



RENATA HORODECKA

IBDiM
rhorodecka@ibdim.edu.pl



WOJCIECH BAŃKOWSKI

IBDiM, Politechnika
Lubelska
wbankowski@ibdim.edu.pl



KRZYSZTOF MIRSKI

IBDiM
kmirskil@ibdim.edu.pl

Ocena przydatności prototypowego aparatu do badania wodoprzepuszczalności asfaltu porowatego

W artykule przedstawiono wyniki pracy badawczej, której celem było sprawdzenie poprawności działania aparatu do badania wodoprzepuszczalności (fot. 1), skonstruowanego na zlecenie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów (IBDiM), a z uwagi na prototypowy charakter urządzenia, ewentualne jego udoskonalenie i opracowanie procedury badawczej. W wyniku tych prac stwierdzono, że istnieje możliwość wdrożenia do praktyki metody badawczej wg PN-EN 12697-19 [1] na oznaczenie wodoprzepuszczalności pionowej i poziomej do oceny jakości mieszank mineralno-asfaltowych (mma) typu asfalt porowaty (PA). Metoda ta jest przewidziana w normie PN-EN 13108-20 [2] w odniesieniu do asfaltu porowatego, który cieszy się coraz większym zainteresowaniem na rynku polskim. Asfalt porowaty został

objęty normalizacją europejską oraz uwzględniony w polskich wymaganiach technicznych [8]. Analizując zebrane doświadczenia z wielu krajów, można stwierdzić, że pod względem obniżenia hałasu najkorzystniejszą są oceniane konstrukcje nawierzchni z warstwą ścierną wykonaną z asfaltu porowatego [3,4,5]. Asfalt porowaty jest to mieszanka o strukturze otwartej, o zawartości wolnych przestrzeni od 16 do 25% (v/v), w porównaniu do tradycyjnych mieszank mineralno-asfaltowych do warstwy ścierną, w których zawartość wolnych przestrzeni wynosi 2–4% (v/v). Stosując tę technologię można uzyskać redukcję hałasu wynoszącą 4-5 dB przy układzie jednowarstwowym lub nawet do 10 dB przy układzie dwuwarstwowym [6]. Kolejną zaletą tego rodzaju mieszanki jest zmniejszenie zjawiska mgły wodnej w trakcie jazdy po mokrej nawierzchni. Woda jest odprowadzana przez warstwę porowatą na zewnątrz i jest w znacznie mniejszym stopniu wzbijana przez koła pojazdów [7]. Z tego powodu nawierzchnie z warstwą porowatą nazywane są często nawierzchniami drenażowymi. Biorąc pod uwagę zalety asfaltu porowatego, a w szczególności obniżenie hałasu i odprowadzenie wody, badanie wodoprzepuszczalności jest bardzo istotne. Warstwa o dobrej wodoprzepuszczalności będzie lepiej redukowała hałas i lepiej odprowadzała wodę z nawierzchni [8].



Fot. 1. Aparat do oznaczenia wodoprzepuszczalności (fotografia własna)

Program pracy obejmował zgromadzenie mieszank mineralno-asfaltowych do badań i określenie właściwości standardowych (w tym przygotowanie recept i badania podstawowe mma, badanie odporności na działanie wody, badanie spływności) oraz badania wodoprzepuszczalności pionowej i poziomej.

