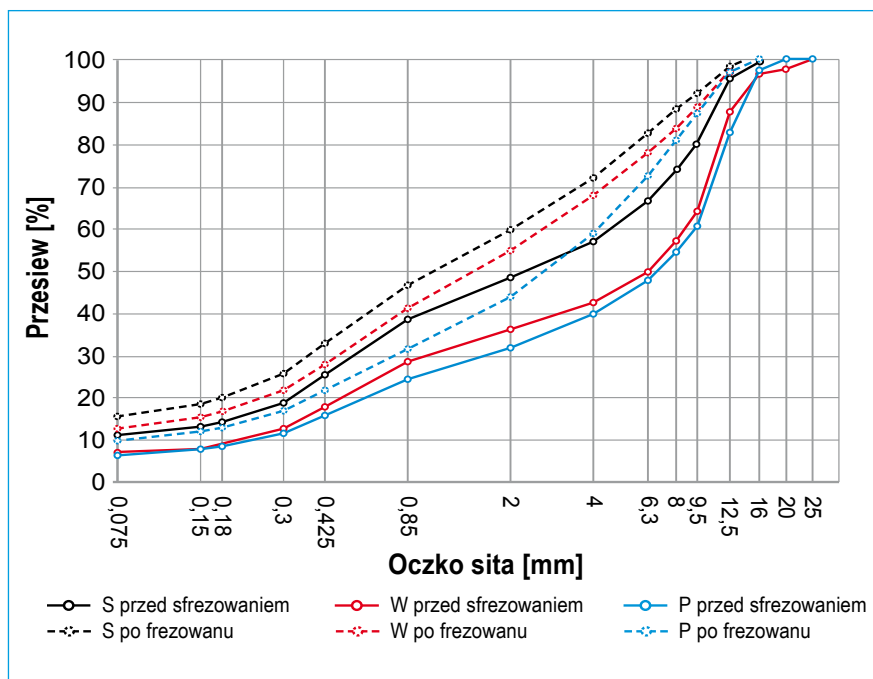
Dotychczas największy kontrakt drogowy w Polsce, na którym zastosowano recykling na gorąco to remont nawierzchni autostrady A4 na odcinku Kraków–Katowice. W latach 1995–1997 wymieniono warstwy nawierzchni na odcinku o długości ok. 40 km. Na kontrakcie tym wykorzystano prawie 100 tys. ton destruktu asfaltowego z frezowania warstw ścieralnej i wiążącej i wyprodukowano około 285 tys. ton betonu asfaltowego przeznaczonego do warstw podbudowy i wiążącej [13].

Uzyskany destrukc asfaltowy poddano badaniom ekstrakcji, które wykazały, że w procesie frezowania kruszywo grube ulega rozdrobnieniu, a ilość frakcji wypełniaczkowych zwiększa się prawie dwukrotnie. Różnice w uziarnieniu materiałów z nawierzchni autostrady A4 przed i po frezowaniu przedstawiono na rys. 6. Widoczna zmiana w uziarnieniu materiałów pozyskanych metodą frezowania nawierzchni drogowych uniemożliwiła wprowadzenie destruktu w ilości większej niż 35% do nowo projektowanych mieszanek. Ostatecznie w procesie projektowania zdecydowano o zastosowaniu dodatku 25% destruktu z warstwy wiążącej oraz dodatku 10% destruktu z warstwy ścieralnej do mieszanek na warstwę podbudowy [14]. Na podstawie tych doświadczeń można stwierdzić, że sposób frezowania oraz uziarnienie mieszanki mineralnej destruktu asfaltowego są czynnikami determinującymi przydatność danego destruktu do nowych mieszanek mineralno-asfaltowych i jego maksymalny możliwy udział w nowej mieszance.

Na opisywanym kontrakcie, ze względu na planowane zastosowanie dużej ilości destruktu asfaltowego, zakupio-



Rys. 5. Otaczarka AMMANN na zapleczu budowy w Aleksandrii k. Częstochowy



Rys. 6. Zmiana uziarnienia mieszanek mineralno-asfaltowych w wyniku frezowania nawierzchni autostrady A4 frezarką (opracowanie na podstawie [14])

na została dwususzarkowa wytwórnia mieszanek mineralno-asfaltowych (AMMANN Euro MEA 240 Quick), wyposażona w różnicowy system odważania podgrzanego destruktu, składający się z wagi i zbiornika o pojemności 20 ton, z którego gorący destrukc asfaltowy podawany był przenośnikiem ślimakowym do mieszalnika [13, 14].

