NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

Fot: Tomasz Przybysz

Nr 2/2009(18)

ISSN 1734-1434

PSWNA
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

Spis treści

Pomiar kohezji lepiszczy – nowa metoda badawcza wg EN 13588

– metodykę oznaczania kohezji lepiszczy asfaltowych wg Normy Europejskiej omawia Paweł Berg **1**

Nawierzchnie z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad

– stosowanie asfaltu naturalnego do mma, na podstawie tłumaczenia artykułu M. Müllera i H. J. Schrieka, przedstawia Marek Danowski **7**

Podziękowania dla autorów WT-3 . . . . . **14**

Wykorzystanie kruszyw regionu świętokrzyskiego na warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowych

– wyniki badań laboratoryjnych, doświadczenia terenowe i możliwości wykorzystania kruszyw lokalnych regionu świętokrzyskiego do wykonywania warstw nawierzchni drogowych omawia Marek Iwański **15**

XX Jubileuszowe Seminarium Techniczne PSWNA

– relację z seminarium przedstawia Maria Jóźwiak **22**

Od redakcji

Szanowni Czytelnicy!

Wyrażamy nadzieję, że w bieżącym numerze znajdą Państwo nowe oraz interesujące informacje dotyczące branży drogowej.

Tradycyjnie już zachęcamy do współpracy – łamy kwartalnika są otwarte dla wszystkich autorów.

REDAKCJA

Internetowa strona naszego Kwartalnika

Informujemy Szanownych Czytelników,
że w internetowej wersji kwartalnika znaleźć można:

- spis treści ostatniego wydania
- wersję elektroniczną kwartalnika w formacie PDF
- aktualne informacje PSWNA
- podstawowe informacje o wydawcy, redakcji oraz adresy kontaktowe

Zapraszamy!

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 działa od 1999 r., a od 2000 r. jest członkiem EAPA (Europejskiego Stowarzyszenia Nawierzchni Asfaltowych).

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

WYDAWCA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców
Nawierzchni Asfaltowych
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

Pomiar kohezji lepiszczy – nowa metoda badawcza wg EN 13588

Paweł Berg*

W grudniu ubiegłego roku zostały zakończone prace nad przetłumaczeniem na język polski normy EN 13588:2008 *„Bitumen and bituminous binders – Determination of cohesion of bituminous binders with pendulum test"*, wprowadzonej przez Polski Komitet Normalizacyjny do katalogu Polskich Norm metodą uznania jako PN-EN 13588:2008 *„Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie kohezji lepiszczy asfaltowych metodą testu wahadłowego" (oryg.)*. Jednak do końca maja 2009 r. norma ta nie została jeszcze opublikowana w polskiej wersji językowej.

Jest to bardzo ciekawa i ważna norma opisująca metodę pomiaru kohezji lepiszczy asfaltowych w zakresie temperatury od -10°C do +80°C. Podaje też zasadę wyrażania zależności między kohezją i temperaturą. Warto więc przedstawić ją PT Czytelnikom Kwartalnika.

Zanim przejdę do prezentacji tej normy, chciałbym odnieść się do zjawiska, jakim jest kohezja i jej znaczenie w technologii robót drogowych.

Mówiąc ogólnie kohezja, czyli inaczej spójność, jest to opór, jaki stawia ciało fizyczne poddawane procesowi rozrywania lub zgniatania. Opór przeciwdziałający rozrywaniu wywołany jest zjawiskiem wzajemnego przyciągania się cząsteczek tej samej substancji, natomiast przyciąganie się cząsteczek, jakie występuje w danym ciele spowodowane jest między innymi siłami oddziaływania międzycząsteczkowego zwanymi siłami Van der Waalsa, występującymi nie tylko na poziomie cząsteczkowym, lecz również na poziomie atomowym.

Miarą kohezji jest iloraz pracy, jaką należy wykonać do rozerwania określonej substancji i powierzchni powstałej w skutek tego rozerwania.

$$C = \frac{W}{S} \ [J/cm^2]$$

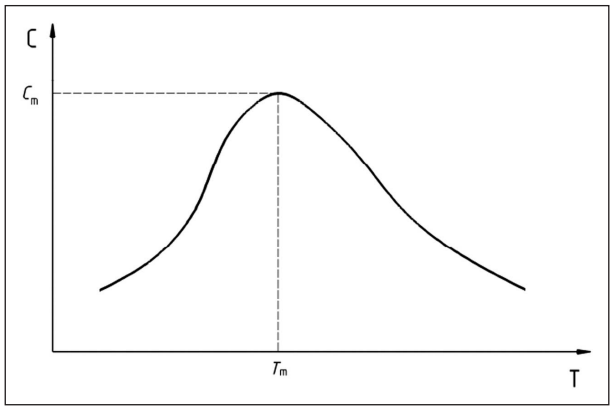
gdzie:
W – praca [J]
S – pole powierzchni powstałej na skutek rozerwania [cm^2]

Jak widać z powyższej definicji, kohezja czyli siły występujące wewnątrz danej substancji, w naszym przypadku lepiszcza asfaltowego, może w pewnym zakresie determinować jego właściwości, a tym samym przeznaczenie do różnego rodzaju drogowych zastosowań.

Do tej pory, tzn. do momentu pojawienia się normy EN 13588, w laboratoryjnej praktyce drogowej nie była znana prosta, dająca dużą powtarzalność, bezpośrednia metoda pomiaru kohezji lepiszczy asfaltowych. Kohezja była niejako szacowana za pomocą oznaczeń pośrednich takich jak pomiar lepkości, ciągliwości, ciągliwości z jednoczesnym pomiarem siły, czy bardziej wyrafinowanej metody, jaką jest pomiar naprężeń stycznych. Niestety wyżej wymienione metody badawcze nie dawały w praktyce prostej odpowiedzi na pytanie, jaka jest właściwa wartość kohezji lepiszcza, a tym samym odporność na różnego rodzaju deformacje (np. rozciąganie, kurczenie, ścinanie itp.).

Prezentowana w niniejszym artykule metoda według normy EN 13588 pozwala w stosunkowo prosty sposób wyznaczyć wartość kohezji i prześledzić zmianę jej wartości w zależności od temperatury (rysunek 1).

Objaśnienia:
C – kohezja, J/cm^2
T – temperatura,°C



Rys. 1 – Kohezja w funkcji temperatury

Znajomość kohezji lepiszczy w określonym zakresie temperatury pozwala na optymalny wybór rodzaju lepiszcza do danego obciążenia drogi ruchem oraz warunków miejscowych.

Norma EN 13588 składa się z dziesięciu numerowanych rozdziałów oraz dwóch załączników, odpowiednio:

1. Zakres normy
2. Normy powołane
3. Terminy i definicje
4. Symbole i skróty
5. Zasada
6. Aparatura
7. Procedura
8. Przedstawianie wyników
9. Precyzja
10. Protokół badań

Załącznik A (informacyjny) Formularz
Załącznik B (normatywny) Rysunek szczegółów

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

Podczas prac nad polską wersją omawianej normy zostały wychwycone w wersji oryginalnej błędy lub niejasne sformułowania, które w przygotowanym tłumaczeniu zostały zaznaczone i poprawione za pomocą odsyłaczy krajowych (N), ponumerowanych odpowiednio od N1 do N11.

Zakres normy (rozdział 1)

Jak już wyżej wspomniano, norma EN 13588 opisuje metodę pomiaru kohezji lepiszczy asfaltowych w zakresie temperatury od -10°C do +80°C oraz przedstawia wyrażanie zależności między kohezją i temperaturą.

Oznaczanie kohezji metodą testu wahadłowego znajduje zastosowanie do:

- ❖ asfaltów drogowych (nazwanych w tej normie czystymi czyli niemodyfikowanymi i nieupłynnionymi),
- ❖ asfaltów modyfikowanych,
- ❖ asfaltów fluksowanych,
- ❖ asfaltów odzyskanych z emulsji asfaltowych.

W przypadku asfaltów fluksowanych oznaczenie kohezji może być przeprowadzone na lepiszczu zawierającym fluks lub na lepiszczu, z którego rozpuszczalnik został usunięty.

Normy powołane (rozdział 2)

Rozdział ten zawiera odniesienie do dwóch Norm Europejskich, których stosowanie jest niezbędne do prawidłowego wykonania oznaczenia kohezji. Są to:

- ❖ *EN 58 Bitumen and bituminous binders – Sampling bituminous binders* (PN-EN 58:2005 Asfalty i produkty asfaltowe – Pobieranie próbek produktów asfaltowych (oryg.)),
- ❖ EN 12594 *Bitumen and bituminous binders – Preparation of test samples* (PN-EN 12594:2007 Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Przygotowanie próbek do badań (oryg.)).

Terminy i definicje (rozdział 3)

Podstawową wielkością zdefiniowaną w normie jest kohezja, która została określona jako energia przypadająca na jednostkę powierzchni wymagana do pełnego oderwania sześcianu od podstawy, wcześniej złączonych powierzchni sześcianu i podstawy całkowicie pokrytych lepiszczem.

Dodatkowo w rozdziale 3 została zawarta praktyczna uwaga, dotycząca postępowania w przypadku niepełnego oderwania sześcianu od podstawy podczas oznaczania kohezji. W takim przypadku zmierzona w badaniu wartość energii jest zawsze mniejsza niż rzeczywista wartość kohezji. Dlatego wynik badania może posłużyć do wykazania, że lepiszcze ma większą wartość kohezji od najmniejszej ustalonej wartości.

Symbole i skróty (rozdział 4)

Symbole i skróty wraz z opisami występujące w omawianej normie są następujące:

α – kąt wskazany przez wskazówkę po uruchomieniu wahadła i uderzeniu w sześcian umieszczony na podstawie i przyklejony do podstawy za pomocą lepiszcza;

α' – kąt wskazany przez wskazówkę po uruchomieniu wahadła i uderzeniu w sześcian z lepiszczem, umieszczony na czystej podstawie, ale nieprzyklejony do podstawy;

E – energia potrzebna do oderwania sześcianu umieszczonego na podstawie i przyklejonego za pomocą lepiszcza do podstawy;

E' – energia potrzebna do oderwania sześcianu z lepiszczem, umieszczonego na czystej podstawie ale nieprzyklejonego do podstawy;

Cm – największa wartość kohezji w najwyższym punkcie krzywej;

Tm – temperatura, w której uzyskano największą wartość oznaczanej kohezji;

m – masa wahadła;

g – przyspieszenie wywołane siłą ciążenia;

r – promień środka ciężkości wahadła;

s – powierzchnia przerwania;

C – kohezja lepiszcza oznaczona w określonej temperaturze.

Zasada (rozdział 5)

Zasada oznaczenia polega na wyznaczeniu wartości kohezji (przynajmniej w sześciu zakresach temperatury), poprzez obliczenie wartości energii potrzebnej do oderwania stalowego sześcianu.

Stalowy sześcian o boku długości 10 mm jest przytwierdzony do stalowej podstawy za pomocą lepiszcza o grubości warstwy 1 mm.

Cały zestaw badawczy doprowadzany jest do temperatury oznaczenia, a następnie, poprzez uderzenie wprawionym w ruch wahadłem, sześcian jest odrywany. Energia potrzebna do rozerwania lepiszcza zostaje obliczona z kąta (α) wychylenia wahadła (załącznik B – normatywny).

Aparatura (rozdział 6)

Podstawowymi elementami aparatury badawczej są:

- ❖ urządzenie do oznaczania kohezji, składające się z:
  - – podstawy wyposażonej w podpory podtrzymujące wahadło, która przed pomiarem kohezji powinna zostać wypoziomowana za pomocą śrub do regulacji wysokościowej oraz poziomicy,
  - – systemu blokującego wahadło,
  - – klatki ochronnej „wyłapującej" oderwane sześciany;
- ❖ wahadło (przedstawione w prezentowanej normie na rysunku nr 2) o wadze (1 925±95) g, zamontowane na poziomym łożyskowanym wałku osadzonym w podporach i zdolnym do swobodnego obrotu

  Mocowanie łożysk powinno pozwolić na regulację wahadła tak, aby zapewnić swobodne wahanie się oraz precyzyjne ustawienie krawędzi uderzeniowej wahadła w odniesieniu do wysokości próbki do badań;
- ❖ wskazówka osadzona na wałku wahadła wraz z urządzeniem zatrzymującym wskazówkę w punkcie najwyższego wychylenia;
- ❖ tarcza 360° z podziałką co 0,5°, z punktem zerowym znajdującym się w dolnym położeniu wahadła;
- ❖ sześciany i podstawy sześcianów, wykonane ze stali, o wymiarach zgodnych z przedstawionymi na rysunkach 3, 4 oraz 5 zawartych w normie, i ząbkowanych powierzchniach przeznaczonych do pokrycia lepiszczem.

Masa każdego sześcianu powinna wynosić (9,0±0,5) g, natomiast dokładne wymiary ząbkowania nie są obowiązujące. Alternatywne konfiguracje ząbkowań mogą być stosowane pod warunkiem, że podczas badania nie spowodują braku przyczepności pomiędzy lepiszczem a sześcianem lub podstawą.

Ze względu na fakt, że **do każdej temperatury należy stosować co najmniej sześć zestawów badawczych**, składających się z sześcianu połączonego z podstawą za pomocą warstewki lepiszcza oraz to, że minimum trzy różne wartości temperatury są potrzebne aby wykazać zależność pomiędzy kohezją i temperaturą, do sprawnego przeprowadzenia oznaczenia **powinno się dysponować 18-ma zestawami badawczymi**.

- ❖ suszarka zapewniająca utrzymywanie stałej temperatury, z dokładnością do 5°C w zakresie od 60°C do temperatury równej 85°C powyżej temperatury mięknienia, oznaczonej metodą „Pierścienia i Kuli", konkretnego lepiszcza przeznaczonego do badania.
- ❖ regulowany termostatycznie pojemnik, inkubator np. łaźnia (-e) powietrzna (e) lub łaźnia (-e) cieczowa (e), zapewniająca utrzymanie stałej temperatury z dokładnością ±1°C w zakresie od (-10°C) do (+80°C).
- ❖ urządzenie mierzące temperaturę, czytelne i wykalibrowane, zapewniające pomiar temperatury w regulowanym termostatycznie pojemniku, z dokładnością do 0,2°C lub większą.

Procedura (rozdział 7)

Rozdział zatytułowany „Procedura" zawiera szereg podrozdziałów i punktów szczegółowo opisujących:

- ❖ przygotowanie sześcianów i podstaw,
- ❖ przygotowanie lepiszcza do badania,
- ❖ przygotowanie zestawów badawczych do oznaczania,
- ❖ przechowanie zestawów,
- ❖ regulację wahadła,
- ❖ wybór temperatury badania,
- ❖ przeprowadzenie pomiarów,
- ❖ specjalne środki ostrożności.

Przygotowanie sześcianów i podstaw

Przygotowanie sześcianów oraz podstaw polega na ich umyciu w odpowiednim rozpuszczalniku i usunięciu pędzlem ewentualnych zanieczyszczeń, a następnie opłukaniu wodą zawierającą etanol i osuszeniu w suszarce. Przed przystąpieniem do oznaczenia należy sprawdzić czy sześciany i podstawy nie są uszkodzone.

Po umyciu sześciany i podstawy ogrzewa się w suszarce do temperatury (60°C±5°C) przez co najmniej 60 min. Jeśli zostaną one ogrzane do wyższej temperatury, to należy zanotować zastosowaną temperaturę.

W przypadku oznaczania kohezji lepiszcza fluksowanego, sześcian i podstawa mogą być ogrzewane przez 30 min. Jeżeli temperatura mięknienia badanego lepiszcza, oznaczona metodą „Pierścienia i Kuli" według EN 1427, jest powyżej 60°C, to należy podstawę sześcianu ogrzać do temperatury mięknienia z dokładnością do ±5°C.

Przygotowanie lepiszcza do badania

Próbka laboratoryjna lepiszcza powinna być jednorodna, a próbka do badania reprezentatywna dla próbki laboratoryjnej, z której została pobrana zgodnie z EN 58. Próbkę należy przygotować zgodnie z EN 12594

Lepiszcze powinno być ogrzane do takiej temperatury, w której może być rozłożone na ząbkowane powierzchnie wstępnie ogrzanego sześcianu i podstawy. Należy przestrzegać wszystkich ograniczeń określonych przez producenta lepiszcza, dotyczących czasu ogrzewania i temperatury. Jeśli żadne ograniczenia nie są wskazane przez producenta lepiszcza, to należy je podgrzewać do temperatury nie wyższej niż 90°C powyżej jego temperatury mięknienia określonej metodą „Pierścienia i Kuli". Należy zanotować temperaturę oraz czas trwania ogrzewania lepiszcza.