Metodyka badań

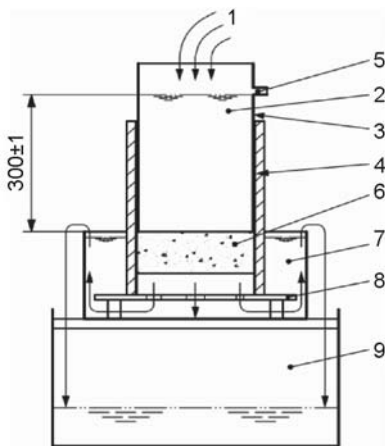
Badanie gęstości i gęstości objętościowej metodą B wykonano wg PN-EN 12697-5 i 6 [9], [10]. Wolną przestrzeń P_p , w zagęszczonej mieszance mineralno-asfaltowej obliczono zgodnie z normą PN-EN 12697-8 [11]. Spływność lepiszcza przeprowadzono metodą wg PN-EN 12697-18 [12]. Badanie odporności mieszanki na działanie wody wykonano wg PN-EN 12697-12 [3], wytrzymałość na rozciąganie pośrednie oznaczono wg PN-EN 12697-23 [13]. W trakcie wykonywania badań wykorzystano instrukcję badawczą podaną w załączniku nr 1 do WT-2 2010 [14]. Przepuszczalność próbek (wodoprzepuszczalność) wg PN-EN 12697-19 [1].

Metodę określenia poziomej i pionowej przepuszczalności wody przez cylindryczne próbki wykonane z mieszanki mineralno-asfaltowej opisano w normie PN-EN 12697-19 [1]. Metoda badawcza odnosi się do próbek przygotowanych w la-

boratorium urządzeniami do zagęszczenia oraz próbek wyciętych z nawierzchni drogi lub z płyt wykonanych w laboratorium. Grubość próbki powinna być nie mniejszej niż 2,5-krotna nominalna wielkość (D) ziaren kruszywa w mieszance mineralnej. Nominalna średnica próbki powinna wynosić 100 mm (przy wielkości ziaren do 22 mm) lub 150 mm (jeśli wielkość ziarna przekracza 22 mm).

W trakcie badania próbka cylindryczna obciążana jest słupem wody o stałej wysokości w sposób umożliwiający przenikanie wody przez próbkę w kontrolowanym czasie w obu kierunkach (poziomym i pionowym), zależnie od parametru, który ma być oznaczony. Oznaczony współczynnik przepływu wody Q_v lub Q_h (pionowy lub poziomy) jest miarą wielkości wodoprzepuszczalności K_v lub K_h . Badanie w warunkach laboratoryjnych jest przeprowadzane w temperaturze otoczenia w zakresie od 15°C do 25°C. Jeżeli znana jest zawartość wolnej przestrzeni danej próbki, to może być określona zależność pomiędzy wodoprzepuszczalnością a zawartością wolnej przestrzeni.

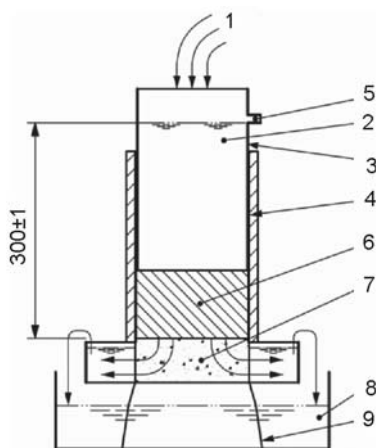
Ogólny schemat działania urządzenia przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Wymiary aparatu powinny zapewnić wysokość słupa wody (300 ± 1) mm nad próbką. Średnica rury powinna być większa od średnicy próbki o maksymalnie 5 mm, maksymalna grubość ścianki rury została ograniczona do 5 mm.



Legenda:

- 1 dopływ wody
- 2 słup wody
- 3 plastikowa rura
- 4 gumowy pierścień uszczelniający
- 5 zawór przelewowy do utrzymywania wysokości słupa wody
- 6 próbka
- 7 łaźnia wodna
- 8 perforowana płyta
- 9 pojemnik gromadzący wodę

Rys. 1. Urządzenia do badania pionowej przepuszczalności [1]



Legenda:

- 1 dopływ wody
- 2 słup wody
- 3 górna plastikowa rura
- 4 gumowy pierścień uszczelniający
- 5 zawór przelewowy do utrzymywania wysokości słupa wody
- 6 dolna plastikowa rura
- 7 próbka
- 8 pojemnik gromadzący wodę
- 9 podpórka

Rys. 2. Urządzenia do badania poziomej przepuszczalności [1]

Pionowy przepływ wody poprzez próbkę Q_v oznacza się wg wzoru:

$$Q_v = \frac{(m_2 - m_1)}{t} \times 10^{-6} \quad (1)$$

w którym:

- Q_v – pionowy przepływ wody poprzez próbkę (m^3/s);
- m_1 – masa pustego dolnego pojemnika (8) $\pm 0,5$ g (g);
- m_2 – masa dolnego pojemnika (8) wraz z przefiltrowaną wodą $\pm 0,5$ g (g);
- t – czas przepływu wody przez próbkę (s).