#### 4.3. Budowa autostrady A4 na odcinku Przylesie–Bielany Wrocławskie

W latach 1997–1999 firma Dromex zastosowała technologię recyklingu na gorąco w otaczarce przy produkcji betonu asfaltowego do warstwy podbudowy asfaltowej dla odcinka autostrady A4. W przypadku tego kontraktu ilość



doawanego destruktu była niewielka i wynosiła zaledwie 7%. Na potrzeby kontraktu zamontowano „czarny bęben” z otaczarki AMMANN, typ Euro Quick MEA do otaczarki WIBAU o wydajności 250 t/h. Pozwoliło to wyeliminować problemy związane z wilgotnością destruktu asfaltowego oraz wpłynęło na trwałość produkowanych mieszanek.

#### 4.4. Wzmocnienie nawierzchni drogi krajowej nr 81 Katowice–Wiśla

Kolejnym kontraktem, na którym w latach 2002–2003 zastosowano recykling na gorąco w otaczarce był remont drogi krajowej nr 81 Katowice–Wiśla na odcinku Żory–Zbytków o długości 17,5 km. Zastosowano tam wytwórnice AMMANN Euro MEA 240 Quick, którą przeniesiono do Żor i wyprodukowano łącznie 105 tys. ton następujących mieszanek mineralno-asfaltowych [14]:

- na warstwę wiążącą beton asfaltowy 0/20 z 10% zawartością destruktu;
- na warstwę podbudowy beton asfaltowy 0/25 z 15% zawartością destruktu;
- na warstwę podbudowy beton asfaltowy 0/31,5 z 15% zawartością destruktu.

#### 4.5. Budowa Autostrady A2 na odcinku Pruszków–Konotopa

W latach 2011–2012 Budimex realizował kontrakt na budowę autostrady A2 na odcinku Pruszków–Konotopa. Na kontrakcie tym wyprodukowano i wbudowano w warstwę podbudowy trasy głównej ponad 38 tys. ton mieszanki mineralno-asfaltowej typu AC WMS 16 z 10% zawartością granulatu asfaltowego. Panujące warunki atmosferyczne oraz pozostawienie na okres zimowy warstw wiążących bez przykrycia warstwą ścieralną były przyczyną powstania licznych spękań skurczowych na wielu budowanych w tym czasie nawierzchniach drogowych. Przeprowadzone obserwacje i badania wykazały, że tam, gdzie zastosowano mieszanki WMS z destruktem asfaltowym problem spękań praktycznie nie wystąpił. Przyczyny można upatrywać właśnie w zastosowaniu mie-



Rys. 7. Otaczarka AMMANN Euro MEA 240 Quick w Żorach

szanek mineralno-asfaltowych z użyciem materiału z recyklingu w technologii na gorąco. Technologia ta umożliwia wyeliminowanie wilgoci z destruktu asfaltowego, wpływa na ujednorodnienie produkowanych mieszanek oraz gwarantuje lepszą mieszalność świeżego lepisczka z lepisczkiem z destruktu.

#### 4.6. Remont nawierzchni Lotniska Chopina w Warszawie

W latach 2012–2014 firma Budimex realizowała prace asfaltowe na terenie Lotniska Chopina w Warszawie. Zakres

robót asfaltowych obejmował między innymi remont dróg startowych łącznie ze skrzyżowaniem oraz remonty pozostałych ciągów komunikacyjnych w tym dróg kołowania. Łącznie na kontrakcie wyprodukowano i wbudowano ponad 33 tys. ton mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym według recept zaprojektowanych zgodnie z WT-2 2010 (tab. 1).

Mieszanki mineralno-asfaltowe z destruktem/granulatem asfaltowym zarówno na potrzeby budowy autostrady A2, jak i remontu i rozbudowy lotniska

Tab. 1. Asortyment mieszanek mineralno-asfaltowych zastosowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie w latach 2012–2014

Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej	Lepiszczce asfaltowe	Kategoria ruchu	Zawartość granulatu asfaltowego,%
AC 16 W	PMB 25/55-60	KR 3-6	10% GA
AC 22P	50/70	KR 3-4	20% GA
AC WMS 16 P+W	25/55-60	KR 3-6	10% GA
AC 16 W	PMB 25/55-60	KR 3-6	30% GA
AC 22P	35/50	KR 3-6	30% GA

były produkowane w Pruszkowie w wytwórni AMMANN MEA, typ Euro Quick MEA o wydajności 200 t/h. Ta sama wytwórnia pracowała w Częstochowie podczas realizacji kontraktu DK 1 w latach 90. Można zauważyć, że produkcja mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii recyklingu na gorąco została wznowiona dopiero po dziesięciu latach od pierwszych dużych zastosowań na dużych kontraktach. W latach 2011–2014 w wytwórni w Pruszkowie firma Budimex wyprodukowała w tej technologii łącznie 119 tys. ton mieszanek ze średnią zawartością granulatu asfaltowego ok. 15% (rys. 8).