Konieczne jest też zwrócenie uwagi na zapis w normie, który mówi, że istotne jest, aby lepiszcze nie było podgrzewane bardziej niż jest to konieczne oraz aby podczas przeprowadzania każdego oznaczenia obchodzić się z lepiszczem tak samo za każdym razem. W przypadku nieprzestrzegania ww. środków ostrożności zostaną uzyskane sprzeczne wyniki, a szczególnie dotyczy to lepiszczy modyfikowanych polimerami.

W przypadku asfaltów upłynnionych zazwyczaj możliwe jest niepodgrzewanie lepiszcza. Wysoko modyfikowane asfalty wymagają podgrzania do temperatury, w której charakter płynięcia staje się w przeważającej części lepki. Najczęściej rozłożenie lepiszcza na ząbkowane powierzchnie podstawy i sześcianu odbywa się w przedziale temperatury od 40°C do 50°C powyżej temperatury mięknienia określonej metodą „Pierścienia i Kuli". Ponadto zaleca się, aby sześciany i podstawy były ogrzewane w tej samej suszarce co lepiszcze.

Historia termiczna lepiszcza może mieć wpływ na wyniki uzyskane według metody opisanej w EN 13588.

Przygotowanie zestawów badawczych do oznaczania

Należy przygotować, wystarczającą ilość sześcianów i podstaw do oznaczenia kohezji w każdej temperaturze.

W czasie krótszym niż 10 minut przeprowadzić następujące postępowanie:

- ❖ wziąć jeden wstępnie ogrzany sześcian oraz jedną wstępnie ogrzaną podstawę i używając małej szpatułki rozłożyć na ząbkowanych powierzchniach obydwu tych elementów wstępnie ogrzane lepiszcze. Całkowita ilość rozłożonego lepiszcza powinna być większa od potrzebnej do wypełnienia szczeliny w zestawie pomiędzy podstawą i sześcianem (>0,2 ml). Możliwie jak najszybciej umieścić sześcian na podstawie, ząbkowaniami naprzeciw siebie, tak aby grzbiety (ząbkowań) na sześcianie były równoległe do krawędzi podstawy, która będzie równoległa do płaszczyzny ruchu wahadła, gdy zestaw zostanie umieszczony w uchwycie urządzenia badawczego;
- ❖ docisnąć sześcian do podstawy tak, aby nadmiar lepiszcza został wyciśnięty a grzbiety ząbkowań sześcianu stykały się z grzbietami ząbkowań podstawy.

  Niektóre lepiszcza wykazują sprężyste zachowanie, co może doprowadzić do naprężeń pozostających w warstewce lepiszcza i słabej powtarzalności między badaniami. W skrajnych przypadkach sześcian może unieść się z podstawy przed rozpoczęciem

oznaczania. Aby uniknąć tego problemu sześcian, podstawę i próbkę należy wstępnie ogrzać do wyższej temperatury. Na górze sześcianu można położyć obciążenie o masie około 500 g.

- ❖ nadmiar lepiszcza należy usunąć z powierzchni sześcianu nożem, który może być podgrzany. Jeśli to konieczne oczyścić powierzchnię sześcianu, która zostanie uderzona przez wahadło, używając bibuły i małej ilości rozpuszczalnika. Upewnić się, że rozpuszczalnik nie zanieczyścił odsłoniętej krawędzi warstewki lepiszcza.

Wyżej wymienione czynności powinny być powtórzone, w czasie krótszym niż 10 minut, z każdym zestawem (sześcian i podstawa).

Przechowanie zestawów

Po przygotowaniu kompletu zestawów badawczych według powyższego opisu, należy umieścić sześciany i podstawy w regulowanym termostatycznie pojemniku w wymaganej temperaturze badania na 90 min do 4 h, jeśli stosuje się łaźnię cieczową, lub na 3 h do 15 h jeśli stosuje się łaźnię powietrzną.

Regulacja wahadła

Umieścić urządzenie do badania kohezji na sztywnej, stabilnej podstawie i upewnić się, że jest w poziomie. Sprawdzić czy uderzająca krawędź wahadła jest nieuszkodzona i równa. Ustawić swobodnie zwisające wahadło w dolnej pozycji i upewnić się, że odczyt na tarczy wynosi $(0\pm0,5)^\circ$, jeśli to konieczne wyregulować skalę tarczy z podziałką.

Wyregulować położenie uchwytu mocującego, tak aby zestaw do badania był utrzymany w takiej pozycji, przy której krawędź uderzeniowa wahadła będzie równoległa do dolnej krawędzi sześcianu i będzie stykać się z sześcianem na całej jego długości, na wysokości $(2,0\pm0,2)$ mm powyżej góry ząbkowania podstawy sześcianu.

Ustawić wahadło w górnym położeniu i wskazówkę w kontakcie z wahadłem znajdującym się w górnym położeniu.

Bez umieszczania zestawu do badania (czyli sześcianu i podstawy) wielokrotnie zwolnić wahadło, aż kąt wychylenia wahadła będzie stały z dokładnością do $\pm0,5^\circ$ i przy sześciu kolejnych wahnięciach zostanie osiągnięte minimum 155,0°. Jeśli to konieczne wyregulować odpowiednio urządzenie trące wskazówki.

W górnym położeniu wahadło i wskazówka znajdują się pod kątem $(4,0\pm1,0)^\circ$ od pionu i dlatego do zwolnienia nie jest wymagany żaden impuls.

Ze względu na to, że system wstrzymujący wskazówkę jest wrażliwy na wahania temperatury, podczas przygotowywania aparatury i następnie w trakcie oznaczania, temperatura otoczenia powinna mieścić się w zakresie od 18°C do 28°C. W takim przypadku, energia rozproszona w tarciu, gdy wahadło waha się bez próbki, jest nieistotna w porównaniu z energią pochłoniętą przy rozrywaniu lepiszcza podczas badania.

Wybór temperatury badania

Należy wybrać temperaturę w trzech odstępach co 10°C, stosownie do zaobserwowanej konsystencji lepiszcza w temperaturze otoczenia, np. 10°C, 20°C i 30°C w przypadku asfaltów fluksowanych oraz 30°C, 40°C i 50°C w przypadku asfaltów czystych stabilizowanych lub modyfikowanych.

Następnie należy wybrać dodatkowe wartości temperatury badania, ażeby co najmniej:

a) jeden wynik był mniejszy od 0,4 J/cm^2 na obu końcach krzywej niskiej i wysokiej temperatury lub jeśli wartość 0,4 J/cm^2 nie została osiągnięta, oznaczyć wartość kohezji w -10°C i w +80°C;

b) trzy wyniki były wewnątrz 5°C (pięciostopniowego) zakresu temperatury największej kohezji;

c) przynajmniej jeden dodatkowy wynik znajdował się pomiędzy wartością szczytową i pomiędzy 40% a 60% wartości szczytowej po obu stronach krzywej, niskiej i wysokiej temperatury. Wartości temperatury, w których energia kohezji wynosi 0,5 J/cm^2, powinny być wybrane po obu stronach krzywej, niskiej i wysokiej temperatury. Jeżeli poprzednia temperatura nie może być osiągnięta, jeden dodatkowy wynik powinien zostać oznaczony, po obu stronach krzywej, niskiej i wysokiej temperatury, w temperaturze będącej połową różnicy pomiędzy wartością szczytową i najmniejszą wartością kohezji oznaczonej w a).

Jeśli lepiszcze już zostało zbadane można użyć odstępów większych lub mniejszych niż 10°C oraz inny zakres temperatury wybrany zgodnie z celem badania.

Przeprowadzenie pomiarów

Ustawić wahadło w górnym położeniu i wyzerować wskazówkę stykającą się z wahadłem a następnie otworzyć drzwi klatki ochronnej.

Przenieść zestaw do badania z otoczenia o kontrolowanej temperaturze i umocować za pomocą uchwytu w urządzeniu do badania, uważając aby zestaw został przemieszczony bez naruszenia sześcianu względem podstawy. Zamknąć drzwi klatki ochronnej i zwolnić wahadło. Upewnić się, że czas przeprowadzenia powyższego postępowania od momentu przeniesienia zestawu jest mniejszy niż 20 s oraz, że wszystkie badania w jednej danej temperaturze zostały przeprowadzone w ciągu 10 minut.

Zanotować z zaokrągleniem do 0,5 o kąt wychylenia α_1, wskazany przez wskazówkę.

Wyjąć z klatki ochronnej rozdzielone sześcian i 'podstawę sześcianu oraz sprawdzić powierzchnie stykające się z lepiszczem, pod względem błędów w sklejeniu (brak przyczepności). Jeśli na sześcianie lub podstawie widoczny jest obszar odkrytego metalu większy niż 5 mm^2, odrzucić wyniki i powtórzyć oznaczenie.

Sprawdzić krawędź uderzeniową wahadła. Jeśli przylega jakieś lepiszcze, usunąć je używając bibuły i małej ilości rozpuszczalnika.

Ponownie ustawić wahadło w górnym położeniu i wskazówkę w kontakcie z wahadłem. Zastąpić podstawę sześcianu inną, czystą podstawą i umieścić na tej podstawie wcześniej badany sześcian czystą ścianką do dołu. Zwolnić wahadło i zanotować, w zaokrągleniu do pół stopnia, kąt wychylenia α'_1 wskazany przez wskazówkę.

Powtórzyć oznaczenia z pozostałymi zestawami do badań i zanotować kąty α_1, α'_1,....., α_6, α'_6

Specjalne środki ostrożności

Wartość kohezji jest różnicą pomiędzy dwoma pomiarami z lepiszczem oraz bez lepiszcza. W celu osiągnięcia optymalnej dokładności oznaczenia należy zagwarantować seryjne wykonywanie pomiarów, tak

aby pomiary wykonywane były możliwie blisko siebie, tj. w odstępach nie dłuższych niż 2 min.

Podczas uderzenia w temperaturze bliskiej największej kohezji przerwanie lepiszcza może sporadycznie skutkować pozostawieniem lepiszcza na podstawie. Jeśli wahadło zetknie się z pozostałym lepiszczem, kąt wychylenia będzie zmniejszony. W celu uniknięcia ryzyka błędów ważne jest wykrycie tego zjawiska. Jeżeli wystąpi tego typu zjawisko należy przeprowadzić powtórne badanie w alternatywnej temperaturze.

Wskazówka umieszczona jest w płaszczyźnie równoległej do tarczy z podziałką, około 5 milimetrów od tarczy. Odczyty wskazówki są dokonywane w stałej odległości od tarczy, około 500 mm, w oświetleniu otoczenia, przy czym należy unikać rzucanych cieni oraz zwracać uwagę na błąd paralaksy.

Przedstawianie wyników (rozdział 8)

Wartości kąta wychylenia wahadła α (z lepiszczem) i α' (bez lepiszcza) należy podać w ° (gradusach) i zanotować w formularzu roboczym (patrz załącznik A – informacyjny).

E, energię zaabsorbowaną przez rozrywane lepiszcze, wyrażoną w dżulach, oblicza się z równania:

$$E = m \cdot g \cdot r \cdot (1 + \cos\alpha)$$

Nie należy dokonywać żadnej korekty początkowego kąta wahadła 4°.

E', energię zaabsorbowaną przez uderzenie, wyrażoną w dżulach, oblicza się z równania:

$$E' = m \cdot g \cdot r \cdot (1 + \cos\alpha')$$

Kohezję wyrażoną w J/cm^2 oblicza się z równania:

$$C = (E - E')/s = m \cdot g \cdot r \cdot (\cos\alpha - \cos\alpha')/s$$

w którym:

s – jest to powierzchnia przerwania (patrz definicja w rozdziale 4). Odpowiednio do wymiarów sześcianu (rysunek 3) powierzchnia s, która ma kontakt z lepiszczem, wynosi dokładnie 1 cm^2.

g – jest przyśpieszeniem ziemskim, tj. g = 9,81 m/s^2

Każdy kąt α oraz α' jest przeliczany na wartość energii E oraz E', wyrażoną w dżulach. Wartość średnia (E – E') jest określana z czterech lub sześciu oznaczeń wykonanych w tej samej temperaturze. Badana powierzchnia wynosi 1 cm^2, a wartość kohezji wyraża się w J/cm^2.

Na podstawie wyników oznaczeń z danego zakresu temperatury należy sporządzić wykres na prostoliniowym układzie współrzędnych, mającym osie temperatury i kohezji. Wykreślić przez punkty wyrównaną krzywą gładką oraz wyznaczyć największą wartość kohezji (C_m) i odpowiadającą jej temperaturę (T_m).

Norma EN 13588 zaleca przygotowanie tabeli z odpowiednimi do danego urządzenia pomiarowego wartościami α i E, zamiast przeprowadzania za każdym razem obliczeń.

Precyzja (rozdział 9)

Norma EN 13588 podaje precyzję metody oznaczania kohezji:

- asfaltów czystych (powtarzalność nie może przekroczyć 0,06 J/cm^2, odtwarzalność nie może przekroczyć 0,18 J/cm^2);
- asfaltów modyfikowanych polimerami (powtarzalność nie może przekroczyć 0,10 J/cm^2, odtwarzalność nie może przekroczyć 0,36 J/cm^2).

Protokół badań (rozdział 10)

W końcowym rozdziale omawianej normy wymieniono zestaw minimalnych informacji, które powinny być podane w protokóle badań. Są to: dane dotyczące rodzaju i identyfikacji próbki, temperatura otoczenia podczas wykonywania oznaczeń, największa kohezja i odpowiadająca jej temperatura, masa wahadła, oświadczenie potwierdzające dostępność w laboratorium termicznej historii próbki lepiszcza, data przeprowadzenia badania oraz powołanie normy EN 13588 a także wszystkie odchylenia, uzgodnione lub nie, od ustalonej w tej normie metody oznaczenia.

Od Autora

Wdrożenie do praktyki laboratoryjnej prezentowanej normy niesie za sobą konieczność zainwestowania w urządzenie badawcze wraz z całą „infrastrukturą" oraz stworzenia nowego stanowiska pomiarowego w laboratorium.

Jednakże zastosowanie metodyki według EN 13588:2008 pozwoli na proste jednoznaczne określenie wartości kohezji różnych lepiszczy. Metoda opisana w normie pozwala na wykonanie oznaczenia kohezji wszystkich typów lepiszczy asfaltowych wykorzystywanych w praktyce drogowej; tak czystych, jak i modyfikowanych oraz upłynnionych, a także odzyskanych z emulsji asfaltowych. Pozwala także na prześledzenie zmian wartości kohezji w funkcji temperatury. Znajomość wartości kohezji lepiszcza w połączeniu ze znajomością innych danych otrzymanych podczas wykonywania specjalistycznych oznaczeń (np. nawrót sprężysty, lepkość, penetracja, PiK itd.) pozwoli na optymalne dobranie lepiszcza do zamierzonego zastosowania, a przez to wpłynie na jakość i bezpieczeństwo nawierzchni drogowych.

Zaprezentowana w niniejszym artykule metodyka badawcza jest opisana na podstawie projektu polskiej wersji normy EN 13588:2008. Tekst tego projektu jest wiernym tłumaczeniem EN z języka angielskiego, a następnie weryfikowany z tożsamą normą w języku niemieckim. Ostateczny tekst normy oraz zawarte w niej zwroty mogą ulec zmianie w wersji, która będzie opublikowana przez Polski Komitet Normalizacyjny.

Informacje dla dociekliwych

Na początku artykułu podane zostało, zgodnie z ogólną definicją, że miarą kohezji jest iloraz pracy, jaką należy wykonać do rozerwania określonej substancji i powierzchni powstałej w skutek tego rozerwania:

$$C = \frac{W}{s} \ [J/cm^2]$$

W przypadku omawianej normy kohezja zdefiniowana została jako „...energia przypadająca na jednostkę powierzchni wymagana do pełnego oderwania sześcianu od podstawy, wcześniej złączonych powierzchni sześcianu i podstawy całkowicie pokrytych lepiszczem...".