Pionową wodoprzepuszczalność próbki, K_v , oblicza się zgodnie ze wzorem Darcy:

$$K_v = \frac{4 \times Q_v \times l}{h \times \pi D^2} \quad (2)$$

w którym:

- K_v – pionowa wodoprzepuszczalność (m/s);
- Q_v – pionowy przepływ wody poprzez próbkę (m^3/s);
- l – grubość próbki (m);
- h – bieżąca wysokość słupa wody (m);
- D – średnica próbki (m).

Poziomy przepływ wody poprzez próbkę Q_h oznacza się wg wzoru:

$$Q_h = \frac{(m_2 - m_1)}{t} \times 10^{-6} \quad (3)$$

w którym:

- Q_h – poziomy przepływ wody poprzez próbkę (m^3/s);
- m_1 – masa pustego dolnego pojemnika (8) $\pm 0,5$ g, (g);
- m_2 – masa dolnego pojemnika (8) wraz z przefiltrowaną wodą $\pm 0,5$ g (g);
- t – czas przepływu wody przez próbkę (s).

Poziomą wodoprzepuszczalność próbki K_h oblicza się zgodnie ze zmodyfikowanym wzorem Darcy:

$$K_h = \frac{Q_h \times l}{(H + P + 0,5l) \times (\pi \times D \times l)} \quad (4)$$

w którym:

- K_h – pozioma wodoprzepuszczalność próbki (m/s);
- Q_h – poziomy przepływ wody poprzez próbkę (m^3/s);
- l – grubość próbki (m);
- $(H + P + 0,5l)$ – bieżąca wysokość słupa wody (m);
- H – odległość pomiędzy odpływem wody górnej rury a dolną rurą (m);
- P – wysokość dolnej rury przyklejonej do próbki (m)
- $(\pi \times D \times l)$ – pionowa powierzchnia próbki (powierzchnia przesączania) (m^2);
- D – średnica próbki (m).

Składy mieszanek mineralno-asfaltowych (PA11 S) oraz podstawowe właściwości

W pracy wykorzystano cztery warianty recepty na mieszanekę mineralno-asfaltową typu asfalt porowaty PA11 S do warstwy ścieralnej nawierzchni drogowej, o kategorii ruchu KR3-KR6, z uwzględnieniem wymagań wg WT-2 2010.

Materiały składowe stanowiły: asfalt modyfikowany 45/80-65 (LOTOS Asfalt), mączka wapienna (Bukowa), bazalt 0/2 mm (Kopalnia Bazaltu Sulików), bazalt 5/8, 8/11 mm (Kopalnia Wilków), piasek łamany 0/2 mm (Paczków), gabro 5/8,

8/11 mm (Słupiec) oraz dodatki: środek adhezyjny – Wetfix BE (Akzo Nobel), stabilizator – Arboceel ZZ 8/1 (J. RETTENMAIER), wapno hydratyzowane.

W tabelach 1–3 przedstawiono istotne informacje na temat składu i właściwości analizowanych mieszank PA11 S. Użytkano zawartość wolnych przestrzeni na dolnym i górnym przedziale wymagań wg WT-2 2010 wobec mieszanki PA11 S przeznaczonej do warstwy ścieralnej nawierzchni drogowej (od 18% do 24%).