#### 4.7. Budowa drogi ekspresowej S7 na odcinku Jędrzejów–granica województwa małopolskiego i świętokrzyskiego

W roku 2015 firma Budimex rozpoczęła roboty na kontrakcie „Budowa drogi ekspresowej S7 na odcinku Jędrzejów–granica województwa małopolskiego i świętokrzyskiego”. Na potrzeby tego kontraktu specjalnie zmodernizowano wytwórnię AMMANN MEA 240 Quick z roku 2001 (rys. 9), doposażając ją w opisany wcześniej ciąg technologiczny do recyklingu na gorąco.

Uzgodnienia z inwestorem i nadzorem budowy oraz uzyskanie zgody na zastosowanie technologii recyklingu na gorąco zajęło kilka miesięcy. Główne obawy budziły jakość destruktu i jednorodność

granulatu asfaltowego. W związku z wymaganiem zapewnienia jakości materiału w pierwszym okresie zdecydowano się wykorzystać granulaty asfaltowy powstały z destruktu otrzymanego w wyniku frezowania nawierzchni asfaltowych pasów startowych Lotniska Chopina. Odpowiednio duża (ponad 50 tys. ton) i wystarczająco jednorodna partia granulatu oraz prawidłowo zaprojektowane i pozytywnie zweryfikowane recepty umożliwiły rozpoczęcie produkcji.

W 2015 r. wyprodukowano 89 tys. ton mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym, w tym 33 tys. ton na warstwę wiążącą (AC 16 W 35/50 KR 3-6, 15% GA) i 56 tys. ton do warstwy podbudowy (AC 22 P 35/50 KR 3-6, 25% GA).

Rok później produkcję prowadzono według nowych recept zaprojektowanych z granulatem asfaltowym pochodzącym z przewidzianej w ramach realizacji kontraktu rozbiórki istniejącej nawierzchni drogi krajowej nr 7. W celu otrzymania partii granulatu o odpowiednich parametrach dokonano szczegółowego rozpoznania istniejącej nawierzchni. Na podstawie ponad 50 odwiertów podzielono drogę na odcinki jednorodne i ustalono zarówno schemat frezowania, jak również dokonano kwalifikacji odcinków pod kątem przyszłego zastosowania w granulacie. Destrukt gromadzono na terenie wytwórni w sposób umożliwiający jego uśrednienie podczas gra-

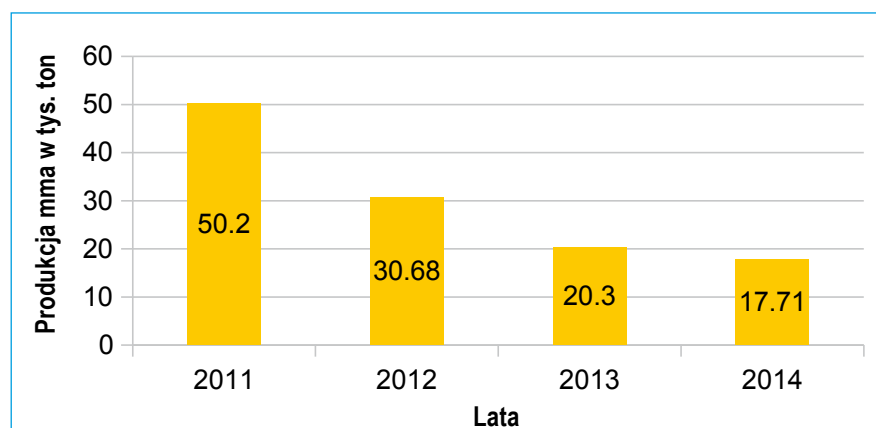
nulacji. Parametry destruktu i granulatu określono na podstawie ponad 100 badań uziarnienia i właściwości asfaltu. Realizowana budowa drogi ekspresowej S7 jest obecnie największym kontraktem wykonywanym z wykorzystaniem technologii recyklingu na gorąco w otaczającej. Jest to również pierwszy przypadek użycia tej technologii przy budowie drogi szybkiego ruchu w Polsce.

