Rozwiązania materiałowo-technologiczne i klasyfikacja nawierzchni asfaltowych redukujących hałas drogowy

KAROL J. KOWALSKI
Politechnika Warszawska
k.kowalski@il.pw.edu.pl
ORCID: 0000-0002-9996-3637

JANUSZ BOHATKIEWICZ
Politechnika Lubelska
j.bohatkiewicz@pollub.pl
ORCID: 0000-0002-9659-2666

JAN KRÓL
Politechnika Warszawska
j.krol@il.pw.edu.pl
ORCID: 0000-0001-8728-3530

MICHAŁ SARNOWSKI
Politechnika Warszawska
m.sarnowski@il.pw.edu.pl
ORCID: 0000-0002-2908-7774

Nawierzchnie asfaltowe o obniżonej hałaśliwości

Powszechnie stosowanym rozwiązaniem w zakresie ochrony akustycznej jest wykorzystanie ekranów akustycznych [1]. W ostatnich latach nastąpił również wzrost zainteresowania nawierzchniami redukującymi hałas drogowy [2] [3] [4]. W Polsce wykonano odcinki prototypowe i realizacje na licznych odcinkach zlokalizowanych w miastach i poza nimi [5] [6] [7] [8]. Projektanci i wykonawcy nawierzchni zdobywają coraz więcej doświadczeń, które należy wykorzystać do ulepszania technologii nawierzchni redukujących hałas drogowy [9] [10].

Trwałość nawierzchni redukujących hałas należy rozpatrywać w dwóch aspektach. Oprócz trwałości technicznej [11] oznaczającej spełnienie właściwości eksploatacyjnych i mechanicznych nawierzchni w okresie eksploatacji, nie mniej ważna jest trwałość akustyczna nawierzchni drogowej. W celu zapewnienia trwałości akustycznej i jednocześnie trwałości technicznej nawierzchni należy opracować wytyczne materiałowo-technologiczne oraz zalecenia utrzymaniowe na wzór Wymagań Technicznych WT-2 [12] [13]. Ponadto istnieje konieczność odpowiedniej klasyfikacji nawierzchni redukujących hałas drogowy i ujęcia ich w formie katalogowej. W ramach projektu RID – Rozwój Innowacji Drogowych, pt. „Ochrona przed hałasem drogowym" opracowano „Katalog klasyfikacyjny nawierzchni drogowych w odniesieniu do hałasu drogowego" [14]. Katalog rozróżnia dwa podstawowe rodzaje nawierzchni asfaltowych redukujących hałas, tj. nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości typu BBTM oraz nawierzchnie ciche z asfaltu porowatego PA.

Charakterystyka technologii

W omawianym katalogu odniesiono się do powszechnie stosowanych technologii mieszanek mineralno-asfaltowych i betonu cementowego. W niniejszym artykule przedstawiono jedynie klasyfikację nawierzchni asfaltowych (nawierzchnie podatne i półsztywne) z wyłączeniem nawierzchni drogowych zlokalizowanych na obiektach inżynierskich. Do typowych technologii asfaltowych zaliczyć można mieszanki:

- AC – beton asfaltowy,
- BBTM – beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw,
- PA – asfalt porowaty,
- SMA – mieszankę mastyksowo-grysową.

W praktyce budowlanej spotyka się również technologie drogowe inne niż powszechnie stosowane, będące np. rozwiązaniem własnym firmy drogowej, w tym takie, które chronione są prawem patentowym. Należy zaznaczyć, że Katalog, podobnie jak katalogi typowych konstrukcji nawierzchni drogowych, swoim zakresem obejmuje rozwiązania typowe. Asfaltowe rozwiązania nietypowe, takie jak np. mieszanki mineralno-asfaltowe typu OGFC lub SMA-LA, SMA JENA, itp. są możliwe do stosowania, wymagają jednak indywidualnego podejścia projektowego. W odniesieniu do ochrony przed hałasem komunikacyjnym konieczne będzie określenie prawdopodobnej emisji hałasu na styku opony z taką nawierzchnią lub podanie innej miary hałasu drogowego i jego zmian w trakcie eksploatacji nawierzchni drogowej.