Zaczynamy mówić o energii a nie o pracy. Skąd ta różnica? Otóż zawieszenie na pewnej wysokości wahadła spowoduje dostarczenie mu

energii potencjalnej Ep. Po zwolnieniu wahadła energia potencjalna zostaje (proporcjonalnie do aktualnej wysokości) zamieniona na energię kinetyczną Ek, tzn. wraz ze wzrostem prędkości wahadła wzrasta wartość energii kinetycznej natomiast wraz z obniżeniem wysokości wahadła spada wartość energii potencjalnej. Pamiętając, że całkowita energia układu równa jest sumie poszczególnych typów energii, zgodnie ze wzorem:

$$Ec = Ep + Ek$$

oraz to, że ciało o masie m wprawione w ruch postępowy jednostajnie zmienny pod działaniem stałej siły F, która na drodze s nada mu prędkości v, ma energię kinetyczną Ek równą pracy W wykonanej na tej drodze, zatem otrzymujemy:

$$Ek = W$$

Objaśnienia: Ep – energia potencjalna, Ek – energia kinetyczna, Ec – energia całkowita układu, W – praca

Załącznik A (informacyjny)
Formularz

Charakter, typ lepiszcza:

Data:

Temperatura otoczenia:

Uwagi:

Nazwisko osoby odpowiedzialnej za badanie:

Podpis osoby odpowiedzialnej za badanie:

	TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)				
	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$
	A	E	α'	E'		α	E	α'	E'	
	ŚREDNIA ENERGIA (J)					ŚREDNIA ENERGIA (J)				
	KOHEZJA (J/cm^2)					KOHEZJA (J/cm^2)				

Nr badania	TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)				
	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$
	A	E	α'	E'		A	E	α'	E'		α	E	α'	E'	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
	ŚREDNIA ENERGIA (J)					ŚREDNIA ENERGIA (J)					ŚREDNIA ENERGIA (J)				
	KOHEZJA (J/cm^2)					KOHEZJA (J/cm^2)					KOHEZJA (J/cm^2)				

Nr badania	TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)				
	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$	Z lepiszczem		Bez lepiszcza		$E - E'$
	A	E	α'	E'		A	E	α'	E'		α	E	α'	E'	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
	ŚREDNIA ENERGIA (J)					ŚREDNIA ENERGIA (J)					ŚREDNIA ENERGIA (J)				
	KOHEZJA (J/cm^2)					KOHEZJA (J/cm^2)					KOHEZJA (J/cm^2)				
	TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)					TEMPERATURA (°C)				

Nawierzchnie z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad

Marek Danowski*

Wstęp

Mieszanka mineralno-asfaltowa składa się z asfaltu względnie lepiszcza zawierającego asfalt oraz kruszywa. Może ona występować nie tylko w formie przemysłowej wytwarzanej przez człowieka, ale również jako materiał naturalny. Jedną z takich najbardziej znanych i stosowanych w Niemczech naturalnych mieszanek mineralno-asfaltowych[1)], jest materiał występujący pod nazwą handlową Trynidad Epuré (w języku francuskim „Epuré" – oznacza oczyszczony).

[1)] Uwaga: W technicznym języku niemieckim termin „Asphalt" oznacza mieszankę mineralno-asfaltową. W języku polskim „asfalt" – obejmuje wyłącznie samo lepiszcze. Omawiany w niniejszym artykule materiał Trynidad Epuré nie jest „czystym" lepiszczem, ponieważ zawiera drobne frakcje kruszywa, a tym samym stanowi rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej, składającej się z asfaltu (naturalnego) ze znacznym udziałem składników mineralnych (ok. 50%). W dalszej treści artykułu będzie używany termin „asfalt naturalny", którym w Polsce określa się takie materiały jak np. Trynidad Epuré.

Asfalt naturalny Trynidad Epuré (dalej zwany Trynidad), stosowany jako dodatek do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych, jest modyfikatorem właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych i poprawia cechy użytkowe wykonanych z nich warstw asfaltowych.

W niniejszym artykule przedstawiono (na podstawie publikacji zamieszczonej w czasopiśmie Asphalt nr 1/2008) doświadczenia ze stosowania tego dodatku do wykonywania trwałych nawierzchni drogowych, w okresie ostatnich kilku dziesięcioleci, aż do chwili obecnej.

Asfalty naturalne powstały poprzez zmieszanie pozostałości ropy naftowej z drobnym piaskiem oraz kruszywem pochodzącym z erupcji wulkanicznych. Twardnienie łatwo parujących składników w ropie doprowadziło do przemieszczeń oraz zmian w łańcuchach węglowodorowych występujących w wytworzonej mieszaninie ropy i kruszywa. Wskutek długotrwałego oddziaływania dwóch połączonych czynników tzn. ciśnienia i temperatury, które występowały w ciągu kilku milionów lat doszło do wytworzenia tego naturalnego rodzaju lepiszcza asfaltowego, którego zasoby na świecie są znaczne. W zależności od miejsca powstania asfalty naturalne występujące w różnych częściach świata charakteryzują się odmiennym składem i jakością tzn. przydatnością do wykonywania nawierzchni asfaltowych.

W tabeli 1 zestawiono występujące na świecie rodzaje asfaltów naturalnych.

Najbardziej znany i mający największe zastosowanie w budownictwie drogowym asfalt naturalny pochodzi z jeziora o nazwie „Pitch Lake", znajdującego się na najdalej na południe położonej wyspie w archipelagu Karaibów tj. wyspie Trynidad (fot. 1).

Jezioro na wyspie Trynidad stanowi jedno z największych złóż asfaltu naturalnego oraz od wielu lat źródło jego pozyskiwania. Powstanie tego złoża stanowi wynik nakładania się na siebie dwóch płyt tektonicznych, jakie występują w strefie przypowierzchniowej na kuli ziemskiej. Jezioro na wyspie Trynidad w najszerszym miejscu osiąga szerokość około 900 m, a jego powierzchnia wynosi około 80 ha. Obecnie powierzchnia eksploatowana, z której dokonuje się wydobycia asfaltu obejmuje obszar około 20 ha. W dnie jeziora występuje zagłębienie

Tabela 1. Występujące rodzaje asfaltów naturalnych

Znane asfalty naturalne					
Nazwa (pochodzenie)	Krótki opis	Lepiszcze asfaltowe			Kruszywo
		Zawartość % wag.	Temperatura mięknienia PiK °C	Penetracja 0,1 mm	Zawartość % wag
Utah (USA)	Wysoka zawartość lepiszcza asfaltowego; asfalt twardy i kruchy	98	132-185	0	2
Selenizza (Albania)	Wysoka zawartość lepiszcza asfaltowego; asfalt twardy i kruchy	79	121	0	21
Trynidad Epuré (Trynidad)	Udział asfaltu wyrównany; asfalt średnio-twardy z dużą siłą wiązania, zawiera bardzo drobne kruszywo o szczególnej strukturze	54	68-78	3-12	46

* *mgr inż. Marek Danowski – GDDKiA Oddział w Warszawie*

Fot. 1. Jezioro „Pitch Lake" na wyspie Trynidad w archipelagu Karaibów

w formie stożka, którego głębokość dochodzi do 90 m. W rezultacie stałego dopływu z podziemnych kawern objętość asfaltu naturalnego w jeziorze znajduje się ciągłym ruchu. Powoduje to przemieszanie się zgromadzonego w nim lepiszcza, a poprzez ten ruch uzyskiwana jest jednorodność asfaltu.

Ważnym aspektem, który związany jest z prawidłową eksploatacją złoża jest ochrona środowiska, ponieważ w obrębie jeziora płyną potoki ze słodką wodą, w których występują liczne gatunki ryb. Zachowany musi być także charakterystyczny krajobraz tego jeziora z powierzchniowymi rozlewiskami wodnymi.

Po wydobyciu asfalt naturalny poddawany jest na miejscu oczyszczeniu i przygotowaniu do wysyłki w takiej formie, w której może być użyty bezpośrednio do produkcji w wytwórniach mieszanek mineralno-asfaltowych. Właściwości asfaltu naturalnego Trynidad w czasie eksploatacji nawierzchni zmieniają się w bardzo niewielkim stopniu. Nie stwierdzono powstawania produktów pochodzących z rozpadu, które mogłyby utrudniać powtórne wykorzystanie ułożonych warstw nawierzchniowych z jego dodatkiem.

Ze względu na korzystne właściwości użytkowe jak też reologiczne, również w porównaniu do innych asfaltów występujących w różnych rejonach świata, asfalt naturalny z wyspy Trynidad znajduje od lat szerokie zastosowanie do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. W tabeli 2 przedstawiono odmiany w jakich dostępny jest ten asfalt naturalny.

W zależności od rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej ustalony optymalny dodatek asfaltu naturalnego Trynidad wynosi 1-2 % wag. w stosunku do mieszanki. W wyniku wprowadzenia dodatku w tej ilości uzyskuje się znaczące zmiany właściwości wytwarzanych mieszanek oraz wykonanych warstw nawierzchni.

Stosowanie asfaltu naturalnego Trynidad

Pierwsza nawierzchnia z zastosowaniem dodatku asfaltu naturalnego Trynidad wykonana została już 130 lat temu na ulicy w Nowym Jorku (5-ta Aleja). Wraz ze wzrostem motoryzacji i rozwojem budownictwa drogowego asfalt naturalny z jeziora „Pitch Lake" zaczął być stosowany

Tabela 2. Produkowane odmiany asfaltu naturalnego Trynidad

	Włókna	TE Z/o/8	NAF_{501}	$TP_{50/50}$	$TP_{60/40}$	$TLC_{50/50}$
Trynidad Epuré	100% wag.	100% wag.	83% wag.	50% wag.	60% wag.	45% wag.
Mączka wapienna				50% wag.	40% wag.	50% wag.
Włókna celulozowe			17% wag.			
Polimer						2,5% wag.

również w niektórych krajach europejskich. Nastąpiło to wkrótce po zakończeniu pierwszej wojny światowej.

W Niemczech zastosowanie dodatku asfaltu naturalnego Trynidad ma miejsce od końca lat 50-tych ubiegłego stulecia. W okresie początkowym stosowany był na inwestycjach autostradowych – jako dodatek do produkcji asfaltu lanego na warstwy ścieralne. Odcinki z wykonanymi wówczas nawierzchniami eksploatowane są do chwili obecnej tzn. żywotność ich wynosi ponad 30-ci lat, a na niektórych odcinkach po tych nawierzchniach w dalszym ciągu odbywa się ruch pojazdów.

Na podstawie licznych zrealizowanych w przeszłości odcinków nawierzchni można stwierdzić, że dodatek asfaltu naturalnego Trynidad zalecany jest przede wszystkim do wytwarzania asfaltów lanych przeznaczonych do wykonania warstw ścieralnych dróg silnie obciążonych ruchem.

Szczególnie korzystne jest oddziaływanie dodatku asfaltu Trynidad na urabialność i zagęszczalność mieszanek mineralno-asfaltowych. Uzyskuje się ponadto wyraźne podwyższenie odporności na odkształcenia plastyczne warstw wykonanych z tym dodatkiem. Asfalt naturalny Trynidad może być stosowany nie tylko do asfaltu lanego, ale również do mieszanek mineralno-asfaltowych wałowanych, zarówno do warstw wiążących jak i ścieralnych.

Wymagania wobec nawierzchni

Wymagania dotyczące nowoczesnych nawierzchni drogowych oraz materiałów stosowanych do ich budowy ciągle wzrastają. Zasadniczym powodem tego stanu jest stały wzrost oczekiwań użytkowników dróg w stosunku do podstawowych właściwości nawierzchni, głównie w zakresie cech powierzchniowych tj. równości i właściwości przeciwpoślizgowych, a która to tendencja obejmuje również przemysł wytwarzający samochody i producentów opon. Kolejnym poważnym czynnikiem, z jakim mamy obecnie do czynienia, jest zwiększenie ilościowego udziału pojazdów ciężkich w ogólnym ruchu drogowym, w tym również wzrost nacisków jednostkowych na oś pojazdu ciężarowego. Nawierzchnie drogowe obciążone intensywnym ruchem muszą być odporne na ekstremalne naciski wywoływane oddziaływaniem pojazdów, jak również wskutek zróżnicowanych czynników klimatycznych.

W celu spełnienia postawionych wysokich wymagań, jak również uzyskania odpowiedniej efektywności ekonomicznej zastosowanych rozwiązań, nawierzchnie drogowe muszą spełniać szereg kryteriów takich jak:

- ❖ odporność na powstawanie odkształceń trwałych,
- ❖ odporność na procesy starzeniowe,

❖ wytrzymałość na pękanie zmęczeniowe,
❖ odpowiednia szorstkość,
❖ odporność na powstawanie spękań.

Warunki, które należy uznać za niezbędne do uzyskania odpowiednio wysokiej odporności nawierzchni na powstawanie uszkodzeń to:

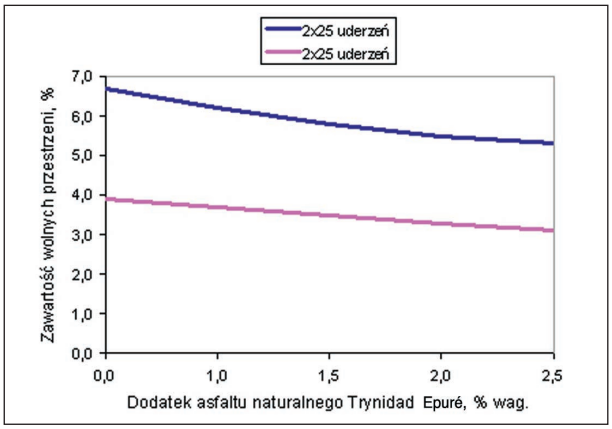
❖ uwzględnianie wszystkich istotnych czynników przy projektowaniu (wymiarowaniu) nawierzchni,
❖ odpowiedni dobór materiałów kamiennych,
❖ optymalne zagęszczenie warstw asfaltowych,
❖ mała wodoprzepuszczalność warstw,
❖ dobre powinowactwo asfaltu do kruszyw.

W tym zakresie, obok właściwego doboru mieszanki mineralnej, istotne znaczenie ma właśnie wybór lepiszcza asfaltowego, które musi zapewnić odpowiednio długą żywotność wykonanej nawierzchni. Należy jednak mieć zawsze na uwadze zasadniczy fakt, że obok poświęcenia jak największej uwagi doborowi składu mieszanki mineralno-asfaltowej, nieodzownym elementem jest prawidłowe wykonanie robót, niezbędne do uzyskania odpowiednich właściwości nawierzchni. Z tego powodu należy tak zaprojektować mieszankę mineralno-asfaltową, aby oprócz odpowiednich właściwości strukturalnych i reologicznych, charakteryzowała się korzystnymi właściwościami w zakresie zagęszczalności. W przypadku niektórych mieszanek konieczne jest użycie dodatkowej energii do zagęszczania układanych warstw, co w konsekwencji może okazać się szkodliwe dla wbudowywanej mieszanki.

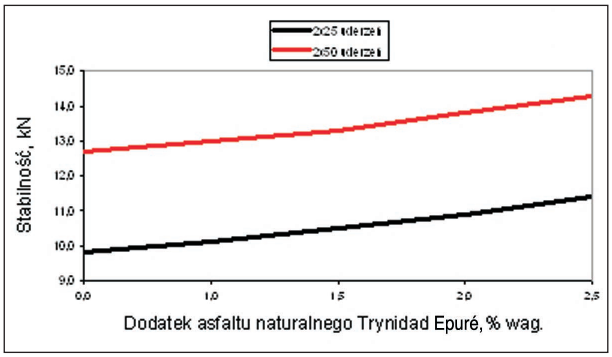
Informacje dotyczące wpływu asfaltu naturalnego Trynidad

W latach 80-tych ubiegłego stulecia w niemieckiej literaturze technicznej opublikowane zostały obszerne artykuły dotyczące zastosowania dodatku asfaltu naturalnego Trynidad do wykonania nawierzchni. Znane autorytety w dziedzinie drogownictwa w Niemczech jak prof. Arand, prof. Schellenberg, prof. Radenberg i szwajcarski inżynier M. Blumer zajmowali się tą tematyką i są autorami publikacji zawierających informacje aktualne do chwili obecnej. W szczególności należy tu wymienić publikację prof. Aranda z 1990 r. o wpływie dodatku asfaltu Trynidad na zagęszczalność mieszanek mineralno-asfaltowych. Ważnym elementem tej publikacji jest przedstawiona zależność jaka zachodzi pomiędzy uzyskiwaną zawartością wolnych przestrzeni w mieszankach wałowanych a energią potrzebną do zagęszczenia próbek. Zmienną energię uzyskiwano poprzez różne ilości uderzeń ubijaka w aparacie Marshalla. W celach porównawczych wykonywane były mieszanki z użyciem asfaltu drogowego charakteryzującego się małą lepkością, przy zmiennym tzn. wzrastającym dodatku asfaltu naturalnego. Próbki formowane były z taką samą zawartością łączną lepiszcza i wypełniacza oraz z jednakową energią zagęszczania (temperatura zagęszczania wynosiła 135°C). Wyniki uzyskane w tych badaniach (rys. 1 i 2) wskazują, że wraz ze zwiększaniem dodatku asfaltu naturalnego uzyskiwane były coraz mniejsze zawartości wolnych przestrzeni, przy równoczesnym stwierdzanym wzroście stabilności według metody Marshalla.