Jednocześnie przy realizacji kontraktu firma Budimex SA wspólnie z Politechniką Warszawską i Instytutem Badawczym Dróg i Mostów przeprowadzają część badań związanych z realizacją projektu badawczego InnGA „Destrukt: Innowacyjna technologia mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem materiału z recyklingu nawierzchni asfaltowej”. Projekt współfinansowany jest przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego Innowacyjna Gospodarka. Celem projektu jest między innymi wykazanie, że produkcja MMA z udziałem granulatu asfaltowego w ilości większej niż dopuszczona obecnymi przepisami jest technologicznie uzasadniona. W ramach projektu badawczego przewidziano budowę oddzielnych sekcji drogowych (poza kontraktem S7), gdzie planuje się zastosowanie mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw wiążącej i podbudowy z 50% udziałem destruktu asfaltowego (bez granulacji) oraz z 30% udziałem destruktu asfaltowego pochodzącego ze starej warstwy ścieralnej SMA do nowej warstwy ścieralnej również wykonanej w technologii SMA.

#### Podsumowanie

Historię stosowania w Polsce technologii recyklingu na gorąco w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych można podzielić na trzy okresy:

- Druga połowa lat dziewięćdziesiątych XX wieku – okres odważnej współpracy zamawiającego z wykonawcami.
- Lata 2000–2010 – brak dużych kontraktów, na których inwestor dopuszczał produkcję mieszanek mi-



Rys. 8. Produkcja mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym w wytwórni firmy Budimex w Pruszkowie w latach 2011–2014

Rys. 9. Wytwórnia AMMANN na zapleczu budowy S7 w Jędrzejowie w 2015 roku



„Czarny bęben”

neralno-asfaltowych z destruktem asfaltowym.

- Lata od 2011 roku do chwili obecnej – stopniowe wprowadzanie recyklingu na gorąco w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych jako technologii alternatywnej.

Obniżenie się w ostatnich latach cen asfaltów, spowodowane niską ceną ropy naftowej, wpłynęło na zmniejszenie zainteresowania recyklingiem w otaczającej. Korzyść ekonomiczna z tytułu produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem na gorąco przy obecnym ograniczeniu do 30% jest porównywalna ze zwiększonymi kosztami produkcji w tej technologii (nakłady inwestycyjne związane z zakupem urządzeń). Można przypuszczać, że technologia ta będzie więc stosowana w firmach, które już posiadają odpowiednie wyposażenie lub w związku z zewnętrznymi wymogami ekologicznymi. Niemniej jednak w najbliższym dziesięcioleciu przewiduje się rozwój technologii recyklingu nawierzchni asfaltowych w Polsce spowodowany tym, że recyklingowi mogą być poddane coraz to młodsze nawierzchnie budowane w sposób kontrolowany ze starszannie dobranych materiałów o ustalonej jakości. Przewiduje się, że destrukty lub granulaty asfaltowy otrzymany w wyniku frezowania dróg nie starszych niż

20 lat będzie charakteryzował się wysoką jednorodnością.

### Podziękowania

Artykuł powstał na podstawie materiałów firmy Budimex oraz Dromex w ramach projektu „Destrukt: Innowacyjna technologia mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem materiału z recyklingu nawierzchni asfaltowej”. Projekt jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, działanie INNOTECH, ścieżka programowa In-Tech oraz ze środków krajowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Autorzy dziękują ponadto Oddziałowi Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Kielcach i władzom miasta Jędrzejów za pomoc w realizacji projektu badawczego. ■

### Bibliografia

1. Bańkowski W., Sybilski D., Król J., Kowalski K., Radziszewski P., Skorek P., „Wykorzystanie destruktu asfaltowego – konieczność i innowacja”, *Budownictwo i Architektura* 15(1) (2016), s. 157–167.
2. Al-Qadi I. L., Elseifi M. A., Carpenter S. H., „Reclaimed Asphalt Pavement – A Literature Review, Research Report FHWA-ICT-07-001”, Illinois Center for Transportation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois 2007.