W niniejszym katalogu zastosowano następujące oznaczenia i skróty dotyczące typów mieszanek mineralno-asfaltowych: liczbą (5, 8 lub 11) występującą po oznaczeniu typu mieszanki mineralno-asfaltowej określono wymiar D (w milimetrach) największego ziarna kruszywa występującego w mieszance. W przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych typu BBTM wprowadzono dodatkowe oznaczenie literowe – A lub B oznaczające wariant rodzajowy tej mieszanki.

Pod względem budowy wewnętrznej oraz makrotekstury mieszanki mineralno-asfaltowe podzielić można na mieszanki o strukturze zamkniętej, półotwartej oraz otwartej.

Najczęściej stosowanymi w Polsce mieszankami do warstwy ścieralnej są mieszanki typu beton asfaltowy AC oraz mastyks grysowy SMA. Mieszanki te, z przeznaczeniem

do warstwy ścieralnej, charakteryzują się zawartością wolnych przestrzeni na poziomie od 2% do 4%. Kolejną grupę kompozytów asfaltowych o strukturze półotwartej stanowią mieszanki mineralno-asfaltowe typu BBTM z odpowiednio ukształtowaną makroteksturą. Są to mieszanki o obniżonej hałaśliwości, charakteryzujące się zwiększoną zawartością wolnych przestrzeni (ponad 7%). Mieszanki BBTM o uziarnieniu 8 oraz 11 mm zgodne z Wymaganiami Technicznymi WT-2 2014 [12] charakteryzują się szerokim przedziałem w zakresie zawartości wolnej przestrzeni (10–25%); górna granica przedziału jest bliższa mieszankom o strukturze otwartej. Ostatnią grupę materiałów stosowanych do wykonywania tzw. „cichych" nawierzchni stanowią mieszanki asfaltu porowatego PA, które charakteryzują się otwartą strukturą i zawartością wolnej przestrzeni w granicach od 18% do 28%. Połączone wewnętrzne pory w tego typu mieszance umożliwiają swobodny przepływ wody i powietrza, co powoduje zmniejszenie efektu pompowania i ssania powietrza na styku opony z nawierzchnią [8] i pozwala na częściowe rozproszenie fal dźwiękowych oraz ogranicza ich odbijanie.

Mieszanki mineralno-asfaltowe przeznaczone do wykonywania cichych nawierzchni drogowych oraz nawierzchni o obniżonej hałaśliwości powinny być produkowane z zachowaniem szczególnych reżimów technologicznych oraz starannie wbudowane. Przykładowy widok ogólny i makroteksturę nawierzchni wykonanych w technologii BBTM oraz PA przedstawiono na fotografii 1. Na fotografii 2 przedstawiono widok ogólny wraz z makroteksturą nawierzchni ulicy Wołoskiej w Warszawie wykonanej w technologii BBTM.

a)

b)

Fot. 1. Nawierzchnia cicha z PA i o obniżonej hałaśliwości BBTM w miejscowości Uścięcice, woj. Wielkopolskie: a) widok ogólny, b) makrotekstura

a)

b)

Fot. 2. Ulica Wołoska w Warszawie z nawierzchnią o obniżonej hałaśliwości BBTM: a) widok ogólny b) makrotekstura

Do produkcji i wbudowania warstwy ścieralnej z mieszanek BBTM i PA należy stosować typowe maszyny i urządzenia, takie jak: wytwórnię mieszanek mineralno-asfaltowych o mieszaniu cyklicznym (lub ciągłym) z automatycznym (komputerowym) sterowaniem produkcji, układarkę gąsienicową z elektronicznym sterowaniem równości układanej warstwy, skrapiarkę, walce stalowe gładkie, szczotki mechaniczne i/lub inne urządzenia czyszczące, samochody samowyładowcze z przykryciem brezentowym lub termosy oraz inny sprzęt drobny pomocniczy.

Temperatura mieszanki mineralnej nie powinna przekraczać o więcej niż 30°C najwyższej temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej, tj.:

- mieszanki z asfaltem modyfikowanym gumą: od 160°C do 200°C,
- mieszanki z polimeroasfaltem: wg wskazań producenta lepiszcza (najczęściej od 150°C do 190°C).