Kolejnym istotnym zagadnieniem oceny była znana już od wielu lat problematyka zapewnienia odpowiedniej odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na tworzenie się odkształceń plastycznych wskutek nacisków pochodzących od kół pojazdów samochodowych. Prof. Radenberg



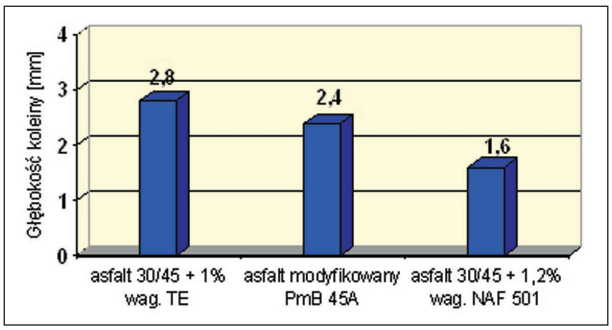
Rys. 1. Zmniejszenie zawartości wolnych przestrzeni w wyniku dodalku asfaltu naturalnego (TE)



Rys. 2. Wzost stabilności Marschalla w wyniku dodalku asfaltu naturalnego (TE)

opublikował w 1997 r. wyniki badań porównawczych dotyczących oceny odporności na odkształcenia plastyczne m. in. różnego rodzaju warstw wiążących z betonu asfaltowego 0/22 S. Badania prowadzono w urządzenia koleinującym stosowanym wówczas w Niemczech. tzn. wg metody określanej jako Spurbildungsversuch. Zawartość lepiszcza asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej była stała tzn. wynosiła 4 % wag., natomiast jako lepiszcze stosowano różne rodzaje asfaltów.

Rysunek 3 przedstawia porównanie odporności na koleinowanie trzech mieszanek ocenianych w ramach tego programu badawczego. Mieszanki wykonane z użyciem asfaltu modyfikowanego polimerem PmB 45 A oraz asfaltu 30/45 z dodatkiem 1,0% wag. asfaltu Trynidad Epuré



Rys. 3. Badanie koleinowania betonu asfaltowego na warstwę wiążąca (Abi 0/22 S) z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad Epurè

(odmiany TE) wykazały wysoką odporność na odkształcenia plastyczne, najkorzystniejszy wynik uzyskano dla mieszanki wytworzonej z asfaltem 30/45 i dodatkiem NAF (odmiana asfaltu naturalnego Trynidad).

Stosowanie asfaltu naturalnego Trynidad w przyszłości

Pomimo stałego notowanego wzrostu znaczenia asfaltów modyfikowanych polimerami w budownictwie drogowym, jak również potencjalnych możliwości innych jeszcze rodzajów nowych modyfikacji lepiszczy, stosowanie asfaltu naturalnego zarówno obecnie jak i w przyszłości, należy uznać za konieczne. Na podstawie wieloletniej praktyki okazało się, że stały skład jakim charakteryzuje się asfalt naturalny Trynidad umożliwia wytwarzanie z jego użyciem jednorodnych mieszanek mineralno-asfaltowych. Stanowi to dla administracji drogowej tj. zleceniodawców inwestycji drogowych bardzo ważne kryterium przemawiające za stosowaniem tego naturalnego materiału. Dodatkowo należy podkreślić, że stałym celem dostawcy asfaltu było i jest dostosowanie form dostaw tego lepiszcza do zmieniających się w czasie wymagań odbiorców, w czym istotną rolę odgrywają aktualne możliwości sprzętowe wytwórców mieszanek mineralno-asfaltowych.

Asfalt lany

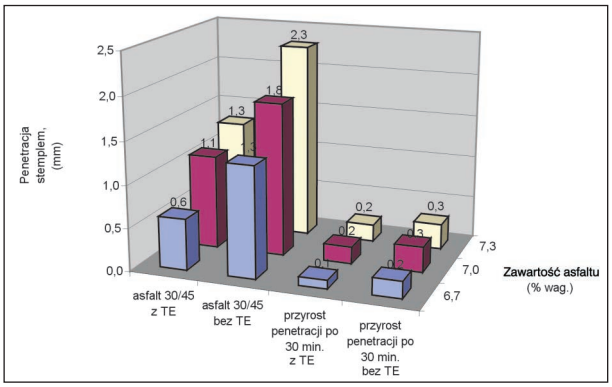
Podobnie, jak to miało miejsce w przeszłości, również obecnie modyfikacja dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad stanowi w Niemczech istotny obszar działania związany z wykonywaniem nawierzchni z tego rodzaju mieszanek mineralno-asfaltowych. Zastosowanie dodatku asfaltu naturalnego ma od dawna miejsce przy wykonywaniu z asfaltu lanego zarówno warstw ochronnych jak i ścieralnych na obiektach mostowych. Asfalt lany znajduje w Niemczech w dalszym ciągu szerokie zastosowanie jako warstwa ścieralna na realizowanych autostradach i drogach ekspresowych, czyli nawierzchniach poddanych bardzo dużym obciążeniom ruchem pojazdów. Asfalt lany charakteryzuje się, jak wiadomo, bardzo dobrymi właściwościami użytkowymi, natomiast dodatek asfaltu Trynidad poprawia jeszcze w istotnym stopniu odporność na zużycie, właściwości przeciwpoślizgowe oraz żywotność nawierzchni.

Na rysunku 4 przedstawiony został wpływ modyfikacji dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad na wzrost odporności asfaltu lanego na odkształcenia trwałe w zależności od ilości użytego lepiszcza. Ocenę tej właściwości dokonano metodą statycznej penetracji stemplem. W celach porównawczych przedstawiono również wartości penetracji uzyskane w przypadku użycia wyłącznie asfaltu zwykłego 30/45.

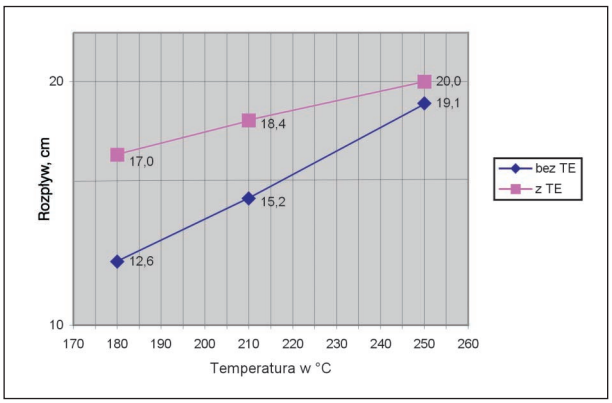
Pomimo istotnego podwyższenia sztywności (lepkości) w przedziale użytkowym, dodatek asfaltu naturalnego Trynidad powoduje wyraźną poprawę urabialności mieszanki mineralno-asfaltowej. Poprawa ta zauważalna jest szczególnie w trakcie ręcznego układania asfaltu lanego, a wbudowywanie zarówno sztywnego jak i „łatwo urabialnego" asfaltu lanego znane jest dobrze wykonawcom robót.

Rysunek 5 uwidacznia efekt polepszenia urabialności poprzez dodatek asfaltu naturalnego. Podstawę wyników stanowi badanie rozpływu według normy DIN 1060 Część 3.

Miarę urabialności stanowi średnica rozpływu asfaltu lanego, ustalona w wyniku poziomego rozprzestrzenienia się określonej ilości mieszanki w zależności od temperatury oraz jej sztywności.



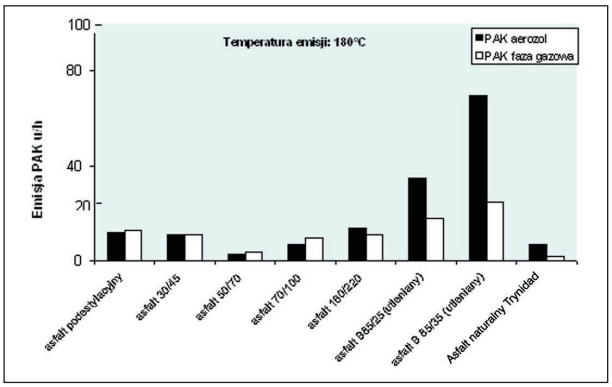
Rys. 4. Badanie głębokości statyczej penetracji stemplem asfaltu lanego (GA 0/8) z dodatkiem lub bez asfaltu naturalnego Trynidad Epurè



Rys. 5. Urabialność asfaltu lanego (GA 0/8)

Zmniejszenie emisji substancji szkodliwych

W przypadku układania warstw z asfaltu lanego w przeszłości wielokrotnie omawiano sprawę poprawy w zakresie emisji substancji szkodliwych, co wiąże się z obniżeniem wymaganej temperatury wbudowywania tego rodzaju mieszanki. Szeroki zakres przeprowadzonych badań pozwolił stwierdzić, że generalnie nie wydzielają się szkodliwe substancje zakwalifikowane jako rakotwórcze, będące wynikiem oddziaływania wysokiej temperatury do jakiej podgrzewane jest lepiszcze asfaltowe. Tym niemniej ustalony został dopuszczalny poziom emisji par i aerozoli w ilości 10 mg/m^3. Na rysunku 6 przedstawiono porównanie stwier-



Rys. 6. Emisje PAK (policykliczne węglowodory aromatyczne) z różnych asfaltów

dzonych wielkości emisji policyklicznych węglowodorów aromatycznych dla lepiszcza asfaltowego wydzielonego z asfaltu Trynidad oraz innych stosowanych w praktyce rodzajów asfaltów drogowych.

Wartość emisji 10 mg/m3 stanowi granicę, która jest możliwa do osiągnięcia przy obniżeniu temperatury wbudowywania asfaltu lanego do 220°C. Liczne przykłady praktycznych zastosowań asfaltu lanego wykazały, że temperatura wbudowywania poniżej 220°C jest możliwa jeśli zastosuje się dodatek asfaltu naturalnego Trynidad.

Od 2007 r. zagadnienie emisji substancji szkodliwych stanowi przedmiot badań, które mają również na celu ocenę urabialności asfaltów lanych w zależności od temperatury i rodzaju zastosowanego lepiszcza. Programem badawczym objęte zostały mieszanki o uziarnieniu 0/5 mm z użyciem asfaltu zwykłego 30/45 z dodatkiem 2% wag. asfaltu Trynidad, jak również tzw. wariant referencyjny z asfaltem twardym rodzaju 20/30. Właściwości mechaniczne i materiałowe jak odporność na tworzenie się odkształceń, wielkość statycznej penetracji stemplem (dopuszczalne zagłębienie $\leq$2 mm), zostały przyjęte identycznie dla wszystkich ocenianych mieszanek. Jednakowe lepkości mieszanek mineralno-asfaltowej były oceniane poprzez pomiar oporu występującego w trakcie mieszania składników w mieszarce laboratoryjnej. Osiągnięte to zostało w wariancie z asfaltem modyfikowanym przy obniżeniu temperatury o 10-15°C w porównaniu do wariantu z asfaltem 20/30. Prognozowana temperatura wbudowywania asfaltu lanego ustalona w ramach tego doświadczenia w przypadku wariantu z dodatkiem asfaltu naturalnego wynosi 210°C. Badania te są kontynuowane na Uniwersytecie w Bochum. Dotychczasowe ich wyniki potwierdzają, że dodatek asfaltu naturalnego Trynidad umożliwia obniżenie temperatury zagęszczania. Końcowym efektem pracy badawczej ma być publikacja dotycząca całości uzyskanych wyników, jak i opracowanie przez niemiecki Federalny Instytut Drogowy (BASt) zbiorczych zaleceń w sprawie gotowych wyrobów oraz dodatków obniżających temperaturę mieszanek mineralno-asfaltowych.

Inwestycje zrealizowane w 2007 r.

W 2007 r. zrealizowano w Niemczech i innych krajach europejskich wiele odcinków dróg z użyciem dodatku asfaltu naturalnego Trynidad. Przykładowo wykonano odcinki na autostradzie A 61 odcinek Gau – Bickelheim, nawierzchnię w obrębie skrzyżowania autostrad A 7 i A 5 w pobliżu miejscowości Fernwald (fot. 2). W przypadku obiektów inżynierskich wykonano nawierzchnię na obiekcie mostowym w ciągu autostrady A3, jak również na obiekcie mostowym w m. Ohlstadt w ciągu autostrady A 95.

Mieszanki mineralno-asfaltowe zagęszczane

Obok stosowania dodatku asfaltu naturalnego Trynidad do budowy nawierzchni z asfaltu lanego, korzystne właściwości uzyskiwane poprzez dodatek tego materiału wykorzystywane są również przy wykonywaniu warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych zagęszczanych tzn. betonów asfaltowych.

W przypadku powierzchni o bardzo dużym obciążeniu ruchem pojazdów dodatek tego lepiszcza ma miejsce zarówno do warstw wiążących jak i ścieralnych (fot. 3).

Fot. 2. Wbudowywanie warstwy ścieralnej z asfaltu lanego na autostradzie A5 w Hesji (Niemcy)

Informacje dotyczące poprawy urabialności i odporności na odkształcenia warstw z mieszanek typu zagęszczanego z zastosowaniem dodatku asfaltu naturalnego były kilkakrotnie publikowane w związku z wykonaniem odcinka próbnego (doświadczalnego) nawierzchni ulicy w Berlinie („Berliner Heerstrasse").

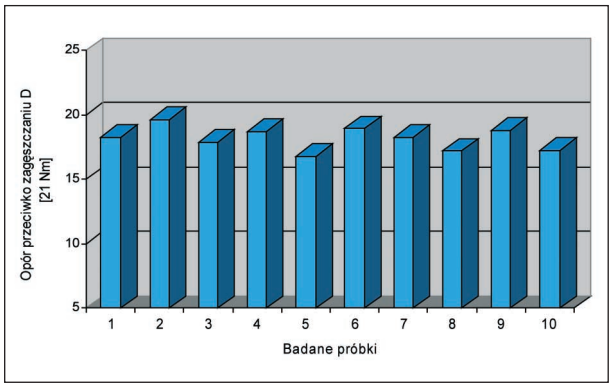
Fot. 3. Wbudowywanie warstwy ścieralnej z SMA z dodatkiem asfaltu naturalnego w miejscowości Wismar (Niemcy)

Aktualne badania

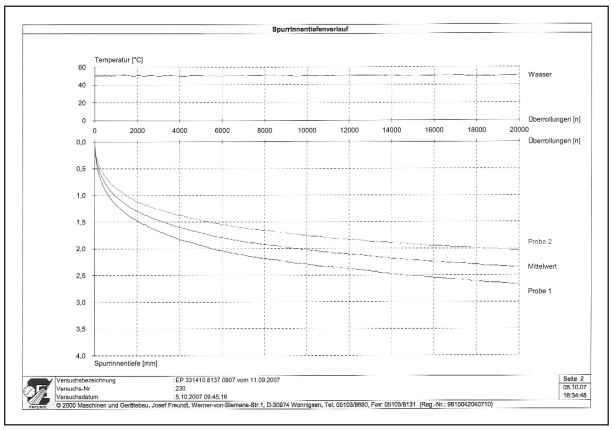
W zakresie badań zrealizowanych w 2007 r. można przedstawić doświadczenie wykonane w Brandenburgii, a dotyczące nawierzchni z betonu asfaltowego 0/11 S o zwiększonej zawartości w mieszance udziału piasku łamanego. Wykonano badania urabialności i odporności na odkształcenia. Jako lepiszcze zastosowano asfalt 50/70, który był zmodyfikowany dodatkiem 1,5% wag. asfaltu naturalnego Trynidad. Uzyskano niskie wartości D [21 Nm], co charakteryzuje dobrze zagęszczalną i jednorodną mieszankę.

W celu oceny odporności na powstawanie odkształceń trwałych użyto uformowanych płytowych próbek betonu asfaltowego według „Technicznych przepisów dotyczących badań mieszanek mineralno-asfaltowych. Część: Badanie koleinowania" (niem. *Technische Prüfvorschriften*

für Asphalt – TP Asphalt – StB). Przebiegi krzywych koleinowania uzyskane w przedziale do 20 000 cykli przy zastosowaniu koła stalowego, wykazały średnią wartość odkształcenia wynoszącą 2,35 mm (rys. 8). Obok stwierdzonej dobrej zagęszczalności, oceniany beton asfaltowy można zaklasyfikować jako odporny na odkształcenia. Wykonane warstwy z mieszanek mineralno-asfaltowych typu zagęszczanego z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad zastosowane na powierzchniach o bardzo dużym obciążeniu ruchem, takich jak skrzyżowania z ruchem okrężnym, wloty do skrzyżowań na których często dochodzi do spiętrzeń ruchu oraz na pasach wydzielonych dla ruchu autobusów i w zatokach autobusowych, zachowują się generalnie bardzo dobrze. Coraz większe znaczenie w związku ze stosowaniem dodatku asfaltu naturalnego mają wprowadzane innowacje w zakresie składu mieszanek mineralno-asfaltowych.



Rys. 7. Opór przeciw zagęszczaniu „D" betonu asfaltowego dla ruchu ciężkiego (AB 0/11 S)



Rys. 8. Raport z badania koleinowania betonu asfaltowego (BA 0/11 S) w wodzie w temperaturze +50°C (dolna krzywa – próbka 1, górna krzywa – próbka 2, środkowa krzywa – wartość średnia), oś x – ilość przejść koła [n], oś y – głębokość koleiny [mm], temperatura [°C]

W szeregu niemieckich krajów związkowych np. w Saksonii, Meklemburgii-Pomorze Przednie i na terenie Brandenburgii wykonano znaczną ilość odcinków odnów nawierzchni z użyciem omawianego asfaltu naturalnego. Dodatek ten okazał się bardzo korzystnym rozwiązaniem. Szczególnie dotyczy to cienkich dywaników układanych na gorąco, które bardzo szybko ulegają schłodzeniu z uwagi na nieduże grubości tj. poniżej 2 cm. Z tego powodu łatwo zagęszczająca się mieszanka mineralno-asfaltowa jaką uzyskuje się dzięki dodatkowi asfaltu Trynidad stanowiła podstawę sukcesu przy tego typu rozwiązaniach technologicznych.