3. „Nawierzchnie Asfaltowe na Drogach Krajowych. WT-2 2014 – część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne.”, GDDKiA, Warszawa 2014.
4. Piłat J., Radziszewski P., *Nawierzchnie asfaltowe*, WKŁ, Warszawa 2010.
5. „Asphalt in figures”, EAPA 2015.
6. Sybilski D., „O potrzebie stosowania destruktu asfaltowego w Polsce”, *Drogownictwo* 1/2011.
7. Zaumanis M., Mallick R., „Determining optimum rejuvenator dose for asphalt recycling based on Superpave performance grade specifications”, *Construction and Building Materials*, 2014.
8. Tran N., Taylor A., Willis R., „Effect of rejuvenator on performance properties of HMA mixtures with high RAP and RAS contents.”, NCAT Report 12-05, Alabama 2012.
9. Kowalski K., Król J., Bańkowski W., Radziszewski P., Sarnowski M., „Thermal and Fatigue Evaluation of Asphalt Mixtures Containing RAP Treated with a Bio-Agent”, *Applied Science*, 7(3) 2017, s. 216, doi:10.3390/app7030216.
10. Arnold J. C., Nötting M., Riebesehl G., Denck C., „Unlocking the full potential of reclaimed asphalt pavement (RAP) – high quality asphalt courses incorporating more than 90% RAP; A case study.” Paper No. O5EE-187, 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul 2012.
11. Król J., Włodarski P., Jackowski Ł., „Właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych ze zwiększoną ilością granulatu asfaltowego.”, *Drogownictwo* 11/2014, s. 373–379.
12. Zaumanis M., Mallick R., Frank R., „100% hot mix asphalt recycling: challenges and benefits”, *Transportation Research Procedia* 14 (2016), s. 3493–3502.
13. Jabłoński K., Rybczyński M., Szrajber W., „Polskie doświadczenia w recyklingu nawierzchni asfaltowych w otaczarkach.”, *Drogownictwo* 2/2003, s. 35–39.
14. Jabłoński K., Rybczyński M., „Polskie doświadczenia w zakresie recyklingu nawierzchni asfaltowych na gorąco w wytwórni.”, Seminarium AIPCR/PIARC i IBDiM „RECYKLING NAWIERZCHNI DROGOWYCH”, Warszawa 2002.
15. Szyller A., „Produkcja mieszanek mineralno-asfaltowych z destruktem asfaltowym dodawanym na gorąco – doświadczenia krajowe.”, praca dyplomowa w ramach Studiów Podyplomowych Technologia Budowy Dróg, Politechnika Warszawska 2016.

**mgr inż. Andrzej Szyller**, Budimex SA,  
**dr inż. Jan Król**, Politechnika Warszawska,  
**dr inż. Wojciech Bańkowski**,  
 Instytut Badawczy Dróg i Mostów



# eSeMA

## – odsłona szesnasta

Gdy szesnaście lat temu grupka drogowców spotkała się po raz pierwszy w Wiśle, aby debatować o przyszłości wykorzystania technologii SMA przy budowie dróg, nikt nawet nie przypuszczał, że wydarzenie to nabierze rangi konferencji międzynarodowej. I oto w dniach 1–3 lutego spotkaliśmy się po raz szesnasty, aby zapoznać się z krajowymi i europejskimi doświadczeniami. Gospodarzem konferencji była firma Rettenmaier Polska.

Spotkanie otworzył dr inż. Igor Ruttmar, prezes zarządu TPA. Zwrócił on uwagę na kwestię zdawało by się oczywistą w realizacji inwestycji – chodzi mianowicie o odwagę, z tym że dotyczy ona także przyznania się do błędu, gdy taki popełnimy. Ważniejsze jest jednak, co zrobimy w momencie jego stwierdzenia – czy przyznamy się, wyciągniemy wnioski i ulepszymy dzięki temu produkty, technologie, życie. W ten sposób rodzi się postęp.

W sesji otwierającej wystąpił także m.in. Leszek Bukowski z Departamentu Technologii Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Przedstawił inwestycje na drogach krajowych na lata 2016–2023 z wykorzystaniem technologii SMA. Generalny pomiar ruchu dokonany w 2015 roku dowiódł, że ponad 80 proc. użytkowników dróg krajowych i autostrad stanowią kierowcy samochodów osobowych. Z ich punktu widzenia ważna jest trwałość konstrukcji nawierzchni, która powinna być projektowana w ten sposób, aby stan graniczny nośności i przydatności do użytkowania nie był przekraczany w okresach eksploatacji krótszych niż:



- 30 lat – dla dróg o konstrukcji nawierzchni sztywnej,
- 30 lat – dla dróg klasy A i S o konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej,
- 20 lat – dla dróg klasy GP, G, Z, L i D o konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej.

