

Prawdy i mity związane z powinowactwem pomiędzy asfaltem i kruszywem oznaczanym wg PN-EN 12697-11

Monika Zięba¹, Sebastian Witczak²

*TPA Sp. z o.o., Laboratorium Badawcze w Pruszkowie,
e-mail: ¹monika.zieba@tpaqi.com, ²sebastian.witczak@tpaqi.com*

Streszczenie: Bardzo ważnym elementem, który należy uwzględnić przy projektowaniu składu mieszanek mineralno-asfaltowych (mma) jest powinowactwo fizykochemiczne lepiszcza asfaltowego do kruszywa. Istnieje wiele metod badawczych do jego określania, jednak otrzymywane wówczas wyniki mogą być zupełnie odmienne. Podczas dwuletniego programu badawczego oceniono wpływ różnych czynników na wyniki badań oraz możliwość spełnienia wymagań postawionych w różnych krajach.

Słowa kluczowe: powinowactwo, asfalt, kruszywo, środek adhezyjny, mieszanka mineralno-asfaltowa, metoda obracanej butelki, metoda statyczna, metoda gotowania.

1. Wprowadzenie

Kruszywo mineralne i lepiszcze asfaltowe przewidziane do zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych powinny wykazywać powinowactwo fizykochemiczne, zapewniające odpowiednią przyczepność (adhezję) lepiszcza asfaltowego do kruszywa. W celu poprawy powinowactwa lepiszcza asfaltowego do kruszywa należy stosować środki poprawiające adhezję. Rodzaj środka adhezyjnego i jego ilość powinny być dostosowane do konkretnego kruszywa i lepiszcza asfaltowego.

Pierwsze badania przyczepności asfaltu do kruszywa w Polsce były wykonywane zgodnie z PN-84/B-06714/22 „Oznaczanie przyczepności bitumów” (metodą gotowania). Jako poziom wymagań przyjmowano wartość min. 80% pokrycia kruszywa asfaltem. W dokumencie WT-2 2008 podano, że ocenę przyczepności asfaltu do kruszywa należy określać na podstawie badania wg PN-EN 12697-11, część C (metoda obmywania w gotującej wodzie). Zaproponowano się zbliżoną nazwą badania do metody opisanej w starej normie PN, jednak zasada obu metod jest zdecydowanie odmienna. W WT-2 2008 podano, że przyczepność asfaltu do kruszywa powinna wynosić min. 80%.

Obecnie w Polsce ocenę przyczepności asfaltu do kruszywa należy określać na podstawie badania wg PN-EN 12697-11, metoda A (metoda „obracanej butelki”). Zgodnie z zapisami w WT-2 2010, przyczepność asfaltu do kruszywa powinna wynosić min. 80% po sześciu godzinach wykonywania badania.

W Niemczech przyjęto analogiczną metodykę badawczą (EN 12697-11, metoda A), ale podzielono kompetencje wśród uczestników procesu budowlanego. Producent kruszywa do mma wykonuje badanie z użyciem asfaltu 50/70 i deklaruje wynik po sześciu godzinach badania (brak jest wymagania), zaś producent mma wykonuje badanie z użyciem asfaltu stosowanego w określonej mma i deklaruje wynik po dwudziestu czterech godzinach badania (jeżeli wynik badania jest mniejszy od 60%, badanie należy powtórzyć z dodatkiem wybranego środka adhezyjnego w odpowiedniej ilości, celem spełnienia przyjętego wymagania).

W Austrii przyjęto odmienną metodykę badawczą (EN 12697-11, metoda B). Dodatkowo wprowadzono modyfikację w stosunku do zapisów normowych. Przyjęta temperatura przechowywania próbek kruszywa otoczonego asfaltem ($40\pm 1^\circ\text{C}$) jest wyższa niż normowa ($19\pm 1^\circ\text{C}$), zaś oceny wymaganego stopnia pokrycia kruszywa asfaltem (min. 80%) dokonuje się wizualnie, określając procentową powierzchnię kruszywa niepokrytą asfaltem a nie ilościowo, czyli obliczając liczbę ziaren kruszywa z ubytkiem powłoki asfaltowej.