Przepisy dotyczące asfaltu naturalnego

Możliwość zastosowania asfaltu naturalnego Trynidad jako środka modyfikującego znajduje odzwierciedlenie w odnośnych przepisach niemieckich. W innych państwach europejskich stosowanie dodatku tego materiału następowało na podstawie oddzielnych przepisów obowiązujących w danym państwie. W Niemczech podstawowe dokumenty w tym zakresie to: „Instrukcja stosowania asfaltu naturalnego w drogownictwie – wydanie z 1990 r." (niem. *Merkblatt für die Verwendung von Naturasphalt im Straßenbau – Ausgabe 1990*) i „Warunki techniczne dostaw – wydanie z 1974 r." (niem. *Technische Lieferbedingungen – Ausgabe 1974*). Obydwa dokumenty zostały opracowane przez Stowarzyszenie Badawcze Drogownictwa i Transportu (niem. *Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrswesen – FGSV*) a następnie wprowadzone do stosowania pismem okólnym Federalnego Ministra Transportu (niem. *Bundesminister für Verkehr*). Zalecenia w sprawie dodatku asfaltu naturalnego zawarte były również w normie DIN 18317 oraz stanowiły część składową przepisu „Dodatkowe techniczne warunki umów i wytyczne wykonywania nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych" (niem. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt – ZTV Asphalt-StB*).

System norm krajowych, funkcjonujący dotychczas w poszczególnych krajach Unii Europejskiej, zastąpiony został przez europejski system zharmonizowanych norm na wyroby budowlane. Na podstawie dyrektywy UE „Wyroby budowlane" (89/106/EEC) Komisja Europejska i Stowarzyszenie Wolnego Handlu udzieliło Europejskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu (CEN) mandatu (zlecenia) na opracowanie pakietu Norm Europejskich dotyczących mieszanek mineralno-asfaltowych. Zgodnie z tym mandatem (M/124 I D) Komitet Techniczny CEN (TC 227) opracował i opublikował pakiet Norm Europejskich serii EN 13108 Części 1-8 oraz 20 i 21.

W normie EN 13108 – Część 4 w Załączniku B podano informacje w sprawie użycia asfaltu naturalnego Trynidad (tabele nr 3 i 4).

W punkcie B. 4 Załącznika B do ww. normy zastosowanie tego asfaltu zostało opisane w następujący sposób: „Asfalt naturalny jest stosowany jako dodatek w zmiennej ilości do asfaltów drogowych produkowanych wg normy EN 12591 lub jako dodatek do asfaltów modyfikowanych polimerami produkowanych wg EN 14023, przeznaczonych do wytwarzania asfaltu lanego, mieszanek mineralno-asfaltowych o uziarnieniu nieciągłym (ang. Hot Rolled Asphalt – HRA), mieszanek mastyksowo-grysowych (SMA), względnie innych rodzajów mieszanek z przeznaczeniem do wykonania nawierzchni drogowych. Rodzaj stosowanego asfaltu drogowego i dodatek do niego asfaltu naturalnego zależne są od obciążenia drogi ruchem oraz warunków klimatycznych panujących w miejscu wbudowywania mieszanki i należy je ustalić. Asfalt naturalny można podgrzewać w zbiorniku z mieszadłem i w stanie płynnym zmieszać z asfaltem drogowym, zanim użyty zostanie do produkcji mieszanki. Jako rozwiązanie alternatywne asfalt naturalny może być stosowany w postaci sproszkowanej, lub o ile poszczególne ziarna nie przekraczają średnicy 10 mm tj. jako granulat asfaltowy wprowadzany do mieszalnika.

Tabela 3. Wyciąg z normy EN 13108-4: Asfalt naturalny o dużej zawartości popiołu

Właściwości	Metoda badań	Wymagania
Penetracja w 25°C	EN 1426	0-4
Temperatura mięknienia (°C)	EN 1427	93-99
Rozpuszczalność (%)	EN 12592	52-55
Zawartość popiołu (% wag.)	IP 223	35-39
Gęstość w 25°C (g/ml)	ISO 3838	1,39-1,42
Uwaga: asfalt naturalny Trynidad spełnia powyższe wymagania w formie, w której jest tradycyjnie dostarczany		

Tabela 4. Wyciąg z normy EN 13108-4: Asfalt naturalny o niskiej zawartości popiołu

Właściwości	Metoda badań	Wymagania
Penetracja w 25°C	EN 1426	0-1
Temperatura mięknienia (°C)	EN 1427	160-182
Rozpuszczalność (%)	EN 12592	>95
Zawartość popiołu (% wag.)	IP 223	0-2
Gęstość w 25°C (g/ml)	ISO 3838	1,01-1,09
Uwaga: asfalt naturalny Trynidad spełnia powyższe wymagania w formie, w której jest tradycyjnie dostarczany		

W przepisie „Techniczne warunki dostaw mieszanek mineralno-asfaltowych" (niem. *Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut – TL Asphalt*), który w Niemczech stanowi dokument aplikacyjny (implementujący postanowienia norm serii EN 13108 do niemieckiej praktyki drogowej) w punkcie 2.2 „Asfalt" wskazano wymagania tych Norm Europejskich.

Ze stosowaniem normy EN 13108-21 związana jest konieczność wprowadzenia certyfikowanego systemu zakładowej kontroli produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych, który stanowi podstawę oznakowania wyrobu znakiem CE.

Oznakowanie wyrobu znakiem CE stanowi zapewnienie producenta, że jego wyroby spełniają wymagania zawarte w normach oraz spełniają minimalne wymagania jakie przewiduje dyrektywa „Wyroby budowlane".

Oznakowanie wyrobu znakiem CE w przypadku asfaltu naturalnego Trynidad jest obecnie w fazie przygotowań. Kontrola tego wyrobu jak i kontrola jego produkcji odbywa się w firmie Carl Ungewitter Trynidad Lake Asphalt GmbH Co. KG. W ciągu roku 2009 system ten zostanie rozwinięty. Zarządzanie jakością w trakcie produkcji poszczególnych wyrobów z asfaltu naturalnego Trynidad spełnia obecnie wymagania normy EN 13108-21. Pomocne przy tym jest, że kontrola gotowego produktu oraz sama kontrola produkcji, a więc oba podstawowe elementy systemu zapewniania jakości spełniają wymagania EN ISO 9001 – 2000. W przypadku uzyskania certyfikacji udzielonej przez Niemiecki Instytut Techniki Budowlanej (niem. *Deutsches Institut für Bautechnik – DIBT*) zgodnie z EN 13108-21 wyroby wytwarzane na bazie asfaltu naturalnego Trynidad uzyskają oznakowanie CE.

Podziękowania dla autorów WT-3

W imieniu Zarządu PSWNA mam zaszczyt i przyjemność podziękować przewodniczącemu Komisji ds. Emulsji PSWNA panu Andrzejowi Wyszyńskiemu oraz zespołowi autorskiemu w składzie:

- Włodzimierz Poboży
- Anna Czuj ñPękalska
- Aldona Mizgalska
- Renata Szpyrka
- Hanna K. Walęcka
- Helena Lipińskañ Wiśniewska
- Zenon Szczepaniak
- Konrad Jabłoński
- Dawid Żymełka

za przygotowanie projektu Wymagań Technicznych nr 3 (WT-3) Emulsje asfaltowe 2009 ñ Kationowe emulsje asfaltowe na drogach publicznych – rekomendowanych przez Ministra Infrastruktury, który otrzymał nagrodę Redakcji ĄPolskich Drógî, Instytutu Badawczego Dróg i Mostów o raz Ogólnopolskiej Izby Gospodarczej Drogownictwa.

Państwa aktywność i wsparcie działań podejmowanych przez nasze Stowarzyszenie pomaga w zbudowaniu wizerunku PSWNA, jako ważnej specjalistycznej organizacji branżowej budownictwa drogowego w Polsce oraz podnosi jego rangę – za co serdecznie dziękujemy.

Prezes Zarządu
Dariusz Słotwiński

Nagroda
Redakcji „Polskich Dróg”,
Instytutu Badawczego Dróg i Mostów oraz
Ogólnopolskiej Izby Gospodarczej Drogownictwa

Polskie drogi 'XXI

IX edycja

pod honorowym patronatem
Ministerstwa Infrastruktury

przyznana

Polskiemu Stowarzyszeniu Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

– za przygotowanie projektu Wymagań Technicznych nr 3. Emulsje asfaltowe 2009 – rekomendowanych przez Ministra Infrastruktury oraz za upowszechnianie nowoczesnych technologii w drogownictwie

PREZES ZARZĄDU
mgr Andrzej A. Kalinowski

DYREKTOR
prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

OGÓLNOPOLSKA IZBA GOSPODARCZA DROGOWNICTWA
PREZES ZARZĄDU
mgr Wojciech Malusi

12 maja 2009 roku

Fundatorem statuetek Nagrody „Polskie drogi 'XXI” jest Ogólnopolska Izba Gospodarcza Drogownictwa

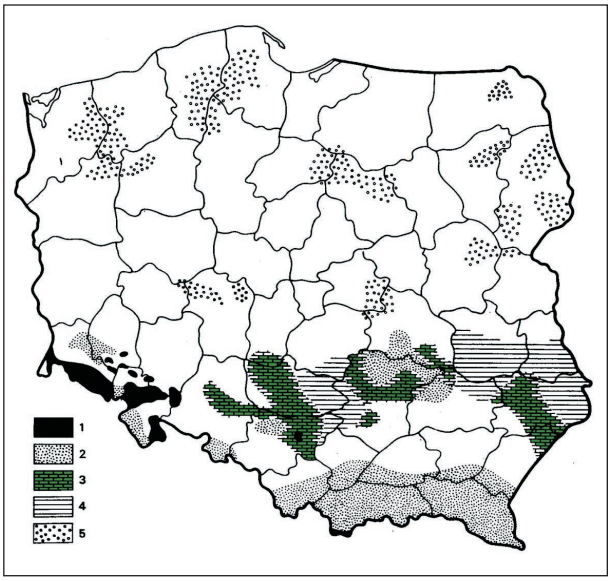
Wykorzystanie kruszyw regionu świętokrzyskiego na warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowych

Prof. ndzw. dr hab. inż. Marek Iwański*

Wstęp

Region świętokrzyski bogaty jest w skały pochodzenia węglanowego (wapienie różnych odmian i dolomity) oraz piaskowce kwarcytowe. Przy czym należy zaznaczyć, że dominującym rodzajem są skały wapienne i dolomity, które tworzą Góry Świętokrzyskie.

Należy podkreślić, że wapienie i dolomity są skałami, które wstępują nie tylko na terenie Gór Świętokrzyskich, ale również na obszarze śląsko-krakowskim, w paśmie krakowsko-wieluńskim, w Karpatach oraz na Dolnym Śląsku (rys. 1) [1]. Lokalne niewielkie złoża występują również na terenie Pomorza i Wielkopolski.



Rys. 1. Rozmieszczenie materiałów kamiennych na terenie Polski [1]
1 – skały magmowe, 2 – piaskowce, 3 – wapienie, 4 – margle, 5 – głazy narzutowe

Znaczenie dla drogownictwa, uwzględniając jakość materiału skalnego, mają przede wszystkim złoża występujące w obrębie Gór Świętokrzyskich, gdzie też zlokalizowana jest bardzo duża ilość kamieniołomów pozyskujących urobek skalny i produkujących zarówno kruszywo dla drogownictwa, jak również przerabiających skałę wapienną na wapno lub cement. Do jednych z największych należy zaliczyć kamieniołomy w Bukowej, Miedziance, Trzuskawicy oraz Radkowicach.

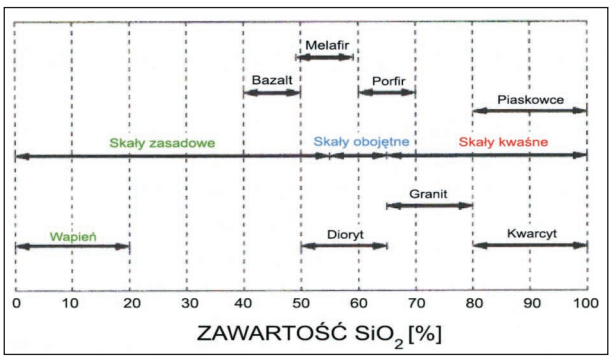
* *Prof. ndzw. dr hab. inż. Marek Iwański – Katedra Inżynierii Komunikacyjnej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach*

Natomiast piaskowce kwarcytowe eksploatowane są w dwu kamieniołomach w Wiśniówce k/Kielc i Bukowej Górze, z których pozyskiwane jest kruszywo do celów drogowych [2].

Wymagania w zakresie możliwości wykorzystania kruszywa węglanowego w drogownictwie

W regionie świętokrzyskim kruszywo węglanowe (wapienne, dolomitowe) pochodzące z przeróbki materiału skalnego produkowane jest w różnym asortymencie, jako łamane zwykłe, łamane granulowane o różnych frakcjach od najmniejszej – piasku łamanego do najgrubszej 16/31,5 mm oraz jako mieszaka kruszywa stabilizowanego mechanicznie. Oczywiście należy jeszcze raz podkreślić, że odpowiedniej jakości kruszywo pozyskiwane jest ze skał o wysokich parametrach fizykomechanicznych.

Cechą bardzo korzystną kruszywa wapiennego jest jego wysoka zasadowość, wynikająca z dużej zawartości węglanu wapnia $CaCO_3$ i minimalnej ilości krzemionki SiO_2 (rys. 2). W związku z tym kruszywo wapienne wykazuje bardzo dobre powinowactwo z asfaltem. Jest to ważne nie tylko w przypadku, kiedy stosowane jest do betonu asfaltowego przeznaczanego na warstwę ścieralną, ale również jak pokazują badania na prawidłową jego pracę w niższych warstwach konstrukcyjnych nawierzchni drogi. Nie zachodzi więc potrzeba w czasie produkcji betonu asfaltowego dodatkowego stosowania środków adhezyjnych, których zadaniem jest poprawa sprawności procesu otaczania ziaren kruszywa przez asfalt. W mieszalniku wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych kruszywo wapienne bardzo dobrze i szybko otacza się asfaltem, co w konsekwencji wpływa zarówno na sprawność wytwarzania mma jak również na odporność nawierzchni asfaltowej na oddziaływanie takich czynników klimatycznych jak woda oraz mróz. Potwierdzają to praktyczne doświadczenia powszechnie wykonywanych w województwie świętokrzyskim warstw ścieralnych nawierzchni dróg obciążonych ruchem



Rys. 2. Klasyfikacja skał ze względu na zawartość krzemionki

KR 1-2, które budowane są od początku wdrażania technologii mieszanek mineralno-bitumicznych na gorąco w Polsce tj. od początku lat 60-tych XX wieku.

Skała wapienna, z której pozyskiwane jest kruszywo do celów drogowych w regionie świętokrzyskim posiada wytrzymałość od 100 do 140 MPa. Produkowane więc z niego kruszywo łamane granulowane spełnia wszystkie parametry klasy I (wg PN-B-11112) [15], jedynie ścieralność w bębnie Los Angeles lokuje go w klasie II, ponieważ waha się ona od 25% do 30% ubytku po całkowitej liczbie obrotów.

Właściwości fizykomechaniczne kruszywa pozyskiwanego ze skał wapiennych pozwalają na szerokie jego wykorzystanie przy produkcji mma z uwzględnieniem jednak pewnych ograniczeń wynikających właśnie z odporności tego kruszywa na proces ścierania i polerowania. Zgodnie z dotychczas jeszcze stosowaną normą PN-S-96025:2000 [16] w przypadku nawierzchni obciążonych ruchem KR 1-2 można stosować kruszywo wapienne do betonu asfaltowego przeznaczonego na wszystkie warstwy konstrukcyjne, zarówno jako kruszywo łamane zwykłe czy też granulowane (tabela 1). Natomiast w przypadku konstrukcji nawierzchni odciążonych ruchem KR 3-6 kruszywo wapienne łamane zwykłe i granulowane można wykorzystywać do betonu asfaltowego przeznaczonego na podbudowę a na warstwę wyrównawczą (wzmacniającą wiążącą) stosuje się tylko kruszywo łamane granulowane (tabela 1).