Wśród cech nawierzchni odpowiedzialnych za bezpieczeństwo należy wyróżnić równość podłużną i poprzeczną

oraz właściwości przeciwoślizgowe. W latach 2015–2016 GDDKiA oddała do użytkowania 210 km dróg, z czego 164,5 km (78,3 proc.) zostało wykonanych w technologii asfaltowej. Stąd też tak ważne jest zbadanie wpływu trwałości SMA na konstrukcję drogi. Badania wykazały, że sprawdziła się ona na wykonanych odcinkach, a właściwości warstwy ścieralnej wykonanej z mieszanki SMA mają decydujący wpływ na bezpieczeń-



stwo ruchu oraz trwałość nawierzchni. Potrzebna jest jednak wnikliwa analiza dotychczasowych doświadczeń.

**P**ierwszą sesję poświęcono jednowarstwowej nawierzchni SMA JENA 16. Trwają prace nad nowelizacją „Poradnika dla wykonawców i zarządców dróg samorządowych”. Z pewnością będzie ona zawierała bardzo dużo krajowych przykładów. Po trzech latach od momentu jego publikacji w 2014 roku pojawiło się już bowiem wiele realizacji i wiele nowych spostrzeżeń dotyczących zalet i wad technologii. Zdaniem dr. Krzysztofa Błażewskiego potrzebna jest analiza dotychczasowych mieszank i ewentualne korekty wymagań wobec materiałów i samej mieszanki SMA JENA.

ciel MIXBUD KONTRAKTY Sp. z o.o. Niewątpliwie do zalet technologii można zaliczyć mocny stabilny szkielet mieszanki pozwalający przenieść duże obciążenia. Na drogach o kategorii ruchu KR1-3 istnieje możliwość zastosowania destruktu w maksymalnej ilości 20 proc. Nawierzchnie charakteryzują się odpornością na deformacje trwałe, wodę i mróz oraz zużycie. Grubsza otoczka asfaltowa kruszywa w stosunku do tradycyjnych mieszank daje większą trwałość. W celu zapewnienia lepszych właściwości przeciwpoślizgowych na drogach klasy G i wyższych stosuje się posypkę uszorstniającą 2/5. Dzięki możliwości układania na raz dwóch warstw skraca się czas realizacji. Dodatkową zaletą jest łatwość układania mieszanki. Jeśli chodzi o korzy-

szprzętu i ludzi małe. Wyeliminowano podłużne złącza technologiczne i nierówności. Istotnie zwiększono żywotność nawierzchni.

**K**olejne sesje obejmowały takie tematy jak jakość, gwarancje, specyfikacje nawierzchni asfaltowych w Europie i w Polsce. Zmiany w WT-2 2016 omówiła Bożena Woroszyło z białostockiego oddziału GDDKiA. Kwestie jakości, gwarancji i specyfikacji w Irlandii przedstawiła Helen Bailey z The Driven Company Associates, a podobny system funkcjonujący w Czechach, na Węgrzech i w Holandii – Sebastian Witczak z TPA. Nowy system wytycznych Zarządu Dróg Wojewódzkich w Katowicach przedstawił natomiast jego dyrektor Zbigniew Tabor.



Realizację dwukolorowej nawierzchni w Dolinie Górnika w Chorzowie. Wykonawcą była firma MIXBUD KONTRAKTY Sp. z o.o.



Na pewno jedną z kwestii do przemyślenia jest zastosowanie materiałów z recyklingu. Jeśli chodzi o wbudowywanie mieszanki, to warto zebrać informacje od firm stosujących technologię. Nowelizacja będzie z pewnością zawierała zaktualizowaną specyfikację techniczną do SMA JENA 16.

Ciekawe doświadczenia z zastosowania kolorowych mieszank SMA JENA 16 zaprezentował przedstawi-

ści ekonomiczne dla zamawiającego na pewno należy do nich zaliczyć zwiększoną trwałość, a więc i dłuższą żywotność nawierzchni w porównaniu do mieszank tradycyjnych. Przedstawiona przez MIXBUD inwestycja dotyczyła wykonania dwukolorowej nawierzchni w jednym przejściu technologicznym. Inwestorem był Miejski Zarząd Ulic i Mostów w Chorzowie. Czas jej realizacji był bardzo krótki, a zaangażowanie

W ramach III sesji zaprezentowano nowe koncepcje i technologie, a na IV – ostatniej – nowe produkty i ich zastosowanie.

Firma Rettenmaier Polska już dziś zaprasza na kolejne XVII seminarium eSeMA w przyszłym roku. ■

Na podstawie materiałów seminaryjnych opracowała **Anna Krawczyk**.