2. Program badań

W trakcie trwania dwuletniego programu badawczego, w celu porównawczym przeprowadzono badania wg PN-84/B-06714/22 („metoda gotowania”) oraz PN-EN 12697-11:2009 część A (metoda „obracanej butelki”), część B („metoda statyczna”) jak również część C („metoda obmywania w gotującej wodzie”).

Do badań wykorzystano kruszywa (dolomit, wapień, bazalt, gabro, melafir, kruszywo polodowcowe i kwarcyt) o różnej zawartości krzemionki SiO_2 , różne lepiszcza asfaltowe (20/30, 35/50, 50/70, PMB 45/80-55) oraz dwa środki adhezyjne (oznaczone jako A i B) w różnych ilościach (0,0%, 0,2% i 0,4%) w stosunku do asfaltu.

3. Metodyka badawcza

Badania wg normy PN-84/B-06714/22 przeprowadzono na kruszywie otoczonym asfaltem (~3%). Zasada metody polega na ogrzewaniu ($10\pm 1\text{min}$) tak przygotowanego kruszywa w wodzie destylowanej, a następnie gotowaniu przez 3 min. W badaniu określa się wizualnie procentową, niepokrytą powierzchnię kruszywa.

Oznaczenie powiązania między kruszywem i asfaltem wg PN-EN 12697-11 metodą A polegało na umieszczeniu kruszywa otoczonego asfaltem (~3%) w specjalnych butelkach razem z bagietką i wodą destylowaną o temperaturze 5°C . Ocena stopnia pokrycia ziaren kruszywa asfaltem wykonywana była po 6 i 24 godzinach badania (obracania butelek), niezależnie przez dwóch laborantów.

Określenie powiązania między kruszywem i asfaltem wg PN-EN 12697-11 metodą B polegało na zalaniu wodą destylowaną kruszywa otoczonego asfaltem (~4%) i kondycjonowaniu przez 48 godzin w temperaturze $19\pm 1^\circ\text{C}$ oraz $40\pm 1^\circ\text{C}$. Po tym czasie dokonano oceny, ustalając liczbę ziaren kruszywa z ubytkami w otoczce asfaltowej oraz stopień pokrycia ziaren kruszywa asfaltem.

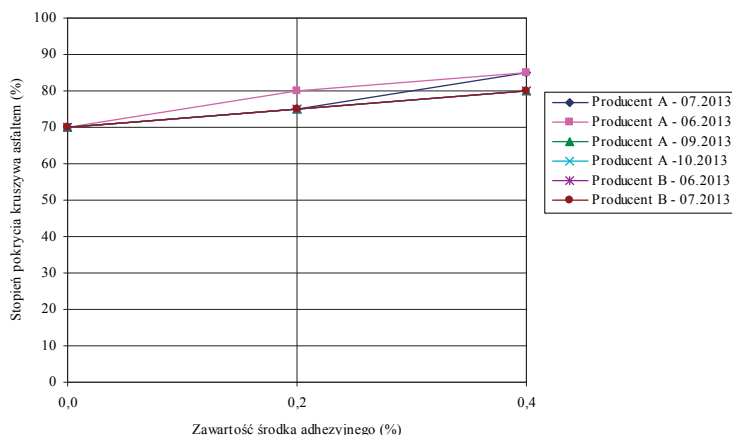
Określenie powiązania między kruszywem a asfaltem wg PN-EN 12697-11 metodą C polegało na obmywaniu w gorącej wodzie kruszywa otoczonego asfaltem (~2%). Stopień pokrycia ziaren kruszywa asfaltem określono na podstawie zużycia odczynnika chemicznego, które jest proporcjonalne do powierzchni kruszywa niepokrytej asfaltem, w odniesieniu do krzywej kalibracji. Zgodnie z zapisami normowymi, badanie to nie jest odpowiednie dla wszystkich rodzajów kruszyw. Dodatkowo dokonywano również oceny wzrokowej, określając procentową powierzchnię kruszywa niepokrytą asfaltem.