Dolna temperatura dotyczy mieszanki mineralno-asfaltowej BBTM lub PA dostarczonej na miejsce wbudowania, a górna temperatura – mieszanki mineralno-asfaltowej bezpośrednio po wytworzeniu w wytwórni. Sposób i czas mieszania składników mieszanki mineralno-asfaltowej powinny zapewnić równomierne otoczenie kruszywa lepiszczem asfaltowym.

Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni jest uzależnione od zapewnienia połączenia między warstwami i ich współpracy w przenoszeniu obciążenia od ruchu. Podłoże powinno być skropione lepiszczem. Ma to na celu zwiększenie połączenia między warstwami konstrukcyjnymi oraz zabezpieczenie przed wnikaniem i zaleganiem wody mię-

dzy warstwami. Do złączania warstw konstrukcji nawierzchni (warstwa wiążąca z warstwą ścieralną) należy stosować kationowe emulsje asfaltowe lub kationowe emulsje modyfikowane polimerami.

Podłoże i połączenia warstw BBTM

Skropienie podłoża (np. asfaltowej warstwy wiążącej) lepiszczem przed ułożeniem warstwy ścieralnej z mieszanki BBTM powinno być wykonane w ilości podanej w przeliczeniu na pozostałe lepiszcze, tj. 0,4÷0,8 kg/m^2, przy czym:

- zaleca się stosować emulsję modyfikowaną polimerem,
- ilość emulsji należy dobrać z uwzględnieniem stanu podłoża oraz porowatości mieszanki,
- jeśli mieszanka ma większą zawartość wolnych przestrzeni, to należy użyć większą ilość lepiszcza do skropienia, które po ułożeniu warstwy ścieralnej uszczelni ją.

Do uszczelnienia połączeń technologicznych (tj. złączy podłużnych i poprzecznych z tego samego materiału wykonywanego w różnym czasie oraz spoin stanowiących połączenia różnych materiałów lub połączenie warstwy asfaltowej z urządzeniami obcymi w nawierzchni lub ją ograniczającymi), należy stosować:

- materiały termoplastyczne, jak taśmy asfaltowe, pasty, itp. według norm lub aprobat technicznych,
- emulsję asfaltową według PN-EN 13808 lub inne lepiszcza według norm lub aprobat technicznych.

Grubość pasty asfaltowej powinna wynosić 3–4 mm (3–4 kg/m^2 przy gęstości pasty 1 g/cm^3).

Grubość taśmy asfaltowej do spoiny powinna wynosić:

- nie mniej niż 10 mm przy grubości warstwy technologicznej do 2,5 cm,
- nie mniej niż 15 mm przy grubości warstwy technologicznej większej niż 2,5 cm.

Grubość taśmy asfaltowej do złączy w warstwie ścieralnej w technologii „gorące przy zimnym" powinna wynosić nie mniej niż 10 mm i taśma powinna być wstępnie przyklejona do zimnej krawędzi złącza na całej jego wysokości oraz powinna wystawać ponad powierzchnię warstwy do 5 mm [13].

Podłoże i połączenia warstw porowatych

Podłoże pod warstwę z asfaltu porowatego należy uszczelnić (przy dwuwarstwowym PA: pod dolną warstwą). Podłoże pod warstwę porowatą powinno być dokładnie oczyszczone w sposób mechaniczny i ręczny, a następnie skropione emulsją asfaltową w ilości 0,8 kg/m^2 (0,5 kg/m^2 pozostałego asfaltu). Następnie tak przygotowaną warstwę należy posypać kruszywem łamanym lakierowanym frakcji 5/8 mm w ilości 7 kg/m^2, które należy wtłoczyć walcem w warstwę emulsji. Po wykonaniu wstępnego uszczelnienia ponownie skrapia się podłoże emulsją w ilości 2,5 kg/m^2 (1,5 kg/m^2 ilość pozostałego lepiszcza). Ilość użytego lepiszcza i kruszywa oraz jego uziarnienie należy dobierać tak, aby po przygotowanym w ten sposób uszczelnionym podłożu było możliwe poruszanie się maszyn drogowych bez ryzyka przyklejenia się lepiszcza i grysu do kół lub gąsienic pojazdów roboczych. Tak przygotowaną warstwę uszczelniającą pozostawia się bez oddziaływania jakiegokolwiek ruchu na czas niezbędny do penetracji lepiszcza w warstwę podłoża i odparowania wody z emulsji [15]. Ilość emulsji należy dobrać z uwzględnieniem stanu podłoża oraz porowatości mieszanki. W przypadku stosowania dwuwarstwowej warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego PA, nie wolno stosować skropienia pomiędzy tymi warstwami. Nie należy stosować materiałów do uszczelnienia krawędzi oraz połączeń technologicznych (tj. złączy podłużnych i poprzecznych) w postaci lepiszczy, past i taśm, które spowodowałyby uszczelnienie otwartej struktury warstwy i uniemożliwiły swobodny przepływ w niej wody w kierunku poziomym.