Jak wynika z wymagań stawianych kruszywu łamanemu granulowanemu przeznaczonemu do betonu asfaltowego czy też do mieszanki mastyksowo grysowej SMA, z których wykonuje się warstwę ścieralną nawierzchni obciążonych ruchem KR 3-6, można je stosować jedynie wówczas kiedy jest kruszywem twardym, czyli spełnia wymagania klasy I. Wyjątek stanowi kruszywo pozyskiwane z dolomitu, które może nie spełniać wymagań klasowych tylko pod względem odporności na ścieranie. Czyli pod względem właściwości klasowych kruszywo z dolomitu jest bardzo podobne do kruszywa z wapieni o wysokich parametrach fizykomechanicznych.

Dodatkowo kruszywo przeznaczone do warstwy ścieralnej nawierzchni dróg obciążonych ruchem KR 3 – 6 powinno charakteryzować się wysoką odpornością na proces polerowania (wskaźnik PSV), która ma istotny wpływ na zapewnianie szorstkości nawierzchni asfaltowej w długim okresie jej eksploatacji [2]. Należy nadmienić, że ta właściwość kruszywa została wprowadzona przez nową normę w zakresie kruszywa PN-EN-13043 [17]. Kruszywa twarde, które spełniają wymagania klasy I (wg PN-B-11112:1996) oraz charakteryzują się dużą odpornością na proces polerowania z reguły otrzymuje się ze skał o dużej zawartości krzemionki SiO_2 – są to tzw. kruszywa kwaśne takie jak np. kwarcyty, piaskowce kwarcytowe czy granity. Kruszywa tego rodzaju charakteryzują się słabym powinowactwem z asfaltem, co może mieć istotny wpływ na trwałość wykonanych z ich udziałem nawierzchni asfaltowych [3, 4, 5]

Prowadzone badania pokazują, że zastosowanie dodatku kruszywa wapiennego (w ograniczonej ilości) do betonu asfaltowego czy też mieszanki mastyksowo grysowej SMA, przeznaczonych na nawierzchnie obciążone ruchem większym od KR 3, wpływa w sposób znaczący na poprawę adhezji asfaltu do mieszanek mineralnych wykonanych z kruszyw o dużej zawartości krzemionki [3]. Tym samym można ograniczyć wymaganą ilość środka adhezyjnego, która została określona na podstawie badania tylko samego kruszywa kwaśnego. Może więc to mieć istotny wpływ na pracę nawierzchni asfaltowej w zakresie poprawy jej odporności na powstawanie odkształceń plastycznych. Dodatkowym elementem zastosowania ograniczonej ilości kruszywa wapiennego w tego typu mieszankach mineralno-asfaltowych jest możliwość wpływu na zapewnienie wymaganej szorstkości nawierzchni asfaltowej. W przypadku, kiedy nawierzchnia asfaltowa (warstwa ścieralna) wykonana jest z mieszanki mineralno-asfaltowej zawierającej w swoim składzie tylko kruszywo jednego rodzaju, wówczas podczas jej eksploatacji w długim okresie czasu następuje ścieranie i polerowanie ziaren kruszywa w jednakowy sposób. Proces taki wpływa na zmniejszanie się mikrotekstury nawierzchni w czasie, co w konsekwencji prowadzi do spadku szorstkości nawierzchni podczas jej eksploatacji. W przypadku natomiast zastosowania kruszywa twardego (o dużej zawartości krzemionki) oraz kruszywa miękkiego (wapiennego) w czasie eksploatacji nawierzchni, ziarna tych kruszyw będą ścierały i polerowały się w zróżnicowany sposób co wpłynie na zachowanie jej rozbudowanej mikrotekstury. Zaistnienie takiego procesu będzie miało korzystny wpływ na szorstkość nawierzchni w długim okresie jej użytkowania [2, 3, 6].

Oczywiście ilość dodatku kruszywa wapiennego powinna być taka, aby nie spowodowała obniżenia odporności betonu asfaltowego czy też mieszanki mastyksowo grysowej SMA (stabilności, modułu statyczne-

Tabela 1. Wymagania wobec kruszywa z materiału skalnego do betonu asfaltowego [16]

Rodzaj warstwy konstrukcyjnej	Kategoria ruchu			
	KR 1-2		KR 3-6	
	Kruszywo łamane			
	Granulowane	Zwykłe	Granulowane	Zwykłe
Ścieralna	kl. I, II gat. 1, 2	kl. I, II gat. 1, 2	kl. I, II[1)] gat. 1, 2 – A j. w.[2)] – B	–
Wiążąca, wyrównawcza, wzmacniająca	kl. I, II gat. 1, 2	kl. I, II gat. 1, 2	kl. I, II[1)] gat. 1, 2	–
Podbudowa	kl. I, II, III gat. 1, 2	kl. I, II, III gat. 1, 2	kl. I, II gat. 1, 2	kl. I, II gat. 1, 2

[1)] Tylko pod względem ścieralności w bębnie kulowym, pozostałe cechy jak dla kl. I; gat. 1,
[2)] Tylko dolomity kl. I, gat. 1 w ilości ≤50% (m/m) we frakcji grysowej w mieszance z innymi kruszywami, w ilości ≤100% (m/m) we frakcji piaskowej oraz kwarcyty i piaskowce bez ograniczenia ilościowego,
A – ze skał magmowych i przeobrażonych,
B – ze skał osadowych.

Tabela 2. Wymagania dla kruszywa z materiału skalnego dla mieszanki stabilizowanej mechanicznie [18]

Właściwości		Rodzaj podbudowy	
		zasadnicza	pomocnicza
Zawartość ziaren < 0,075 mm, nie więcej niż	[%]	od 2 do 10	od 2 do 12
Zawartość nadziarna, nie więcej niż	[%]	5	10
Zawartość ziaren nieforemnych, nie więcej niż	[%]	35	40
Zawartość zanieczyszczeń organicznych, nie więcej niż	[%]	1	1
Wskaźnik piaskowy po pięciokrotnym zagęszczeniu metodą I lub II		od 30 do 70	od 30 do 70
Ścieralność w bębnie Los Angeles – całkowita po pełnej liczbie obrotów, nie więcej niż – częściowa po 1/5 pełnej liczby obrotów, nie więcej niż	[%] [%]	 35 30	 50 35

go pełzania oraz właściwości reologicznych) na oddziałujące na nawierzchnię obciążenie ruchem pojazdów.

Kruszywo wapienne można wykorzystywać nie tylko do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych ale może być przeznaczone również do budowy warstw nośnych. Zgodnie z wymaganiami PN-S-06102:1997 [18] stanowi ono dobry materiał do mieszanki kruszywa stabilizowanego mechanicznie (tabela 2), która może być stosowana zarówno na podbudowę zasadniczą jak również pomocniczą nawierzchni dróg obciążonych ruchem do KR 5. Cechą charakterystyczną tego typu mieszanki jest dobra jej zdolność do zagęszczania, co w znacznym stopniu wpływa na proces sprawności wykonywania podbudowy i przyczynia się do przyspieszenia tempa budowy warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogi.

Z kruszywa wapiennego produkowany jest też tłuczeń, z którego w regionie świętokrzyskim powszechnie wykonuje się podbudowy nawierzchni dróg obciążonych ruchem KR 1-2 (PN-S-96023:1984) [19]. Sprawność wykonywania tych podbudów jest duża co ma istotne znaczenie z punktu ekonomicznego.

Reasumując zastosowanie kruszywa wapiennego w drogownictwie jest bardzo wszechstronne. W zależności od jego asortymentu, znajduje ono wykorzystanie przy wykonawstwie praktycznie wszystkich warstw konstrukcyjnych nawierzchni dróg o różnym obciążeniu ruchem.

Charakterystyka kruszywa z piaskowca kwarcytowego

Kruszywo z piaskowca kwarcytowego od samego początku wdrożenia do wykonawstwa technologii asfaltowych w naszym kraju tj. od początków lat 60-tych XX wieku było wykorzystywane do produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych. Przede wszystkim próbowano wykorzystać kruszywo kwarcytowe pozyskiwane w kamieniołomie Wiśniówka.

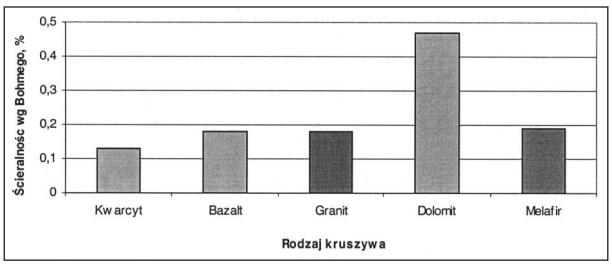
Wykonane przez doc. dr inż. J. Zawadzkiego w 70-tych latach ubiegłego wieku badania polerowalności polskich materiałów mineralnych potwierdziły, że piaskowiec kwarcytowy jest materiałem charakteryzującym się bardzo korzystną cechą predysponującą go do wykonawstwa warstw ścieralnych jaką jest duża jego odporność na polerowanie [7].

Brak jednak zainteresowania jednostek wykonawczych do początku lat 90-tych lat XX wieku spowodował, że kruszywo z piaskowca kwarcytowego było w małym zakresie wykorzystywane do wytwarzania betonu asfaltowego przeznaczonego na warstwę ścieralną.

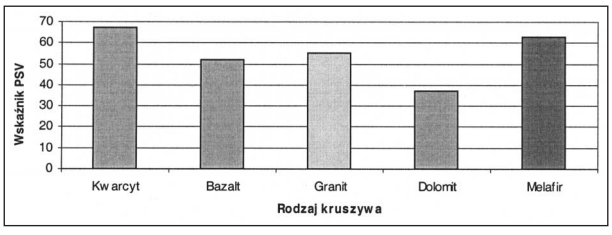
Dopiero przemiany gospodarcze oraz wzrost wymagań w zakresie szorstkości nawierzchni spowodował dynamiczne wdrażanie kruszywa z piaskowca kwarcytowego do wykonawstwa nawierzchni asfaltowych.

Podstawowymi cechami, które wyróżniają ten rodzaj skały od innych są odporność na ścieranie oraz polerowanie. W celach porównawczych na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań odporności na ścieranie wg Böhmego piaskowca kwarcytowego z Wiśniówki oraz innych rodzajów materiałów mineralnych, z których otrzymuje się kruszywa łamane, spełniające wymagania klasy I wg z PN-B-11112:1996. Natomiast na rysunku 4 przedstawiono porównywanych skał odporność na polerowanie (wskaźnik PSV).

Rezultaty badań przedstawione na rysunku 3 i 4 pokazują, że piaskowiec kwarcytowy jest najbardziej odporny na ścieranie i polerowanie. Szczególnie jego polerowalność jest mała, co gwarantuje dużą odporność na niszczące oddziaływanie ruchu i zapewnienie wymaganej szorstkości nawierzchni w długim okresie eksploatacji. Należy zwrócić uwagę na dolomit, który pomimo tego, że spełnia wymagania I klasy kruszywa łamanego charakteryzuje się mniejszą odpornością na proces polerowania niż granit i bazalt, a tym bardziej piaskowiec kwarcytowy.



Rys. 3. Odporność materiałów mineralnych na ścieranie wg Böhmego



Rys. 4. Odporność materiałów mineralnych na polerowanie (wskaźnik PSV)

Mała odporność kruszywa dolomitowego w rozpatrywanym zakresie powoduje, że nawierzchnia asfaltowa wykonana tylko z jego udziałem, czy to z betonu asfaltowego, czy też z mieszanki SMA charakteryzuje się szorstkością nie spełniającą normatywnych wymagań [8, 9, 10]. Dlatego też w regionie świętokrzyskim do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych na warstwę ścieralną stosuje się dodatek kruszywa dolomitowego w kompozycji z kruszywem z piaskowca kwarcytowego.

Należy zaznaczyć, że oprócz bardzo korzystnych właściwości mechanicznych kruszywo z piaskowca kwarcytowego ma jasna barwę. W porównaniu z barwą kruszywa bazaltowego, które jest uznawane jako kruszywo standardowe do mieszanek mineralno-asfaltowych, można przyjąć, że jest ono białe.

Pomimo zalet, jakimi charakteryzuje się kruszywo z piaskowca kwarcytowego, ma ono jednak pewien niedostatek. Ze względu na dużą zwartość krzemionki, dochodzącą nawet do 95% jego składu, wykazuje brak powinowactwa z asfaltem, co w pewien sposób utrudnia wykorzystanie tego kruszywa w mieszankach mineralno-asfaltowych. Właściwość ta z przyczyn technologicznych do początku lat 90-tych ubiegłego wieku ograniczała możliwości zastosowania tego kruszywa. Obecnie nie ma żadnych barier uniemożliwiających stosowanie tego rodzaju kruszywa w mieszankach mineralno asfaltowych. W różny sposób można dokonywać poprawy adhezji asfaltu do kruszywa z piaskowca kwarcytowego, czy też szerzej do kruszyw kwaśnych, stosując na przykład środki adhezyjne [11, 12], dobierając w odpowiedni sposób skład ramowy mieszanki mineralnej z kruszywem kwarcytowym [6] oraz stosując wypełniacz mieszany lub wapno hydratyzowane jako mineralny środek adhezyjny [13, 14]. Kompleksowo wykonane badania mieszanek mineralno-asfaltowych z kruszywem z piaskowca kwarcytowego potwierdziły, że zastosowanie tych środków zapewnia ich wodo- i mrozoodporność.

Należy zaznaczyć, że od początku lat 90-tych XX wieku kruszywo z piaskowca kwarcytowego jest powszechnie stosowane w regionie świętokrzyskim do wykonawstwa mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych na nawierzchnie obciążone ruchem większym od KR2.

Przykłady wykorzystania kruszywa węglanowego i z piaskowca kwarcytowego w wykonawstwie dróg

Jak wspomniano wcześniej kruszywo węglanowe (wapienne i dolomitowe) stosowane jest powszechnie w drogownictwie w regionie świętokrzyskim zarówno do wykonawstwa warstw nośnych jak również i jezdnych. Pewnym niekonwencjonalne rozwiązaniem było jego wykorzystanie do wykonawstwa warstw ścieralnych modernizowanych głównych ciągów komunikacyjnych w Kielcach w latach 1998-2000 [2]. Stosowano je jako dodatek do kruszywa twardego – piaskowca kwarcytowego (Wiśniówka k/Kielc), z którego wykonywano mieszankę mastyksowo grysową. Wykorzystując dodatek kruszywa wapiennego kierowano się wcześniej omówioną zasadą poprawy adhezji mieszanki mineralnej wykonanej z kruszywa o dużej zawartości krzemionki (piaskowiec kwarcytowy) oraz jego wpływem na proces kształtowania się mikrotekstury nawierzchni. Wybrane składy mieszanek mineralno-asfaltowych, z których wykonano warstwy ścieralne nawierzchni ulic obciążonych ruchem KR 4-5 zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Skład ramowy mieszanek mineralno-asfaltowych z kruszywem węglanowym i z piaskowca kwarcytowego

Nr odcinka	Rodzaj mieszanki, rok wykonania	Skład mieszanki mineralnej [%]	
1.	SMA 0/12,8 1998 r.	Mączka wapienna	– 10,0
		Grys wapienny 0/4	– 12,0
		Grys dolomitowy 2/6,3	– 15,0
		Grys kwarcytowy 2/6,3	– 10,0
		Grys kwarcytowy 6,3/12,8	– 53,0
2.	SMA 0/12,8 1999 r.	Mączka wapienna	– 11,0
		Piasek łamany wapienny	– 8,0
		Grys wapienny 2/8	– 18,0
		Grys kwarcytowy 2/6,3	– 18,0
		Grys kwarcytowy 6,3/12,8	– 45,0
3.	SMA 0/12,8 2000	Mączka wapienna	– 12,0
		Piasek łamany wapienny	– 15,0
		Grys dolomitowy 2/8,3	– 22,0
		Grys kwarcytowy 6,3/12,8	– 51,0

Wykonywane badania, zgodnie z SOSN, w okresie eksploatacji tych ulic potwierdziły słuszność dokonanych założeń na etapie projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych. Nawierzchnie zmodernizowanych ulic charakteryzują się wymaganą szorstkością, która podczas ich eksploatacji nie ulega zmniejszeniu, a nawet wzrasta [2]. Należy wspomnieć, że istotną rolę w zapewnieniu prawidłowej adhezji mieszanki mineralnej dzięki dużej powierzchni właściwej odegrał, oprócz kruszywa łamanego granulowanego, również piasek łamany.

Dodatkowo zastosowanie kruszywa wapiennego w połączeniu z kruszywem z piaskowca kwarcytowego zapewniło jasną barwę nawierzchni. Dzięki temu stała się ona bardziej bezpieczna w warunkach nocnych a zwłaszcza podczas opadu deszczu w porównaniu z nawierzchnią wykonaną z udziałem kruszywa ciemnego (fot. 1).