4. Wybrane wyniki badań

Biorąc pod uwagę kilkunastoletnie doświadczenia własne z wykonywania badań powinowactwa asfaltu do kruszywa różnymi metodami wymaganymi w Polsce na przestrzeni ostatnich lat oraz analizując metodyki badawcze w różnych krajach europejskich przy zbliżonym poziomie wymagań, przeprowadzono analizę różnych czynników, które mogą mieć wpływ na interpretację otrzymanych wyników badań.

4.1. Wpływ „jakości” asfaltu pobieranego w różnym czasie (z różnych dostaw) od różnych producentów

Badania wykonano wg PN-EN 12697-11:2012 (metoda A, po 6 i 24 godzinach badania) dla asfaltów od różnych producentów pobranych na kilku wytwórniach mieszanek asfaltowych (WMA). Wybrane wyniki badań przedstawiono na rys. 1.



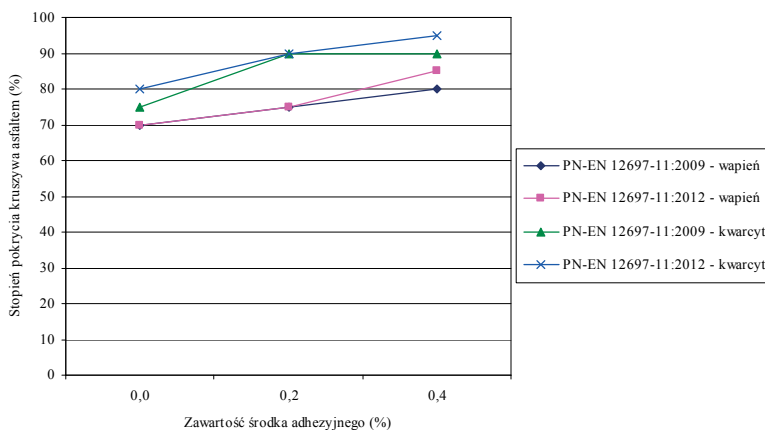
Rys. 1. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 6h badania), kruszywo wapienne, asfalt 35/50, środek adhezyjny A

4.2. Wpływ metodyki badawczej na wyniki badań – zmiana temperatury otaczania kruszywa asfaltem wg PN-EN 12697-11 (metoda A).

Zgodnie z zapisami w PN-EN 12697-11:2009 metoda A, temperatura przygotowania próbki kruszywa otoczonego asfaltem powinna być o 25°C wyższa od temperatury referencyjnej mieszanki wg PN-EN 12697-35.

W maju 2012r. ukazało się nowe wydanie normy PN-EN 12697-11:2012, w której dla metody A obniżono m.in. temperaturę przygotowania próbki, która powinna być równa temperaturze referencyjnej danej mieszanki zgodnie z PN-EN 12697-35.

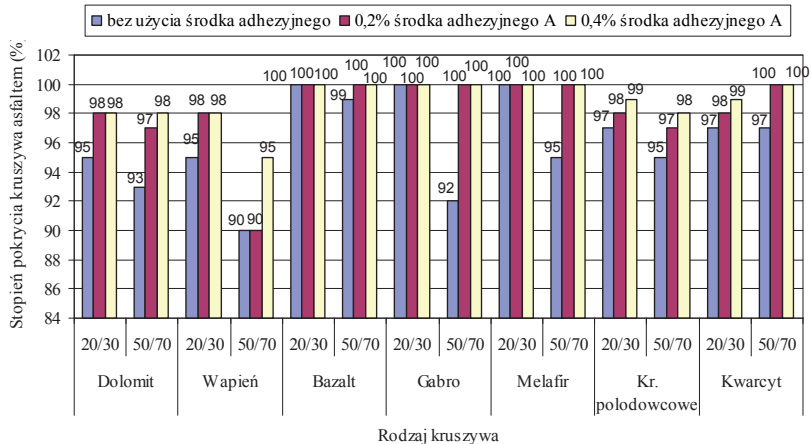
Wykonano badania wg obu tych norm (po 6 i 24 godzinach badania) z użyciem różnych kruszyw i asfaltów. Wybrane wyniki badań przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11, metoda A (po 6h badania), asfalt 35/50, środek adhezyjny A

4.3. Wpływ metodyki badawczej na wyniki badań – zmiana temperatury przechowywania kruszywa otoczonego asfaltem wg PN-EN 12697-11 (metoda B).