Wbudowanie mieszanek BBTM i PA

Mieszankę mineralno-asfaltową należy wbudowywać w odpowiednich warunkach atmosferycznych biorąc pod uwagę, że mieszanki o strukturze półotwartej i otwartej są bardziej narażone na wychłodzenie z powodu mniejszej gęstości nasypowej w stanie luźnym. Nie dopuszcza się również układania tych mieszanek podczas silnego wiatru (V > 16 m/s). Zagęszczanie rozłożonych mieszanek BBTM i PA należy wykonywać wyłącznie walcami stalowymi. Nie dopuszcza się używania walców na kołach ogumionych, które mogłyby spowodować powierzchniowe zamknięcie warstwy nawierzchni. Ze względu na możliwość zniszczenia szkieletu grysowego w warstwie porowatej, a tym samym zatkania systemu kanałów odprowadzających wodę, podczas zagęszczania nie należy również stosować wibracji.

Grubość warstwy ścieralnej (jednowarstwowej) z asfaltu porowatego PA powinna wynosić od 40 mm do 50 mm, a pochylenie poprzeczne jednostronne – nie mniej niż 2,5% [16].

Wskaźnik zagęszczenia warstwy z mieszanki BBTM 8A i BBTM 8B nie może być mniejszy niż 98%, a mieszanki BBTM 11A i BBTM 11B – nie mniejszy niż 97%. Wg WT-2 2016 część II [13] wskaźnik zagęszczenia warstwy z mieszanki PA 8 i PA 11 nie może być mniejszy niż 97%. Właściwości wykonanej warstwy ścieralnej z mieszanek BBTM i PA powinny spełniać warunki podane w tabeli 1.

Tabela 1. **Właściwości warstwy z mieszanek BBTM i PA**

Typ i wymiar mieszanki	Projektowana grubość warstwy technologicznej [cm]	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
BBTM 8A	2,0 ÷ 4,0	98 ÷ 101	4,0 ÷ 9,0
BBTM 8B			8,0 ÷ 14,0
BBTM 11A		97 ÷ 101	8,0 ÷ 17,0
BBTM 11B			14,0 ÷ 22,0
PA 8	4,0 ÷ 5,0	97 ÷ 101	16,0 ÷ 28,0
PA 11			

Mieszanka mineralno-asfaltowa powinna być wbudowywana rozkładarką wyposażoną w układ automatycznego sterowania grubością warstwy i utrzymywania niwelety

zgodnie z dokumentacją projektową. W miejscach niedostępnych dla sprzętu dopuszcza się wbudowywanie ręczne.

Prawidłowo wykonana warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej BBTM o podwyższonej zawartości wolnych przestrzeni powinna umożliwiać (pomimo rozwiniętej tekstury powierzchni) swobodne spływanie wody po jej powierzchni, zgodnie z nadanym spadkiem. Mieszanka asfaltu porowatego PA, o bardzo dużej zawartości połączonych wolnych przestrzeni, powinna umożliwiać swobodny przepływ wody w jej strukturze wewnętrznej, zgodnie z nadanym spadkiem. Nawierzchnia BBTM i PA w trakcie opadów deszczu o średniej intensywności powinna być matowa (bez zalegania wody). Warstwa ścieralna z mieszanki BBTM lub PA powinna znajdować się 1 cm powyżej elementów ścieku przykrawężnikowego. W przypadku nawierzchni cichych PA ścieki przykrawężnikowe powinny zostać wykonane z zastosowaniem rozwiązań technicznych dostosowanych do technologii asfaltu porowatego lub warstwa asfaltu porowatego nie powinna być ograniczona ściekiem przykrawężnikowym. Krawędź warstwy asfaltu porowatego nie powinna być uszczelniana, co zapewni swobodny wypływ wody.