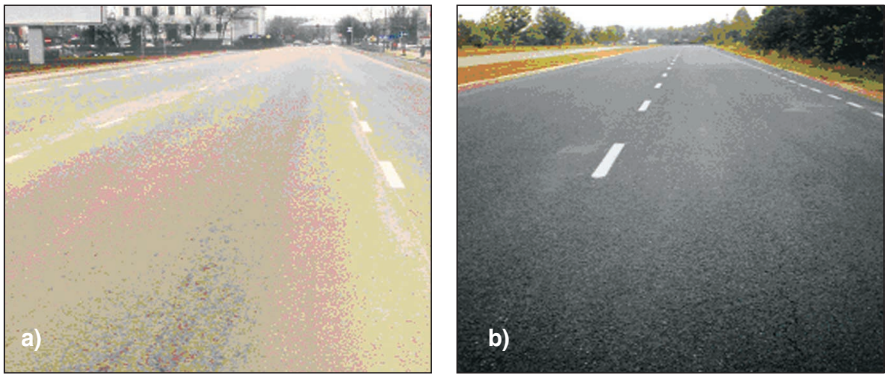
Poniżej przedstawiono zrealizowane w latach 2005-2008 na terenie województwa świętokrzyskiego najważniejsze obiekty drogowe, w których warstwy konstrukcyjne wykonano przy wykorzystaniu kruszywa wapiennego, dolomitowego i z piaskowca kwarcytowego. Należy zaznaczyć, że przedstawione przykłady zadań drogowych zrealizowane były na drogach krajowych oraz drogach wojewódzkich, które obciążone są ruchem KR 4-5. Na uwagę zasługuje fakt, że kruszywo węglanowe w prezentowanych przykładach stanowi 100% materiału warstw konstrukcyjnych – warstwy podbudowy pomocniczej, zasadniczej oraz warstwy wiążącej wykonanej z betonu asfaltowego. Jedynie ze względów wymagań normowych nie stosowano go przy wykonaniu warstwy ścieralnej. Natomiast w warstwie ścieralnej stosowano dodatek kruszywa z piaskowca kwarcytowego

A. Obwodowa Jędrzejowa – w ciągu drogi krajowej Nr 7 Warszawa-Kraków km 554 + 941,71÷560 + 736,19

Konstrukcja nawierzchni obwodowej Jędrzejowa:

– podbudowa pomocnicza z kruszywa (wapień dewoński) stabilizowanego mechanicznie,

– podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 0/2 mm, 2/8 mm, 8/31 mm i 16/31 mm,



Fot. 1. Nawierzchnie wykonane z mieszanki mastyksowo grysowej SMA z kruszywem a) jasnym (piaskowiec kwarcytowy, wapień), b) ciemnym (bazalt) (M. Iwański)

Fot. 2. Obwodowa Jędrzejowa – 2005 rok (ŚPRD „TRAKT" Kielce)

Fot. 3. Obwodnica m. Kije – 2005 rok (PRI „FART" Kielce)

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm i 8/16 mm.

Realizacja obiektu drogowego została zakończona w 2005 roku (fot. 2).

B. Obwodnica m. Kije w ciągu drogi krajowej Nr 78 oraz przełożenie drogi wojewódzkiej Nr 766 Morawica-Pińczów

Konstrukcja nawierzchni obwodnicy m. Kije:

– podbudowa pomocnicza z kruszywa (wapień dewoński) stabilizowanego mechanicznie,

– podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 0/2 mm, 2/8 mm, 8/31 mm i 16/31 mm,

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm i 8/16 mm,

– warstwa ścieralna z mieszanki SMA z udziałem kruszywa granulowanego z piaskowca kwarcytowego 6,3/12,8 mm, kruszywa granulowanego diabazowego z Krzeszowic 2/6,3 mm i 6,3/12,8 mm.

Realizacja obiektu drogowego nastąpiła w latach 2004-2005 (fot. 3).

C. Obwodowa Ożarowa – w ciągu drogi krajowej Nr 74 Kielce-Lublin km 161 + 389,90÷165 + 622,58

Konstrukcja nawierzchni obwodowej Ożarowa woj. świętokrzyskie:

– podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa łamanego granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 0/2 mm, 2/8 mm, 8/31 mm i 16/31 mm,

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa łamanego granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm i 8/16 mm,

Realizacja obiektu drogowego została zakończona w 2006 roku (fot. 4).

Fot. 4. Obwodowa Ożarowa (woj. świętokrzyskie) – 2006 rok (ŚPRD „TRAKT" Kielce)

D. Modernizacja drogi krajowej Nr 74 na odcinku Jacentów-Barak km 39 + 800÷45 + 083

Konstrukcja nawierzchni drogi krajowej Nr 74:

– warstwa wyrównawczo-wzmacniająca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 0/2 mm, 2/8 mm, 8/31 mm i 16/31mm,

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm i 8/16 mm,

– warstwa ścieralna z mieszanki SMA z udziałem kruszywa granulowanego z piaskowca kwarcytowego 6,3/12,8 mm, kruszywa granulowanego diabazowego z Krzeszowic 2/6,3 mm i 6,3/12,8 mm.

Fot. 5. Przebudowa drogi krajowej Nr 74 na odcinku Jacentów-Barak – 2006 rok (PRI „FART" Kielce)

Realizacja obiektu drogowego została zakończona w 2006 roku (fot. 5).

E. Budowa obwodnicy m. Małogoszcz

Konstrukcja nawierzchni drogi z zastosowaniem kruszywa z wapienia dewońskiego i piaskowca kwarcytowego:

– podbudowa pomocnicza z kruszywa (wapiennego) stabilizowanego mechanicznie 0/63 mm,

– podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 0/2 mm, 2/8 mm, 8/31 mm i 16/31 mm,

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm i 8/16 mm.

– warstwa ścieralna z mieszanki mastyksowo grysowej SMA z udziałem kruszywa łamanego granulowanego z piaskowca kwarcytowego 6,3/12,8 mm oraz kruszywa diabazowego.

Realizacja obiektu nastąpiła w latach 2007-2008.

F. Budowa dróg krajowych i wojewódzkich

Konstrukcja nawierzchni drogi z zastosowaniem kruszywa z wapienia dewońskiego i piaskowca kwarcytowego:

– podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego z udziałem piasku łamanego wapiennego, kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu, 2/8 mm, 8/16 mm i 16/25 mm lub alternatywnie mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna z dodatkiem kruszywa granulowanego wapiennego o uziarnieniu 0/31,5 mm,

– warstwa wiążąca z betonu asfaltowego z udziałem piasku łamanego wapiennego, kruszywa granulowanego z wapienia dewońskiego o uziarnieniu 2/8 mm, i 8/16 mm i 16.25 m,

– warstwa ścieralna z mieszanki mastyksowo grysowej SMA z udziałem kruszywa łamanego granulowanego z piaskowca kwarcytowego 6,3/12,8 mm oraz kruszywa diabazowego

Realizacja obiektów drogowych w latach 2005-2008 (fot. 6).

Fot. 6. Zadania drogowe realizowane w latach 2005-2008 (PRI „FART" Kielce), a) droga Nr 7 – m Wrzosy (2005), b) droga krajowa Nr 7 Mnichów-Podchojny (2007), c) Kielce, ul. łódzka (2007) d) droga wojewódzka Nr 73 Stopnica-Słupia Pacanowska (2007), e) droga wojewódzka – Morawica-Pińczów (2007), f) droga wojewódzka Nr 728 Nowe Miasto nad Pilicą-Odrzywół-Gielniów (2008)

Podsumowanie

Dokonując podsumowania stanu wiedzy w zakresie możliwości wykorzystania kruszywa węglanowego (wapiennego i dolomitowego) oraz z piaskowca kwarcytowego w drogownictwie można stwierdzić, że są to pełnowartościowe materiały, który znajdują zastosowanie przy wykonawstwie konstrukcji nawierzchni drogowych.

Oczywiście w zależności od ich pochodzenia geologicznego są one wykorzystywane w różnym zakresie podczas wytwarzania materiałów konstrukcyjnych. Z pośród różnego rodzaju kruszywa wapiennego należy przede wszystkim zwrócić uwagę na kruszywo pozyskiwane z wapienia dewońskiego. Ten rodzaj skały charakteryzuje się w porównaniu z pozostałymi wapieniami np. jurajskimi, dość wysoką wytrzymałością na ściskanie – w przedziale od 100 MPa do 140 MPa. Kruszywo otrzymane z takiej skały zaliczało się do II klasy (wg PN-B-11112). Parametrem technicznym wpływającym na jego klasyfikacje jest niewystarczająca odporność na ścieranie oraz polerowanie, która nie pozwala na zastosowanie tego rodzaju kruszywa do wykonawstwa warstw ścieralnych nawierzchni dróg obciążonych ruchem większym od KR 2. Pomimo tego niedostatku kruszywo wapienne można stosować zgodnie z obowiązującymi obecnie wymaganiami oraz specyfikacjami technicznymi do wykonawstwa:

- ❖ betonu asfaltowego przeznaczonego na wszystkie warstwy konstrukcyjne dróg obciążonych ruchem KR 1-2,
- ❖ betonu asfaltowego przeznaczonego na podbudowę zasadniczą, warstwę wyrównawczą i wiążącą dróg obciążonych ruchem KR 3-5,
- ❖ podbudowy tłuczniowej dróg obciążonych ruchem KR 1-2,
- ❖ podbudowy pomocniczej z mieszanki kruszywa stabilizowanego mechanicznie (0/63 mm) dróg obciążonych ruchem KR 3-5.

Dodatkową zaletą kruszywa łamanego granulowanego pozyskiwanego z wapieni dewońskich jest jego bardzo dobra adhezja z asfaltem osiągającą prawie 100%. Nie zachodzi, więc potrzeba stosowania do produkcji betonu asfaltowego środków adhezyjnych, co ma też istotne znaczenie z punktu ekonomicznego produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Ponadto prawidłowy proces otoczenia ziaren kruszywa wapiennego przez asfalt gwarantuje na wymaganym poziomie odporność na oddziaływanie destrukcyjnych czynników niszczących warstwy konstrukcji nawierzchni drogi wykonanych z jego udziałem.

Kruszywo łamane wapienne wykorzystywane zgodnie z jego właściwościami spełnia w sposób prawidłowy swoją funkcję w warstwach konstrukcyjnych nawierzchni drogowych, zapewniając ich wymaganą trwałość w długim okresie eksploatacji.

Natomiast kruszywo pochodzące z piaskowca kwarcytowego zaliczane do kruszyw twardych – I klasy (wg PN-B-11112), z powodzeniem znajduje zastosowanie do wykonawstwa warstw ścieralnych nawierzchni obciążonych ruchem większym niż KR2. Jego bardzo korzystną cechą jest duża odporność na ścieralnie w bębnie Los Angeles oraz polerownie (wskaźnik PSV). Te właściwości kruszywa z piaskowca kwarcytowego zapewniają wykonanym warstwom ścieralnym wymaganą szorstkość w okresie odbiorczym oraz w długim okresie eksploatacji nawierzchni.

Reasumując można stwierdzić, że kruszywa regionu świętokrzyskiego są pełnowartościowymi materiałami konstrukcyjnymi, które prawidłowo zastosowane w konstrukcji nawierzchni zapewniają jej wymaganą trwałość.

Bibliografia:

[1] Klabińska M., Piłat J.: Technologia materiałów i nawierzchni drogowych. PWN. Warszawa, 1985, 237 s.
[2] Iwański M.: Kruszywo kwarcytowe a szorstkość nawierzchni drogi. Drogownictwo Nr 3, 2005. s. 80-85
[3] Iwański M.: Właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej a rodzaj kruszywa. Drogownictwo Nr 6, 2004. s. 185-196
[4] Judycki J., Jaskuła P. Badania oddziaływania wody i mrozu na betony asfaltowe o zwiększonej odporności na deformacje trwałe. Drogownictwo Nr 12, 1999, s. 367-371.
[5] Sybilski D., Mechowski T. Ocena trwałości mieszanek mineralno-asfaltowych z różnymi kruszywami. Prace IBDiM. Warszawa, 1998, Nr 3-4, s. 63-107.
[6] Iwański M.: Wpływ rodzaju kruszywa na trwałość mieszanki mineralno-bitumicznej. VI Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 9-10 maja 2000, s. 77-84.
[7] Zawadzki J.: Odporność na polerowanie się grysów kamiennych w nawierzchniach drogowych. Prace IBDiM. Warszawa, 1978, s. 6-69.
[8] Grzybowska W., Zieliński P: Uwarunkowania doboru grysów do warstw ścieralnych nawierzchni w regionie krakowskim w aspekcie trwałości i bezpieczeństwa ruchu. VI Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 9-10 maja 2000, s. 61-68.
[9] Mechowski T., Sybilski D., Zawadzki J.: Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni z kruszywem dolomitowym. VI Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 9-10 maja 2000, s. 193-2001.
[10] Sybilski D., Mechowski T., Haluch W.: Szorstkość nawierzchni drogowych a technologia wykonania. III Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 6-8 maja 1998, s. 341-351
[11] Iwański M.: Zależność między ilością środka adhezyjnego a właściwościami fizyko-mechanicznymi betonu asfaltowego. VII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 8-9 maja 2001, s. 65-74.
[12] Judycki J., Jaskuła P.: Badania odporność betonu asfaltowego na działanie wody i mrozu. Drogownictwo 12, Warszawa 1997, s. 374-378
[13] Iwański M.: Wpływ wapna hydratyzowanego na właściwości fizyko-mechaniczne betonu asfaltowego. IX Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe". Kielce, 6-7 maja 2003, s. 77-84
[14] Judycki J., Jaskuła P.: Badania odporność betonu asfaltowego na działanie wody i mrozu. Drogownictwo 12, Warszawa 1997, s. 374-378
[15] PN-B-11112: 1996. Kruszywa mineralne. Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych
[16] PN-S-96025: 2000. Drogi samochodowe i lotniskowe. Nawierzchnie asfaltowe. Wymagania
[17] PN-EN-13043: Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.
[18] PN-S-06102: 1997 Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie
[19] PN-S-96023: 1984 Konstrukcje drogowe. Podbudowa i nawierzchnia z tłucznia kamiennego.

XX Jubileuszowe Seminarium Techniczne PSWNA

W dniach 22-24 kwietnia 2009 r. w Centrum Konferencyjnym WARSZAWIANKA w Jachrance k/Warszawy odbyło się XX. Jubileuszowe Seminarium Techniczne PSWNA zorganizowane pod hasłem: **„Nowoczesne technologie w drogownictwie"**.

Tematami przewodnimi seminarium były: zastosowanie mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło oraz najnowsze osiągnięcia technologiczne w zakresie cichych nawierzchni drogowych.

Prezes Stowarzyszenia Dariusz Słotwiński dokonał powitania uczestników i oficjalnego otwarcia seminarium, które zgromadziło rekordową liczbę uczestników – 170 osób. W swoim wystąpieniu przedstawił cel i tematykę seminarium, przypomniał też historię Stowarzyszenia, wymienił jego założycieli oraz najważniejsze fakty z działalności PSWNA. Prezes, w prezentacji wprowadzającej, omówił kluczowe problemy drogownictwa w minionym dziesięcioleciu, wśród których dominowały zagadnienia technologiczne, którymi czynnie zajmowało się nasze Stowarzyszenie. Podziękował uczestnikom za przybycie i podkreślił, że zaszczytem dla organizatora seminarium jest po raz kolejny gościć tak liczne i znane grono specjalistów i autorytetów branży drogowej, członków zwyczajnych i wspierających PSWNA (reprezentantów firm wykonawczych, producentów materiałów i dostawców maszyn drogowych oraz firm projektowych), przedstawicieli instytutów i wyższych uczelni technicznych oraz administracji drogowej, jak również nowych uczestników seminarium, którzy po raz pierwszy wzięli udział w seminarium PSWNA.

W zakończeniu swojego wystąpienia Prezes zachęcił uczestników do refleksji nad pytaniem: czego dalej należy się spodziewać w polskim drogownictwie?

Dwudniową konferencję podzielono na 3 sesje, każdą prowadzoną przez innego przewodniczącego. Pierwszego dnia 23 kwietnia 2009 r., obrady przedpołudniowej sesji były poświęcone mieszankom mineralno-asfaltowym na ciepło. Sesji tej przewodniczył prof. Józef Judycki. Po południu tego dnia prezentowane były zagadnienia dotyczące cichych nawierzchni drogowych. Sesję tą poprowadził prof. Dariusz Sybilski. Drugiego dnia seminarium prof. Jerzy Piłat poprowadził ostatnią, trzecią sesję, w trakcie której kontynuowane były prezentacje związane z zagadnieniem cichych nawierzchni drogowych. Wszyscy prowadzący sesje występowali również w roli prelegentów.

Prezes Dariusz Słotwiński wita gości seminarium

Każdą sesję zamykał czas przeznaczony na pytania i dyskusję, po czym przewodniczący dokonywał krótkiego podsumowania.