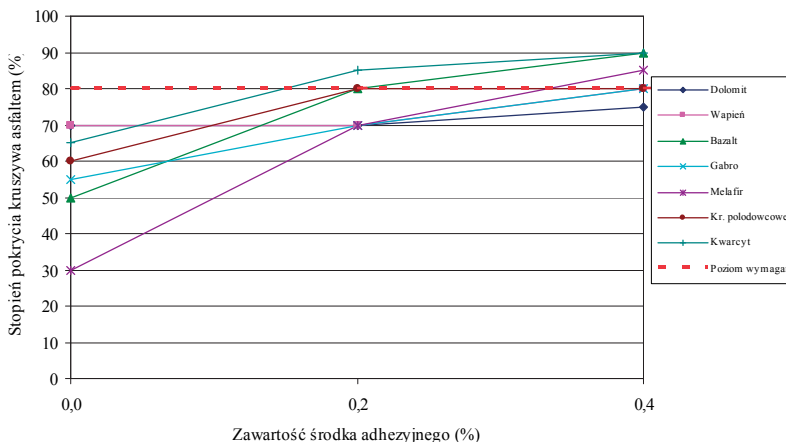
Normowe warunki przechowywania kruszywa otoczonego asfaltem wg PN-EN 12697-11 metoda B (temp. wody $19\pm 1^\circ\text{C}$) są bardzo liberalne, ponieważ podczas wykonywania badań dla różnych kruszyw i różnych asfaltów nie stwierdzono jakichkolwiek ubytków otoczki asfaltowej na kruszywie. Badanie zostały powtórzone przy wyższej temp. wody ($40\pm 1^\circ\text{C}$). Wybrane wyniki badań przedstawiono na rys. 3.



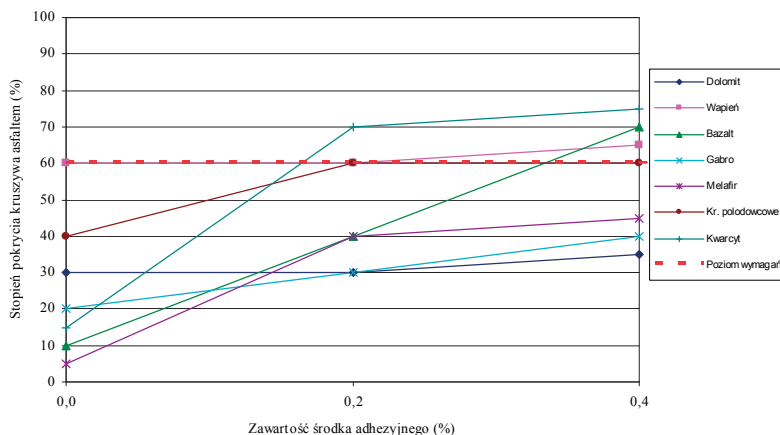
Rys. 3. Wyniki badania wg PN-EN 12697-11:2012, metoda B (temp. wody 40°C), asfalt 20/30 i 50/70, środek adhezyjny A

4.4. Przyjęcie poziomu wymagań w Polsce, Niemczech i Austrii

Na poniższych wykresach (rys. 4 i rys. 5) został naniesiony poziom wymagań przyjęty w Polsce i w Niemczech. Poziom wymagań przyjęty w Austrii (min. 80%) został spełniony dla wszystkich kruszyw nawet bez użycia środka adhezyjnego (rys. 3).