Katalog klasyfkacyjny nawierzchni asfaltowych

Katalog opracowany w ramach projektu RID–I–76 służy do klasyfikacji technologii nawierzchni drogowej pod względem hałasu generowanego na styku koła z nawierzchnią. Należy podkreślić, że nawierzchnia drogowa sama w sobie nie generuje hałasu, natomiast hałaśliwość powstaje podczas ruchu pojazdów samochodowych po górnej warstwie drogi, będącej w bezpośrednim kontakcie z kołem pojazdu. W związku z tym opracowana klasyfikacja dotyczy warstw ścieralnych (jezdnych) nawierzchni drogowej. Głównym zastosowaniem Katalogu jest stworzenie narzędzia przydatnego podczas projektowania dróg oraz sporządzania opracowań środowiskowych w części dotyczącej analiz akustycznych (karta informacyjna przedsięwzięcia, raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, analiza porealizacyjna, przegląd ekologiczny) w zakresie doboru rozwiązań materiałowo-technologicznych. W intencji autorów Katalog nie powinien być stosowany do prowadzenia odbiorów nawierzchni oraz rozliczeń gwarancyjnych. Z uwagi na brak danych w warunkach polskich w Katalogu nie uwzględniono zaleceń podanych w Dyrektywie Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r., które dotyczą wskaźników związanych z mocą akustyczną pojedynczych pojazdów różnych kategorii dla poszczególnych rodzajów nawierzchni. W celu określenia hałasu środowiskowego przeprowadza się osobne analizy.

Katalog może mieć zastosowanie do analiz w odniesieniu do dróg nowo projektowanych lub dróg istniejących. W każdym przypadku wprowadza się pojęcie nawierzchni referencyjnej, która w przypadku drogi nowo projektowanej stanowi nawierzchnię, do której należy odnosić prognozy hałasu drogowego.

Nawierzchnia referencyjna to nawierzchnia drogi wykonanej z zastosowaniem w warstwie ścieralnej mieszanki mastyksu grysowego SMA 11 zgodnie z WT-2 2014. Nawierzchnia referencyjna dotyczy drogi krajowej przeznaczonej do ruchu pojazdów samochodowych o prędkości dopuszczalnej powyżej 50 km/h. Droga projektowana jest na kategorię ruchu większą lub równą KR5. Nawierzchnia referencyjna charakteryzowana jest dla drogi pomiędzy trzecim a czwartym rokiem eksploatacji typowej dla drogi o tej kategorii ruchu, bez widocznych objawów przyspieszonej degradacji [14].

Zgodnie z Dyrektywą Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r. ustanawiającą wspólne metody oceny hałasu zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE nawierzchnia referencyjna powinna być wykonana ze średnio zagęszczonego betonu asfaltowego 0/11 i mieszanki grysowo-mastyksowej 0/11 w wieku 2 do 7 lat oraz w stanie utrzymania określonym w warunkach odniesienia. W polskim Katalogu doprecyzowano rodzaj nawierzchni, zawężono przedział lat eksploatacji oraz rodzaj zastosowanej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Nawierzchnia referencyjna powinna znajdować się na odcinku drogi zlokalizowanej w odległości poza strefami kolejek pojazdów, tj. większej niż 200 m od skrzyżowań, węzłów, wjazdów lub zjazdów, zgodnie z definicjami przedstawionymi w Dz. Ust. 43 [17] oraz Dz. Ust. 1643 [18] oraz od oznakowanych przejść dla pieszych. Ma to na celu organicznie wpływu specyficznych czynników ruchu w strefie kolejek na pomiar hałaśliwości realizowany na odcinku referencyjnym.

W przypadku dróg istniejących, na których wykonywane są roboty drogowe polegające na pełnej lub częściowej wymianie nawierzchni drogowej, zastosowanie do analizy nawierzchni referencyjnej zależy od tego, czy na remontowanej nawierzchni wykonywano pomiar równoważnego poziomu dźwięku czy nie. W pierwszym przypadku należy obliczyć różnicę pomiędzy zmierzoną wartością poziomu hałasu a obliczoną, przy czym w obliczeniach należy przyjąć nawierzchnię referencyjną. Różnica pomiędzy wartością poziomu hałasu obliczoną i zmierzoną porównana do wartości klasyfikacyjnych wskaże na stan akustyczny nawierzchni i dalsze niezbędne działania z nią związane. Jeżeli na istniejącej nawierzchni nie są wykonywane pomiary równoważnego poziomu dźwięku (np. niewielkie przebudowy i remonty), analizę należy wykonać jak w przypadku dróg nowo projektowanych.