# Wspomnienie o Profesorze Józefie Judyckim

W dniu 8 lutego 2017 roku zmarł w Gdańsku po ciężkiej chorobie prof. dr hab. inż. Józef Judycki, były wieloletni kierownik Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, wychowawca wielu pokoleń drogowców, wybitny naukowiec i specjalista w dziedzinie budowy dróg.

**P**rof. dr hab. inż. Józef Judycki urodził się 4 września 1945 roku w Czaplynie pod Białymstokiem. Uczęszczał do Liceum Ogólnokształcącego w Knyszynie. W 1968 roku ukończył studia na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej, uzyskując tytuł magistra inżyniera komunikacji, w specjalności „budowa dróg”. W tym samym roku rozpoczął pracę jako asystent-stażysta w Katedrze Budowy Dróg i Robót Ziemnych (obecnie Katedra Inżynierii Drogowej). Z Politechniką Gdańską i z tą katedrą Profesor Judycki związał całe swoje życie zawodowe. W 1975 roku uzyskał tam stopień doktora nauk technicznych za pracę na temat właściwości reologicznych drogowego betonu asfaltowego, a w 1992 roku stopień doktora habilitowanego za pracę na temat asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych modyfikowanych elastomerami. Oba stopnie zostały mu przyznane z wyróżnieniem. Rok później mianowano go na stanowisko profesora nadzwyczajnego, a w roku 2004 został profesorem zwyczajnym Politechniki Gdańskiej.

W 1986 r., po nagłej śmierci doc. dr. inż. Henryka Borkowskiego, Profesor Judycki objął kierownictwo Zespołu Budowy Dróg (obecnie Zakład Budowy Dróg). Kierował nim nieprzerwanie do przejścia na emeryturę. Dzięki jego zdol-

nościom naukowym i organizatorskim zespół stał się jednym z najlepszych w Polsce i zasłużenie cieszy się renomą. W latach 2006–2015 Profesor pełnił również funkcję kierownika Katedry Inżynierii Drogowej.

Jako autor lub współautor Profesor Judycki opublikował około 200 prac naukowych i naukowo-technicznych, w tym 4 monografie naukowe. Był wybitnym znawcą w zakresie konstrukcji nawierzchni i materiałów drogowych. Od początków kariery naukowej interesował się m.in. właściwościami lekkospreszonymi mieszanek mineralno-asfaltowych, modyfikacją betonu asfaltowego polimerami oraz spękaniami niskotemperaturowymi nawierzchni. Istotną część jego działalności naukowej stanowiły również analiza i projektowanie nawierzchni drogowych. Włożył duży wysiłek w skuteczne rozpowszechnienie w Polsce metod mechaniczno-empirycznych projektowania konstrukcji nawierzchni drogowych. Zajmował się ponadto nawierzchniami mostowymi, problemem spękań odbitych nawierzchni asfaltowych oraz recyklingiem nawierzchni, na temat którego wspólnie z dr. inż. Jackiem Alenowiczem opublikował książkę.

Profesor Józef Judycki brał czynny udział w międzynarodowej współpracy

naukowej. W 1976 roku odbył staż naukowy w Uniwersytecie w Oulu i w Centrum Badań Technicznych w Otaniemi, w Finlandii. Nawiązał wówczas kontakty, które zaowocowały długoletnią współpracą katedr drogowych Politechniki Gdańskiej i ich odpowiedników w Uniwersytetach w Oulu i w Helsinkach. W 1993 r. jako jedyny przedstawiciel Polski został zaproszony do członkostwa w European Flexible Pavement Study Group – nieformalnej grupie skupiającej naukowców z zakresu drogownictwa z Europy. Dużym wyróżnieniem był także wybór Prof. Judyckiego przez zagranicznych członków stowarzyszenia International Society of Asphalt Pavements z siedzibą w USA na członka jego zarządu. Na tym stanowisku, jako jedyny dotąd reprezentant Polski, pracował około 10 lat. Przez wiele lat był również członkiem American Association of Asphalt Paving Technologists, Komitetu Naukowego Kongresu Euroasphalt & Eurobitume, European Association of Asphalt Pavements, a także członkiem Rad Naukowych i Programowych czasopism „Roads and Bridges”, „Baltic Journal of Roads and Bridges”, „International Journal of Pavement Engineering” oraz Rady Naukowej Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, Sekcji Komunikacyjnej Polskiej Akademii Nauk oraz sekcji Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

**B**ardzo istotnym elementem pracy Profesora Józefa Judyckiego było prowadzenie zajęć na Politechnice Gdańskiej. Był cenionym przez władze Wydziału oraz lubianym przez studentów dydaktykiem. Wypromował 9 doktorów, około 200 magistrów inżynierów oraz 60 inżynierów budownictwa w specjalności „budowa dróg”. Ponadto był promotorem 30 absolwentów wydziału Science of Civil Engineering w Uniwersytecie Basrah w Iraku, gdzie pracował w latach 1978–81 oraz 1998–90. Chętnie dzielił się swoją wiedzą. Wielokrotnie prowadził wykłady dotyczące najnowszych osiągnięć w zakresie projektowania nawierzchni, badań materiałów i technologii m.in. na szkoleniach inżynierów techników z Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.