Splywność wg Schellenberga została oznaczona na wszystkich mieszankach PA11 S, bez i z dodatkiem stabilizatora (ARBOCEL). Ze względów oczywistych mieszanki PI, PB bez stabilizatora charakteryzowały się wysoką spływnością. Natomiast w mieszankach ze stabilizatorem odnotowano wyniki spływności na właściwym poziomie, tj. PIM (0,186%), PID (0,198%).

Tabela 1. Skład mieszank PA11 S

Rodzaj mma Symbol	Mieszanki PA11 S			
	PB	PI	PIM	PID
Rodzaj asfaltu:	45/80-65	45/80-65	45/80-65	50/70
Zawartość asfaltu Am, %	6,0	6,0	6,5	6,5
Zawartość wapna, %	20*)	–	–	–
Zawartość stabilizatora, %	–	–	0,4	0,4
Zawartość środka adhezyjnego, %	0,4	0,4	0,4	0,4
Rodzaj kruszywa:	gabro	bazalt	bazalt	bazalt
Skład mieszanki mineralnej (mm)				
Mączka wapienna, % (m/m)	4,8	4,5	4,5	4,5
Grys 0/2 [mm], % (m/m)	7,4	6,0	6,0	6,0
Grys 5/8 [mm], % (m/m)	6,9	14,5	14,5	14,5
Grys 8/11 [mm], % (m/m)	80,9	75,0	75,0	75,0

*) w stosunku do mączki wapiennej

Tabela 2. Zbadane właściwości mieszank PA11 S

Lp.	Właściwości	Wyniki PA11 S			
		Mieszanka	PB	PI	PIM
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,640	2,701	2,670	2,687
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,160	2,063	2,016	2,102
3	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, % (v/v) *	18,17	23,64	22,16	21,76
4	Odporność na działanie wody w 25°C (ITSR), % **	74,5	92,1	93,2	96,1
5	Splywność lepiscza, %	2,354	2,627	0,186	0,198

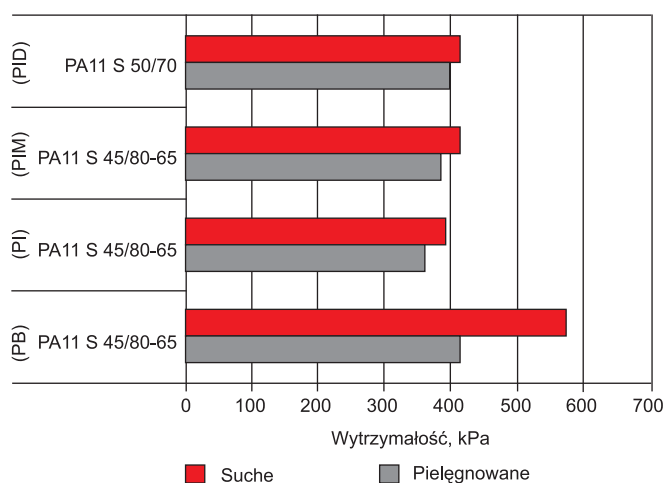
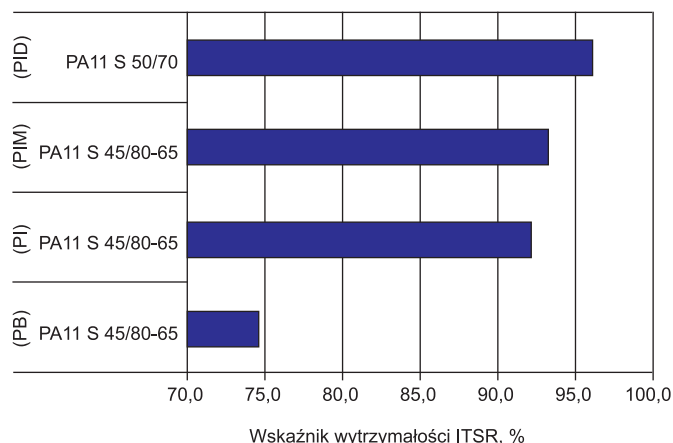
*) ubijanie 2×50 uderzeń

**) określono zgodnie z WT-2 2010 (załącznik 1) w temperaturze 25°C na próbkach zagęszczonych przez ubijanie wg PN-EN 12697-30 [15] (2×35 uderzeń na stronę).