Wytyczne w zakresie klasyfikacji pod względem hałaśliwości nawierzchni drogowych przeznaczone są do stosowania na drogach klasy A, S i GP z dopuszczeniem stosowania na drogach klasy G podczas ich przebudowy. Należy zaznaczyć, że hałaśliwość od ruchu komunikacyjnego na drogach innych klas może się znacznie różnić od hałaśliwości na drogach krajowych, gdzie w normalnych warunkach ruch jest płynny. W szczególności na drogach samorządowych i drogach wewnętrznych hałaśliwość zależy głównie od or-

ganizacji ruchu, dopuszczalnej prędkości oraz zachowania i przyzwyczajeń kierowców.

Klasyfikację nawierzchni w odniesieniu do hałasu drogowego przedstawiono w tabeli 2. Zaznaczyć należy, że w praktyce wartości hałaśliwości mogą się różnić w zakresie ±1,5 dB od wielkości katalogowych. Różnice wynikać mogą z dokładności pomiarów i prognoz hałasu środowiskowego w otoczeniu drogi oraz z uwarunkowań materiałowo-technologicznych, w tym m.in. uziarnienia, zawartości lepiszcza, stopnia zagęszczenia oraz warunków pogodowych podczas wykonania warstw nawierzchni drogowych [14].

W Katalogu [14] nie podano wartości hałaśliwości z podziałem na poszczególne rozwiązania materiałowo-technologiczne. Podano natomiast wartości współczynników korekcyjnych, tj. możliwe do osiągnięcia wartości obniżenia hałasu w odniesieniu do nawierzchni referencyjnej. Dlatego w przypadku mieszanki SMA 11 oraz AC 11S wartość współczynnika korekcyjnego wynosi zero, a w pozostałych przypadkach wartość podana w decybelach ma znak ujemny.

Tabela 2. **Katalogowe klasy nawierzchni asfaltowych w odniesieniu do hałasu drogowego** wg [14]

Klasa nawierzchni w odniesieniu do hałasu drogowego		Rozwiązanie technologiczne	Współczynnik korekcyjny, dB
Standardowe		SMA5	–1,5
		SMA8	–1,0
		SMA11	0
		AC5S	–1,0
		AC8S	–0,5
		AC11S	0
Redukujące hałas	o obniżonej hałaśliwości	BBTM8A	–2,0
		BBTM8A*	–2,5
		BBTM8B	–3,5
		BBTM8B*	–4,0
		BBTM11A	–1,5
		BBTM11A*	–2,0
		BBTM11B	–2,0
		BBTM11B*	–2,5
	ciche	PA8	–5,5
		PA11	–4,5

*) mieszanki mineralno-asfaltowe wg RID-I-76: Wymagania techniczne w zakresie rozwiązań materiałowo-technologicznych nawierzchni redukujących hałas drogowy przedstawione w artykule [19]

Zmiany właściwości nawierzchni w odniesieniu do hałasu drogowego

W trakcie eksploatacji nawierzchnie drogowe podlegają zmianom w zakresie cech powierzchniowych, które skutkują zmianami w hałasie drogowym. W okresie eksploatacji nawierzchni konieczne jest dokonywanie zabiegów utrzymaniowych i remontów cząstkowych, m.in. w celu zachowania właściwości związanych z hałasem drogowym. Remonty okresowe nawierzchni drogowej, polegające na wymianie asfaltowej warstwy ścieralnej, skutkować mogą przywróceniem pierwotnych cech powierzchniowych nawierzchni drogowej i przywróceniem pierwotnych właściwości w zakresie hałaśliwości. W związku z powyższym w Katalogu [14] przedstawiono dane umożliwiające oszacowanie okresu zachowania właściwości akustycznych nawierzchni w trakcie eksploatacji bez przeprowadzania remontu okresowego (tab. 3).