Wszystkie referaty zostały zaprezentowane przez znakomite grono prelegentów, wśród których znaleźli się krajowi eksperci z branży: prof. Władysław Gardziejczyk, prof. Jerzy Ejsmont, prof. Piotr Radziszewski. Obok specjalistów z Polski, swoje dokonania prezentowali goście z różnych części świata: pan Egbert Beuving z Belgii Dyrektor Techniczny Europejskiego Stowarzyszenia Nawierzchni Asfaltowych (EAPA), pan Derk Goos z Holandii reprezentował firmę NYNAS, pan Steven Claude przedstawiciel firmy ASTEC z USA, pan Jean Paul Michaut z Francji – firma COLAS oraz reprezentanci z Niemiec: pan Bernd Nolle z TPA oraz Carsten Lips z firmy Kirchner.

W pierwszej sesji prelegenci zaprezentowali następujące referaty:

- **Dariusz Sybilski** (IBDiM) – **Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło; środowisko i ekonomia**

Autor w swojej prezentacji przedstawił i omówił różnorodność wyboru technologii mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło „Warm Asphalt Mix" (WAM) z podkreśleniem efektów ich zastosowania na drogach przyjaznych środowisku.

Szczególną uwagę zwrócił na zalety stosowania WAM: niższa temperatura produkcji, mniejsze zużycie energii i emisji gazów cieplarnianych oraz możliwość układania 4 warstw w jednym cyklu, bez ryzyka deformacji warstwy ścieralnej.

- **Egbert Beuving** (EAPA) – **Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło; doświadczenia europejskie**

Autor rozwinął temat zastosowania mieszanek typu WAM, jak również podał przykłady zastosowań specyficznych technologii: WAM-Foam®; Aspha-min® (EUROVIA Zeolity); LEAB® (Holandia); LT-Asfalt® 90°C (Holandia); LEA® (Low Energy Asphalt) 90°C (COLAS, Francja) w wielu krajach Europy. Prezentację wzbogaciły ciekawe zdjęcia z prowadzonych budów.

- **Józef Judycki**, **Marcin Stienss** (Politechnika Gdańska) – **Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło; przegląd metod produkcji**

Referat przedstawił pan Marcin Stienss, który omówił potencjalne korzyści wynikające z zastosowania technologii obniżających temperaturę produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych oraz dokonał przeglądu metod produkcji w tradycyjnych otaczarniach z dodatkiem środków chemicznych oraz specjalistycznych technologii pro-

Od lewej: Wojciech Malusi, Zbigniew Kotlarek, Józef Judycki, Dariusz Sybilski, Antoni Szydło

dukcji. W swojej wystąpieniu omówił możliwości zastosowania w/w metod produkcji w warunkach polskich, podając propozycje koniecznych zabiegów modernizacyjnych w istniejących wytwórniach.

- **Derk Goos** (Holandia, NYNAS) – **Nowoczesne mieszanki asfaltowe z asfaltu spienionego**

Firma Nynas Bitumen była w ostatnich latach zaangażowana w rozwój asfaltu spienionego, dzięki czemu uzyskała praktyczne doświadczenia w recyklingu z użyciem tego asfaltu. Autor prezentacji podzielił się swoimi doświadczeniami w tym zakresie, przedstawiając technologię recyklingu z użyciem asfaltu spienionego na podstawie wielu przykładów. Omówił także najnowsze urządzenia techniczne do jego wykonywania.

- **Steven Claude** (USA, ASTEC) – **Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło z destruktem; „zielona technologia"**

Autor przedstawił technologię opracowaną przez firmę ASTEC tzw. Double Barrel® Green System czyli „zielonej technologii" do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej na ciepło z użyciem asfaltu spienionego, destruktu, cementu i wody. W podsumowaniu Autor przedstawił korzyści ze stosowania w/w technologii na podstawie doświadczeń w USA.

- **Jean Paul Michaut**, (Francja, COLAS) – **Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło; doświadczenia francuskie**

Autor przedstawił technologię firmy COLAS Warm mixes 3E (ekologia, energia, ekonomia), w której spadek temperatury wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej o 30-40°C powoduje zmniejszenie zużycia energii o około 20% (energia, ekonomia) oraz spadek emisji CO_2 do atmosfery (ekologia).

Obniżenie temperatury mieszanki można uzyskać stosując: emulsje asfaltowe, mieszankę asfaltów, asfalt spieniony, specjalny asfalt (patent COLAS). Produkcja i układanie mieszanek mineralno asfaltowych na ciepło odbywa się przy użyciu klasycznego sprzętu, bez modyfikacji. Parametry mieszanek nie odbiegają od tradycyjnych. Autor przedstawił i omówił odcinki doświadczalne wykonane przez firmę oraz wyniki badań.

W drugiej sesji seminarium, poświęconej cichym nawierzchniom drogowym, wygłoszone zostały następujące referaty:

- **Jerzy Ejsmont** (Politechnika Gdańska) – **Pomiar oporu toczenia opon**

W prezentacji autor omówił jeden z ważniejszych parametrów charakteryzujących współpracę opony i nawierzchni jezdni – opór toczenia opon samochodowych. Jego znaczenie wzrasta w związku z trendami do zmniejszania zużycia paliwa i emisji gazów cieplarnianych. Autor zaprezentował podstawowe metody pomiarowe hałasu drogowego, zarówno laboratoryjne jak i drogowe.

- **Władysław Gardziejczyk** (Politechnika Białostocka) – **Wpływ technologii wykonania górnych warstw nawierzchni na poziom hałasu drogowego**

Autor przedstawił istotny wpływ wyboru technologii wykonania górnych warstwy ścieralnej nawierzchni na poziom generowanego hałasu w płaszczyźnie opona – nawierzchnia.

W swojej prezentacji przedstawił wyniki badań poziomu hałasu (według metody SPB) na różnych nawierzchniach polskich dróg (nawierzchni asfaltowych i z betonu cementowego) oraz dokonał porównania uzyskanych wartości z poziomami hałasu pochodzącymi z badań wykonanych na drogach w innych krajach.

W trzeciej sesji seminarium swoje referaty zaprezentowali:

- **Piotr Radziszewski** (Politechnika Białostocka), **Jerzy Piłat** (Politechnika Warszawska) – **Lepiszcza gumowo-asfaltowe mieszanki mineralno-gumowo asfaltowe – trwałe i ekologiczne rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne**

Autorzy, na podstawie doświadczeń prowadzonych w ramach cyklu badań na Politechnice Bialostockiej i Warszawskiej, zaprezentowali wyniki badań lepiszczy gumowo-asfaltowych i mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych poddanych procesowi starzenia technologicznego i eksploatacyjnego. Wykazano, że najmniejsze zmiany właściwości ze względu na starzenie występują w lepiszczach modyfikowanych dużą ilością miału gumowego. Z mieszanek mineralno-asfaltowych najbardziej odporne na starzenie okazały się mieszanki zawierające dużo mastyksu, charakteryzujące się grubą otoczką lepiszcza na ziarnach kruszywa. Optymalnym lepiszczem do tych mieszanek jest lepiszcze gumowo-asfaltowe z zawartością miału gumowego w asfalcie równą 19%.

Od lewej Władysław Gardziejczyk, Igor Domański, Jean Michaut, Dariusz Sybilski, Jerzy Ejsmont

- **Carsten Lips** (Niemcy, Kirchner) – **Podwójne warstwy z asfaltu porowatego w technologii „Kompaktasfalt"; skuteczna metoda obniżania hałasu**

W prezentacji autor przedstawił technologię wbudowywania w nawierzchnię warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych metodą „gorące na gorące" (zwaną też „Kompaktasfalt"). Ważną zaletą metody „gorące na gorące" jest dłuższa żywotność nawierzchni dzięki wyeliminowaniu

wykonywania kłopotliwych połączeń międzywarstwowych, co również umożliwia znaczne przyspieszenie prac budowlanych oraz szybsze oddanie nawierzchni do ruchu. Potwierdziły to przedstawione przykłady wykonanych nawierzchni w tej technologii na obszarze całej Europy, jak również w Polsce na odcinku autostrady A-2 Emilia-Stryków.

- **Bernd Nolle**, (Niemcy, TPA) – **Ciche nawierzchnie w Niemczech**

Autor tej prezentacji omówił rodzaje mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych w Niemczech od początku lat 90-tych do najnowszych mieszanek mineralno-asfaltowych obniżających hałas drogowy.

Wraz z postępem technologicznym i na podstawie licznych badań opracowywane są nowe koncepcje mieszanek mineralno-asfaltowych na „ciche nawierzchnie". Są to specjalnie opracowane asfalty porowate, mieszanki SMA oraz asfalty lane.

- **Karol Kowalski** (Politechnika Warszawska), **Rebecca McDaniel** (USA, North Central Superpave Center) – **Długookresowe badania hałaśliwości i właściwości przeciwpoślizgowych asfaltowych warstw ścieralnych doświadczenia USA**

Prezentację przedstawił Karol Kowalski. Głównym zagadnieniem przedstawionym w prezentacji była ocena właściwości nawierzchni drogowych wykonanych z różnego rodzaju mieszanek mineralno-asfaltowych, związanych z hałaśliwością i właściwościami przeciwpoślizgowymi oraz z trwałością nawierzchni. Oceny tej dokonano na podstawie badań odcinków badawczych nawierzchni drogowych zlokalizowanych w stanie Indiana w północno-centralnej części Stanów Zjednoczonych, poddanych okresowym pomiarom hałasu toczeniu, tekstury i współczynnika tarcia w okresie sześciu lat eksploatacji.

Wygłoszone referaty wywołały duże zainteresowanie i dyskusję na temat mieszanek mineralno- asfaltowych na ciepło oraz cichych nawierzchni drogowych.

Podziękowania Piotrowi Heinrichowi składają Prezes Dariusz Słotwiński oraz Maria Jóźwiak

Jubileuszowe seminarium miało niezwykle uroczysty charakter dzięki towarzyszącym mu dodatkowym atrakcjom. Wieczorem w pierwszym dniu seminarium wszyscy goście zostali zaproszeni na uroczystą kolację, która została uświetniona pokazem tańców orientalnych.

Sympatycznym akcentem było powitanie kwiatami w dniu otwarcia seminarium solenizantów: prof. Jerzego Piłata i prof. Jerzego Ejsmonta oraz Prezesa Wojciecha Malusiego. Życzenia zostały złożone także pozostałym uczestniczącym w seminarium solenizantom, którzy w tym dniu mieli swoje imieniny.

Od lewej: Bernd Nolle, Piotr Radziszewski, Jerzy Piłat, Igor Domański, Carsten Lips

Szczególnie uroczystym momentem seminarium było podziękowanie dla Piotra Heinricha za współpracę z naszym Stowarzyszeniem, który w marcu br. złożył swoją rezygnację z funkcji Członka Zarządu. Prezes Słotwiński podziękował **Piotrowi Heinrichowi** za zaangażowanie w prace Zarządu PSWNA, pomoc w realizacji projektów podejmowanych przez PSWNA oraz współpracę w przyjacielskiej atmosferze.

W imieniu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP Prezes Antoni Szydło przekazał list gratulacyjny z okazji XX Jubileuszowego Seminarium, w którym życzy członkom i sympatykom Stowarzyszenia PSWNA dalszych sukcesów w pracy na rzecz infrastruktury drogowej w Polsce.

Ważną akcentem były także podziękowania sponsorom seminarium. Prezes PSWNA wręczył reprezentantom firm – sponsorów seminarium dyplomy z podziękowaniami. Otrzymali je: Strabag – sponsor generalny; Bitum Poland, Budimex-Dromex, Dolnośląskie Surowce Skalne, Lotos Asfalt, Nynas – sponsorzy główni; Colas, Grupa Drogopol, Rettenmaier, Masfalt, Śląskie Kruszywa Skalne – sponsorzy. Patronat medialny nad seminarium objęły czasopisma: „Autostrady" oraz „Polskie Drogi", które również otrzymały dyplomy z podziękowaniami.

Podsumowania seminarium dokonał Prezes PSWNA, który podziękował wszystkim prelegentom za przygotowanie i wygłoszenie bardzo interesujących prezentacji, a uczestnikom seminarium za aktywny udział w dyskusjach. To z pewnością wyjątkowy jubileusz dla PSWNA, gdyż spotkało się wyjątkowe grono specjalistów polskich oraz zagranicznych. XX seminarium, podobnie jak poprzednie, było kolejnym doskonałym forum do wymiany doświadczeń i opinii wśród grona zaproszonych ekspertów branży drogowej z kraju i zagranicy.

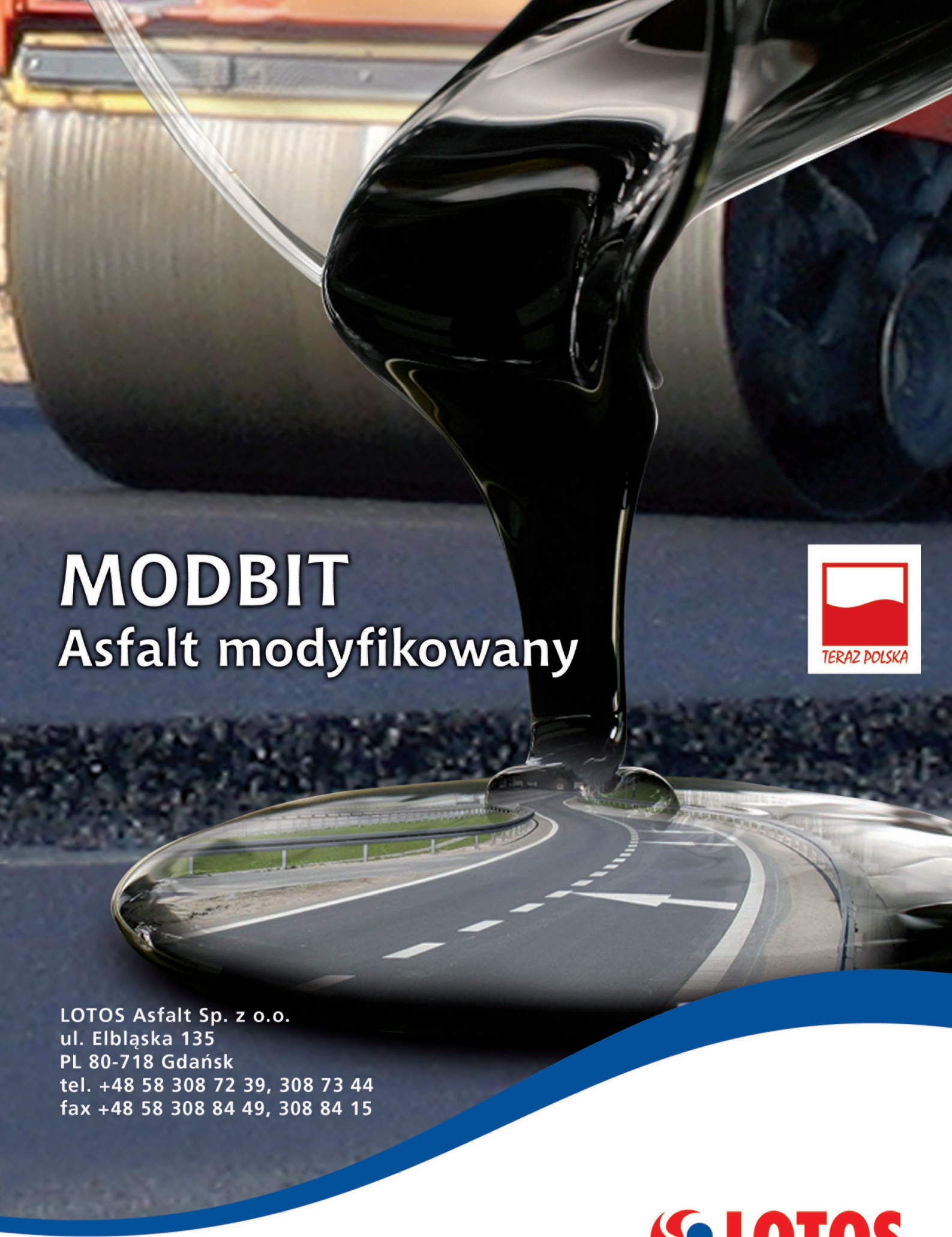
Referaty wygłaszane przez prelegentów zagranicznych tłumaczył bardzo sprawnie pan Igor Domański.

Krótko po zakończeniu seminarium PSWNA rozesłało do wszystkich uczestników ankietę dotyczącą oceny merytorycznej jak i organizacyjnej. Wszystkim, którzy przesłali wypełnioną ankietę ze swoimi uwagami, PSWNA wyraża serdeczne podziękowania. Z pewnością będą one wzięte pod uwagę przy organizacji kolejnych seminariów.

Pamiątkowe zdjęcie uczestników XX Jubileuszowego Seminarium PSWNA zrobione pierwszego dnia seminarium.

Autor zdjęć: Teodor Klepczyński
Opracowała: Maria Jóźwiak

Uczestnicy XX Jubileuszowego Seminarium PSWNA
Jachranka, 22-24 kwietnia 2009



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

www.lotosasfalt.pl

LOTOS