Tabela 3. Zestawienie wyników odporności na działanie wody (PB, PI, PIM, PID)

mma, symbol	Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie, kPa		ITSR, %
	Próbki suche ITS _s	Próbki pielęgnowane ITS _w	
PA11 S (45/80-55) PB	573	412	74,5
PA11 S (45/80-55) PI	392	361	92,1
PA11 S (45/80-55) PIM	425	396	93,2
PA11 S (50/70) PID	415	399	96,1

W zakresie wodoodporności mieszanki PA11 S (45/80-65) PI, PIM oraz PID spełniają wymagania postawione w WT-2 2010 odnośnie odporności na działanie wody. W badaniach uzyskano średnią wartość wskaźnika ITSR wynoszącą 92,1% oraz 96,1%, a więc wyższą od wymaganej wartości 90%. Mieszanka PA11 S z kruszywem gabro (PB) wyróżnia się zdecydowanie niższym wskaźnikiem ITSR rzędu 74,3% i nie spełnia wymagań wg WT-2:2010. Na rysunku 3 przedstawiono wskaźnik wytrzymałości ITSR oraz wytrzymałość na rozciąganie pośrednie (próbki suche i przechowywane w wodzie) wszystkich badanych mieszank PA11 S.



Rys. 3. Wskaźnik ITSR – mieszanki PB, PI, PIM, PID

Wyniki badania wodoprzepuszczalności

W tabelach 4 i 5 przedstawiono wyniki badania wodoprzepuszczalności poziomej i pionowej. Analizując uzyskane wyniki wodoprzepuszczalności można zauważyć, że największą

wodoprzepuszczalnością poziomą i pionową charakteryzuje się mieszanka PI, a najniższą mieszanka PB (rys. 4). Łatwo też zauważyć, że wodoprzepuszczalności mma zależy wprost od zawartości wolnych przestrzeni. Im większa zawartość wolnych przestrzeni w mieszance, tym lepsza wodoprze-

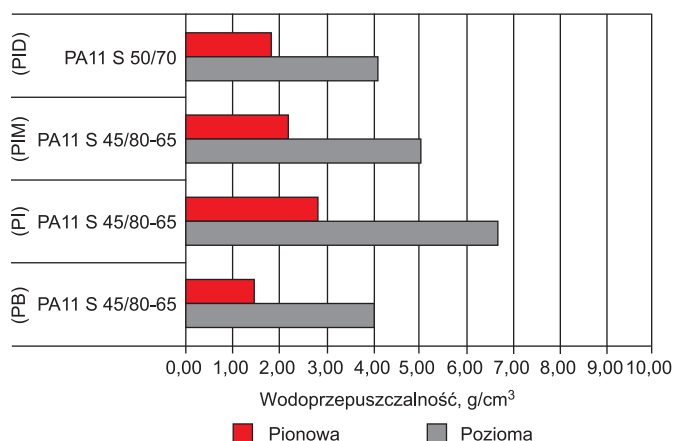
Tabela 4. Wyniki wodoprzepuszczalności pionowej