Profesor Józef Judycki zawsze łączył działalność naukową z zastosowaniem jej w praktyce. Wraz ze swoim zespołem wykonał ponad 400 opracowań o charakterze projektowym i technologicznym. Obejmowały one wiele różnorodnych zagadnień, m.in. projektowanie konstrukcji nawierzchni i technologie budowy dróg i lotnisk, nawierzchnie portowe, nawierzchnie mostów i estakad, projekty nowoczesnych mieszanek mineralno-asfaltowych, badania materiałów i nawierzchni drogowych oraz ekspertyzy różnych nawierzchni drogowych i lotniskowych.

Zespół Profesora czynnie współpracował z jednostkami administracji drogowej, biurami projektów oraz firmami wykonawczymi budownictwa drogowego przy rozwiązywaniu problemów technicznych. Wykonywał badania naukowe i techniczne dla następujących instytucji krajowych:

Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych i jej oddziałów terenowych, Agencji Budowy i Eksploatacji Autostrad, Rafinerii LOTOS, Rafinerii ORLEN, GPRD, SKANSKA, Transprojektów, a także dla firm zagranicznych: Danish Geotechnical Institute z Danii, Lhoist z Belgii, Rossbahn z Niemiec i Rosji oraz Tarmac z Anglii. Przez ponad 25 lat Profesor Józef Judycki prowa-

wierzchni podatnych i pól sztywnych” oraz trzech instrukcji i wytycznych technicznych dotyczących metod badań szczepności międzywarstwowej w nawierzchniach asfaltowych (z dr. inż. Piotrem Jaskułą), projektowania i oceny mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych w ramach recyklingu nawierzchni na zimno (z dr. inż. Bohdanem Dołżyckim) oraz projektowania i produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło (z dr. inż. Marcinem Stienssem).

Z końcem września 2015 roku Prof. Józef Judycki przeszedł na emeryturę, ale nie zakończył pracy naukowej. Do ostatnich dni pracował nad nową lepkosprężystą metodą obliczania naprężeń termicznych w warstwach asfaltowych nawierzchni. Do metody została opracowana pod nadzorem Profesora aplikacja komputerowa. Szczegółowy opis nowej metody i analiz z jej wykorzystaniem został opublikowany w serii 3 artykułów w prestiżowym czasopiśmie „International Journal of Pavement Engineering”, a także w polskim „Drogownictwie”. Z opracowania tej metody Profesor Judycki był bardzo dumny, ponieważ stanowiła zwieńczenie jego wieloletnich badań, rozpoczętych jeszcze w czasie pisania doktoratu w latach 70-tych.

Odszedł ceniony naukowiec, inżynier oraz nauczyciel akademicki. Jego odejście jest niepowetowaną stratą dla środowiska naukowego i drogowego w Polsce oraz za granicą. Prof. Józef Judycki ściśle współpracował z naszym Stowarzyszeniem. W zmarłym tracimy przyjaciela, mentora i wybitnego specjalistę w branży asfaltowej. ■

Zarząd Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych



**Profesor Józef Judycki (1945–2017)**

dził także, wspólnie z dr. Jackiem Alenowiczem, biuro „Drotest”, które uczestniczyło w opracowywaniu szeregu projektów nawierzchni i specyfikacji technicznych dla ważnych inwestycji drogowych.

**W** ostatnich kilku latach prace badawcze wykonywane pod kierunkiem Profesora Judyckiego na zlecenie GDDKiA doprowadziły do opracowania nowego „Katalogu typowych konstrukcji na-



# MOCNA STRONA DROGI

ZAAWANSOWANE TECHNOLOGICZNIE ASFALTY

# MODBIT



TRWAŁOŚĆ  
NAWIERZCHNI



TRUDNE WARUNKI  
EKSPLOATACJI



INNOWACYJNOŚĆ  
TECHNOLOGICZNA

[www.lotos.pl](http://www.lotos.pl)