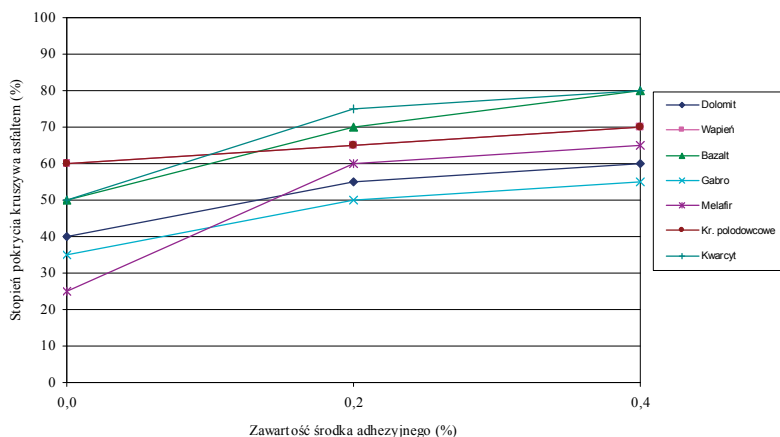
Rys. 4. Badanie wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 6h badania), asfalt 50/70, środek adhezyjny A, poziom wymagań określony wg WT-2 2010



Rys. 5. Badanie wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 24h badania), asfalt 50/70, środek adhezyjny A, poziom wymagań wg wytycznych niemieckich dla producentów mma

4.5. Wpływ rodzaju asfaltu używanego do otoczenia kruszywa na wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A

Na poniższym wykresie (rys. 6) zostały przedstawione wyniki po 24 godzinach badania z użyciem asfaltu 20/30 (dla porównania z wynikami badań dla asfaltu 50/70 przedstawionymi na rys. 5).



Rys. 6. Badanie wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 24h badania), asfalt 20/30, środek adhezyjny A

4.6. Ustalenie metodyki badawczej, która w najlepszy sposób obrazuje zachowanie się kruszywa w nawierzchni asfaltowej

Każda z metod wykorzystanych w programie badawczym, w zupełnie odmienny sposób modeluje w warunkach laboratoryjnych oddziaływanie czynników zewnętrznych na kruszywo otoczone asfaltem, co nie zawsze odzwierciedla w prawidłowy sposób zachowanie się kruszywa w nawierzchni asfaltowej, szczególnie w niższych warstwach.

Metoda A wg PN-EN 12697-11, nazywana potocznie „mini Mikro-Deval”, polega na mechanicznym ścieraniu się powierzchni kruszywa podczas wykonywania badania przy dodatkowym podwyższaniu się temperatury wody w butelkach na skutek tarcia.

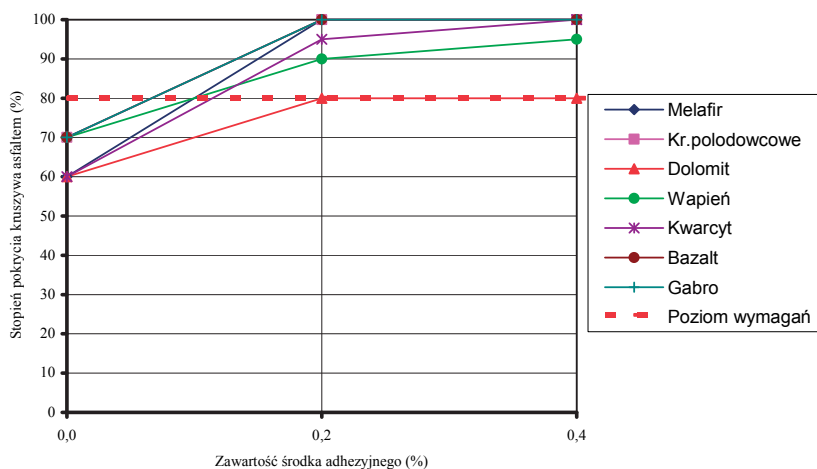
Metoda B wg PN-EN 12697-11, nazywana metoda statyczną, polega na oddziaływaniu wody (o temperaturze pokojowej lub podgrzanej) na kruszywo, bez działania jakichkolwiek innych czynników zewnętrznych.