Rodzaj mma	Nr próbki	Wysokość próbki, m	Średnica próbki, m	Masa przefiltrowanej wody, g	Wodoprzepuszczalność, m/s * 10-3
(PB) PA11 S 45/80-65	3a	0,06088	0,10172	3110,43	1,295
	3b	0,05969	0,10175	3568,88	1,455
	3c	0,05998	0,10165	3910,67	1,606
Średnia		0,060	0,102	3529,990	1,452
(PI) PA11 S 45/80-65	3c	0,06169	0,10171	6188,33	2,610
	3a	0,06132	0,10171	6615,00	2,774
	3b	0,06155	0,10167	7099,00	2,990
	3d (k)	0,06252	0,10168	6768,00	2,895
	3d (d)	0,06252	0,10168	6924,75	2,962
Średnia		0,062	0,102	6719,017	2,846
(PIM) PA11 S 45/80-65	3a	0,06264	0,10170	4682,50	2,006
	3b	0,06175	0,10174	4180,75	1,764
	3c	0,06284	0,10166	6260,25	2,693
	3d	0,06326	0,10164	5363,25	2,323
Średnia		0,063	0,102	5121,688	2,196
(PID) PA11 S 50/70	3a	0,06258	0,10179	4373,00	1,868
	3b	0,06089	0,10174	3811,75	1,586
	3d	0,06232	0,10170	4855,67	2,070
Średnia		0,062	0,102	4346,806	1,841

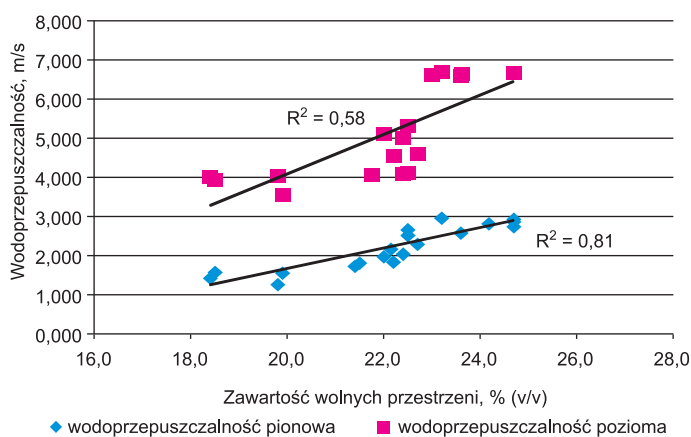
Tabela 5. Wyniki wodoprzepuszczalności poziomej

Rodzaj mma	Nr próbki	Wysokość próbki, m	Średnica próbki, m	Masa przefiltrowanej wody, g	Wodoprzepuszczalność, m/s * 10-3
(PB) PA11 S 45/80-65	3b	0,05969	0,10167	9877,80	4,035
	3c	0,05998	0,10165	9627,25	3,953
	3a	0,06088	0,10165	9724,50	4,053
Średnia		0,0602	0,102	9743,183	4,014
(PI) PA11 S 45/80-65	3d	0,06252	0,10168	7838,00	6,705
	3b	0,06155	0,10167	7973,00	6,716
	3c	0,06169	0,10171	7857,00	6,628
	3a	0,06132	0,10171	7910,33	6,633
Średnia		0,062	0,102	7894,583	6,671
(PIM) PA11 S 45/80-65	3a	0,06264	0,10170	7977,75	5,126
	3c	0,06284	0,10166	8265,25	5,332
	3d	0,06326	0,10164	7106,75	4,617
Średnia		0,063	0,102	7783,250	5,025
(PID) PA11 S 50/70	3a	0,06258	0,10179	5355,67	4,576
	3b	0,06089	0,10174	6448,17	3,577
	3c	0,06282	0,10169	4820,00	4,142
	3d	0,06232	0,10170	7265,25	4,129
Średnia		0,062	0,102	5972,271	4,106

puszczalność (rys. 5). Potwierdzona więc została reguła o wpływie zawartości wolnych przestrzeni na wodoprzepuszczalność.



Rys. 4. Wodoprzepuszczalność (PI, PB, PIM, PID)



Rys. 5. Wodoprzepuszczalność w zależności od zawartości wolnych przestrzeni

Podsumowanie

Zrealizowany program badań miał na celu wykonanie niezbędnych działań związanych z wdrożeniem nowej metody badawczej oraz urządzenia do oznaczania wodoprzepuszczalności pionowej i poziomej wg PN-EN 12697-19 [1], jako elementu oceny jakości asfaltu porowatego. Metoda ta jest przewidziana w normie PN-EN 13108-20 [2] w odniesieniu do tego rodzaju mieszanki, która cieszy się dość dużym zainteresowaniem na rynku polskim. Asfalt porowaty został objęty normalizacją europejską oraz uwzględniony w polskich wymaganiach technicznych.