Tabela 3. **Zachowanie właściwości akustycznych nawierzchni drogowej w trakcie eksploatacji (bez przeprowadzania remontu okresowego)** wg [14]

Klasa nawierzchni w odniesieniu do hałasu drogowego		Rozwiązanie technologiczne	Czas, lata
Standardowe		SMA5	12
		SMA8	12
		SMA11	12
		AC5S	12
		AC8S	12
		AC11S	12
Redukujące hałas	o obniżonej hałaśliwości	BBTM8A	6
		BBTM8A*	9
		BBTM8B	6
		BBTM8B*	9
		BBTM11A	6
		BBTM11A*	9
		BBTM11B	6
		BBTM11B*	9
	ciche	PA8	6
		PA11	6

*) mieszanki mineralno-asfaltowe wg RID-I-76: Wymagania techniczne w zakresie rozwiązań materiałowo-technologicznych nawierzchni redukujących hałas drogowy przedstawione w artykule [19]

W przypadku standardowych rozwiązań nawierzchni wykonanych z typowych mieszanek mineralno-asfaltowych (AC, SMA), hałas drogowy generowany na styku koło/nawierzchnia w okresie pierwszych dwóch lat eksploatacji może być różny od wartości przedstawionych w tabeli 2. Związane jest to ze zjawiskiem stabilizowania się właściwości powierzchniowych nawierzchni, które następuje pomiędzy drugim i trzecim rokiem eksploatacji. W początkowym okresie eksploatacji wartości hałaśliwości mogą być o 0,5–2,0 dB niższe (większe zmiany dotyczą nawierzchni z mieszankami o mniejszym maksymalnym uziarnieniu kruszywa, natomiast mniejsze zmiany dotyczą nawierzchni z większym maksymalnym uziarnieniem). W pozostałym okresie eksploatacji występować może równomierny przyrost hałaśliwości w zakresie 0–1,5 dB w przypadku właściwego prowadzenia zabiegów utrzymaniowych nawierzchni.

W przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych redukujących hałas drogowy generowany na styku koło/nawierzchnia (BBTM, PA) w pierwszym okresie eksploatacji (do 1 roku) również występować mogą różnice w stosunku do wartości przedstawionych w tabeli 2. W początkowym okresie eksploatacji wartości te mogą być o 0,5–1,0 dB wyższe.

W kolejnym okresie eksploatacji (od 1 do 4 lat) następuje stabilizacja właściwości. W pozostałym okresie eksploatacji występować może równomierny przyrost hałaśliwości w zakresie od 0 dB do 1,5 dB w przypadku nawierzchni projektowanych i utrzymywanych zgodnie z zaleceniami RID-I-76. Należy podkreślić, że w przypadku nawierzchni porowatych istotnym czynnikiem zmniejszającym zatykanie porów w nawierzchni jest prędkość pojazdów. Przy dużych prędkościach i płynnym ruchu, szczególnie na drogach ekspresowych i autostradach, podczas opadów deszczu występuje zjawisko samooczyszczania w wyniku większych sił ssących na styku koła i nawierzchni.

Podsumowanie

Trwałość nawierzchni redukujących hałas toczenia należy rozpatrywać kompleksowo, oprócz trwałości eksploatacyjnej związanej z właściwościami mechanicznymi nawierzchni, istotna jest trwałość akustyczna. Opracowane w ramach projektu RID wytyczne materiałowo-technologiczne oraz zalecenia utrzymaniowe mogą przyczynić się do poprawy trwałości nawierzchni redukujących hałas drogowy.

Opracowany w ramach projektu RID–I–76 Katalog klasyfikacyjny nawierzchni drogowych pod względem hałasu drogowego generowanego na styku koła z nawierzchnią jest przydatnym narzędziem podczas projektowania dróg oraz sporządzania opracowań środowiskowych w zakresie doboru rozwiązań w aspekcie ochrony środowiska przed hałasem drogowym. Katalog jako narzędzie wspomagajace proces projektowania i opracowania dokumentacji nie powinien być stosowany do prowadzenia odbiorów nawierzchni oraz rozliczeń gwarancyjnych.

PODZIĘKOWANIE

Artykuł opracowano na podstawie projektu współfinansowanego przez GDDKiA i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – Rozwój Innowacji Drogowych (DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016), pt. „Ochrona przed hałasem drogowym”.