Metoda C wg PN-EN 12697-11 polega na oddziaływaniu gotującej się wody na kruszywo, a ocena stopnia pokrycia kruszywa odbywa się na podstawie zużycia odczynnika chemicznego. Metoda ta nie sprawdza się dla wszystkich kruszyw ze względu na różnice między oceną wzrokową a oceną z użyciem odczynnika (Tabela 1).

Tabela 1. Wybrane wyniki badań wg PN-EN 12697-11, metoda C (w nawiasach podano stopień otoczenia kruszywa asfaltem wg oceny wzrokowej)

Rodzaj kruszywa	Zawartość środka adhezyjnego [%]	Rodzaj asfaltu i środka adhezyjnego			
		35/50		PMB 45/80-55	
		A	B	A	B
Dolomit	0,0	91 (60)	91 (60)	100 (70)	100 (70)
	0,2	98 (70)	100 (80)	100 (75)	100 (80)
	0,4	96 (75)	100 (85)	100 (85)	100 (85)
Wapień	0,0	75 (70)	75 (70)	83 (80)	83 (80)
	0,2	80 (85)	86 (85)	96 (90)	86 (90)
	0,4	81 (90)	89 (90)	85 (90)	83 (90)
Bazalt	0,0	49 (20)	49 (20)	79 (60)	79 (60)
	0,2	100 (70)	100 (70)	100 (100)	100 (75)
	0,4	100 (80)	100 (80)	100 (100)	100 (80)
Gabro	0,0	80 (50)	80 (50)	50 (40)	50 (40)
	0,2	100 (75)	100 (70)	87 (65)	96 (70)
	0,4	100 (80)	100 (80)	100 (80)	100 (80)
Melafir	0,0	24 (20)	24 (20)	38 (30)	38 (30)
	0,2	88 (90)	95 (95)	97 (90)	96 (90)
	0,4	94 (90)	100 (95)	100 (95)	100 (95)
Kruszywo polodowcowe	0,0	80 (55)	80 (55)	90 (60)	90 (60)
	0,2	98 (65)	95 (70)	100 (75)	98 (75)
	0,4	89 (75)	98 (75)	100 (85)	100 (85)
Kwarcyt	0,0	81 (30)	81 (30)	95 (80)	95 (80)
	0,2	90 (95)	100 (95)	100 (95)	100 (80)
	0,4	100 (95)	100 (95)	100 (95)	100 (85)

Metoda wg PN-84/B-06714/22 polega na oddziaływaniu na kruszywo gotującej się wody i wizualnej ocenie niepokrytej powierzchni kruszywa. Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Badanie wg PN-84/B-06714/22, asfalt 35/50, środek adhezyjny A, poziom wymagań określony wg typowych zapisów w specyfikacjach technicznych przed wprowadzeniem WT-2 2008

5. Wnioski

Na podstawie wieloletniego doświadczenia oraz badań przeprowadzonych w ramach projektu badawczego można wysunąć następujące wnioski:

- Zauważono niewielki wpływ „jakości” asfaltu z różnych dostaw na stopień pokrycia kruszywa asfaltem po 6 i 24 godzinach badania wg PN-EN 12697-11:2012 (metoda A). Wyniki powiązania kruszywa z asfaltem pochodzącym z różnych pobrań są zbliżone i mieszczą się w granicy błędów oceny wzrokowej ($\pm 5\%$).
- Wyniki badań stopnia pokrycia kruszywa asfaltem są porównywalne w przypadku zastosowania normy PN-EN 12697-11:2009 i PN-EN 12697-11:2012. Temperatura wygrzewania i przygotowania próbki nie miała dużego wpływu na wyniki badania.
- Temperatura wody ma wpływ na wyniki badań kruszywa otoczonego asfaltem wg PN-EN 12697-11:2012, metoda B. Zauważono tendencję spadkową ilości ziaren nie w pełni otoczonych wraz ze spadkiem temperatury kondycjonowania próbki i wzrostem środka adhezyjnego. W przypadku temperatury normowej ($19\pm 1^\circ\text{C}$) wszystkie ziarna po badaniu były w całości otoczone asfaltem. Po podwyższeniu temperatury do ($40\pm 1^\circ\text{C}$) zauważono ubytki w otoczce asfaltowej.
- Poziom wymagań przyjęty w Polsce jest bardziej restrykcyjny niż w Austrii. Na podstawie wykonanych badań można stwierdzić, iż poziom 80% pokrycia kruszywa asfaltem przyjęty w Austrii został spełniony dla wszystkich kruszyw bez użycia środka adhezyjnego. Aby spełnić wymagania polskie należy użyć nawet powyżej 0,4% środka adhezyjnego dla niektórych kruszyw. Wymagania przyjęte w Niemczech są porównywalne lub nawet wyższe od przyjętych w Polsce.
- Rodzaj asfaltu użytego do wykonania badań wg PN-EN 12697-11, metoda A ma wpływ na stopień pokrycia kruszywa asfaltem. W przypadku asfaltu 20/30 i 50/70 uzyskano różne wyniki (im twardszy asfalt, tym lepsze wyniki badań).
- Wyniki powiązania pomiędzy kruszywem i asfaltem wg PN-EN 12697-11:2009, metoda C, dla kruszywa dolomitowego, bazaltowego, gabrowego oraz polodowcowego są rozbieżne z oceną wzrokową. Wyraźne zbieżności oceny ilościowej i wi-

zualnej zauważono jedynie dla wapieni, melafiru i kwarcytu. Metoda ta nie jest odpowiednia dla wszystkich kruszyw.

- Wyniki badań wykonanych wg PN-84/B-06714/22 są zdecydowanie lepsze niż wg PN-EN 12697-11 (metoda A, po 6 godzinach badania). Zmiana metodyki badawczej w Polsce spowodowała konieczność używania większej ilości środków adhezyjnych do zapewnienia wymaganego powinowactwa.
- Zgodnie z wymaganiami podanymi w normie PN-EN 13043:2013 dotyczącej kruszyw do mma, do oceny powinowactwa asfaltu do kruszywa powinna być stosowana tylko metoda A wg PN-EN 12697-11. Biorąc pod uwagę czynniki wpływające na kruszywo w czasie tego badania (mechaniczne ścieranie się powierzchni i krawędzi), metoda ta nie opisuje rzeczywistego zachowania się kruszywa w nawierzchni. Przyjmowane od wielu lat stwierdzenie, że do kruszyw zasadowych można używać mniejszej ilości środków adhezyjnych niż do kruszyw kwaśnych, zupełnie nie sprawdza się w przypadku stosowania tej metody badawczej. Przy wyborze metody badawczej należałoby więc wziąć pod uwagę obserwacje wynikające z rzeczywistego zachowania się różnych kruszyw w nawierzchniach drogowych.

Literatura

- 1 Górski K., Zięba M.: Powinowactwo pomiędzy kruszywem a asfaltem. Teoria i praktyka. Nawierzchnie asfaltowe (2013) nr 2, s. 3-7.
- 2 PN-EN 12697-11 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 11: Określenie powiązania między kruszywem a asfaltem.
- 3 WT-2 2010 Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne.
- 4 WT-2 2008 Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych. Wymagania Techniczne.
- 5 PN-84/B-06714/22 „Oznaczanie przyczepności bitumów”.

Truths and myths concerning affinity between asphalt and aggregate tested in accordance with PN-EN 12697-11

Monika Zięba¹, Sebastian Witczak²

*TPA Sp. z o.o., Research Laboratory in Pruszków, 05-800 Pruszków, 8 Parzniewska Street,
e-mail: ¹monika.zieba@tpaqi.com, ²sebastian.witczak@tpaqi.com*

Abstract: Very important element, which shall be taken into account while designing asphalt mixes, is the physicochemical affinity of asphalt binder to aggregate. There are many test methods for its determination, but the results can be totally different. During the two years research program, there were determined the influence of different factors on the test results, and the possibility of fulfilling the requirements given in different countries.

Keywords: affinity, asphalt, aggregate, adhesive agent, asphalt mix, rolling bottle method, static method, boiling water method