Wykonane badania na czterech wariantach składu mma wskazują w każdym przypadku, że poziom wodoprzepuszczalności poziomej jest zdecydowanie wyższy niż pionowej. Potwierdzają prawidłowy wpływ zawartości wolnych przestrzeni na wyniki wodoprzepuszczalności (im wyższa zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej, tym większa wartość oznaczonej wodoprzepuszczalności). Mieszanki o takim samym składzie mineralnym, z zastosowaniem zamiennie asfaltu drogowego 50/70 i asfaltu modyfi-

kowanego 45/80-65, wykazały lepsze wyniki w zakresie wodoprzepuszczalności, jak również lepszy wskaźnik ITR w przypadku zastosowania asfaltu 50/70.

Uzyskane wyniki badań wskazują na prawidłową jednorodność. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że procedura badawcza wg PN-EN 12697-19 [1] jest bardzo przydatna i może być z powodzeniem stosowana do oceny cech asfaltu porowatego, ponieważ dobrze odzwierciedla cechy badanych mieszank.

Bibliografia

- [1] PN-EN 12697-19, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 19: Przepuszczalność próbek
- [2] PN-EN 13108-20 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 20: Badanie typu
- [3] W. Bańkowski: *Ciche nawierzchnie drogowe na świecie*. „Materiały Budowlane”, 11, 2011, str. 51-53
- [4] W. Gardziejczyk: *Hałaśliwość nawierzchni drogowych – propozycja klasyfikacji*, „Drogownictwo” 12/2008
- [5] D. Sybilski, D. Jezierska: *Ocena wpływu typu i technologii wykonania nawierzchni drogowej na hałaśliwość ruchu drogowego i jego uciążliwość dla środowiska*, Praca badawcza na zlecenie GDDKiA, 2005
- [6] Use of noise reducing Pavements – European experience, Danish Road Institute Technical note 69 2008
- [7] J. Piłat, P. Radziszewski: *Nawierzchnie asfaltowe*, WKiŁ 2004
- [8] R. Gołębiowski: *Wady i zalety cichych nawierzchni drogowych*, „Nawierzchnie Asfaltowe” 3/2009, PSWNA
- [9] PN-EN 12697-6, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczenie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej
- [10] PN-EN 12697-5, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczenie gęstości
- [11] PN-EN 12697-8, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczenie zawartości wolnej przestrzeni
- [12] PN-EN 12697-18, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 18: Spływność
- [13] PN-EN 12697-23, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Określenie pośredniej wytrzymałości na rozciąganie próbek asfaltowych
- [14] Wymagania techniczne. Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych – WT-2 2010, GDDKiA
- [15] PN-EN 12697-30 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie.

Z prasy zagranicznej

Korki w Europie

Dane z międzynarodowych informacji źródłowych Inrix pokazują, że francuski kierowca spędził w 2011 r. w drogowych korkach 36 godzin, tyle samo, co w 2010 r. To więcej niż Hiszpanie (34 godziny), Brytyjczycy (32 godziny) i mniej niż Belgowie (55 godzin) i Holendrzy (50 godzin). W Holandii czas spędzony w korkach skrócił się o 4 godziny w stosunku do 2010 r. Również w Irlandii i Hiszpanii zaobserwowano spadek o 25% i 15%.

Według indeksu Inrix, Francja jest na szóstym miejscu w Europie pod względem krajów najbardziej dotkniętych korkami. Najgorszy czas to godziny 16–17 po południu oraz piątki. W Ile-de-France kierowcy spędzili w 2011 r. 58 godzin w korkach! Paryż należy do czołówki najbardziej zatłoczonych miast w Europie, po Mediolanie, Brukseli i Antwerpii.

World Highways, 7/2012

JG