Bibliografia

[1] Pietrzak K., Tokarski Z., Kowalski K.J.: *Assessment of the traffic noise reduction when using tramway screening*. Roads and Bridges – Drogi i Mosty, 17, 2, 2018, 127–139, doi:http://dx.doi.org/10.7409//rabdim.018.008.
[2] Bańkowski W.: *Ciche nawierzchnie drogowe na świecie*, „Materiały Budowlane”, vol. 11, 2011, 51–53.
[3] Gardziejczyk W.: *„Cicha” nawierzchnia drogowa jako sposób na ograniczenie hałasu od ruchu samochodowego*. „Inżynieria Ekologiczna”, 40, 2014, 65–73.
[4] Mackiewicz P., Szydło A., Krawczyk B.: *Influence of the construction technology on the texture and roughness of concrete pavements.* Roads and Bridges – Drogi i Mosty, 17, 2, 2018, 111–126, doi:http://dx.doi.org/10.7409/rabdim.018.007.
[5] Świeczko-Żurek B., Jaskula P., Ejsmont A.J., Kędzierska A., Czajkowski P.: *Rolling resistance and tyre/road noise on rubberised asphalt pavement in Poland*, Road Materials and Pavement Design, 18:1, 2017, 151–167, DOI: 10.1080/14680629.2016.1159245.
[6] Kowalski K.J., Brzeziński A.J., Król J.B., Radziszewski P., Szymański Ł.: *Traffic analysis and pavement technology as a tool for urban noise control*. Archives of Civil Engineering, LXI, 4, 2015, 107–125.
[7] Kowalski K. J., Bańkowski W., Król J.B., Gajewski M., Horodecka R., Świeżewski P.: *Selection of quiet pavement technology for Polish climate conditions on the example of CiDRO project*, Transportation Research Procedia, vol. 14, 2016, 2724–2733.
[8] Bohatkiewicz J., Hałucha M.: *The Impact of Quiet Pavements' Usage Traffic Noise on People in Loosely Built-up Areas*. Traffic Noise – Exposure, Health Effects and Mitigation. Acoustic Research Technology. Nova Science Publishers. New York, 2017, s. 105–206.
[9] Bendtsen H., Gspan K.: *Technical Report 2017-01 State of the art. In managing road traffic noise: noise-reducing pavements*, Conference of European Directors of Roads, January, 2017, ISBN: 979-10-93321-27-1.
[10] Pratico F.G., Swanlund M., George L.A., Anfosso F., Tremblay G., Tellez R., Kamiya K., Cerro J.: *Quiet pavement technologies, World Road Association (PIARC)*, France, 2013, ISBN: 979-10-93321-27-1.
[11] Bańkowski W., Horodecka R., Gajewski M., Mirski K.: *Rozszerzona ocena trwałości mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło*. Roads and Bridges – Drogi i Mosty, 15, 2, 2016, 157–173, doi:http://dx.doi.org/10.7409/rabdim.016.010.
[12] WT-2 2014: Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania Techniczne, Warszawa 2014 (załącznik do zarządzenia Nr 54 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r.).
[13] WT-2 2016: Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – część II Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych – Wymagania Techniczne, Warszawa 2016 (załącznik do zarządzenia Nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 09.05.2016 r.).
[14] Katalog klasyfikacyjny nawierzchni drogowych w odniesieniu do hałasu drogowego. Projekt RID – I/76 Ochrona przed hałasem drogowym, 2018.
[15] RID-76-Zad2-Załącznik 1: Wymagania techniczne w zakresie rozwiązań materiałowo-technologicznych nawierzchni redukujących hałas drogowy. Projekt RID – I/76 Ochrona przed hałasem drogowym, 2018.
[16] Kowalski K.J. i inni: *Innowacyjna technologia nawierzchni drogowych o obniżonej emisji hałasu*. Mostostal Warszawa S.A., Warszawa 2015.
[17] Dz.U. 1999 nr 43 poz. 430 Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
[18] Dz.U. 2019 poz. 1643 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 1 sierpnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
[19] Sarnowski M., Kowalski K., Król J.: *Projektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych redukujących hałas drogowy.* „Drogownictwo”, rok LXXVI, nr 2, 2021, s. 41–48.